

ESTUDIO Y PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN PARA LA CLASIFICACIÓN Y VALORIZACIÓN DE RESIDUOS DE MATERIALES EN LA CONSTRUCCIÓN DEL EDIFICIO ESPACIO HUERTOS, EMPRESA CONSTRUCTORA AITUE, UBICADO EN SAN PEDRO DE LA PAZ.

G. Meneses Parra¹, G. Bustamante Laissle², C. Correa Rogel³

RESUMEN

En colaboración con la Constructora Aitue S.A. se elaboró un estudio consistente en la evaluación de la gestión de residuos generados en el proceso de construcción de un edificio de cinco pisos ubicado en la ciudad de San Pedro de la Paz. Los residuos que forman parte del estudio son principalmente madera, papeles y cartones, plásticos, volcanita, escombros y estériles, entre otros. Cabe señalar, que en la evaluación económica del estudio se incluye el costo de transporte y recepción para despachar los residuos desde la obra hasta el destino de disposición final.

Por consiguiente, se presenta una propuesta para lograr una optimización en la clasificación de los materiales residuales dentro de la obra, con el objetivo de obtener una segregación adecuada y que permita aprovechar la valorización de los residuos materiales de madera, papeles, cartones y volcanita sobrante, lo cual permitirá obtener beneficios para la empresa debido a la disminución en los gastos de transporte y disposición final de los desechos.

PALABRAS CLAVES: Clasificación, Residuos de Construcción.

ABSTRACT

In collaboration with Constructora Aitue S.A. A study was carried out consisting of the evaluation of the management of waste generated in the construction process of a five-story building located in the city of San Pedro de la Paz was. The waste that is part of the study is mainly wood, paper and cardboard, plastics, volcanite, rubble and waste, in others. It should be noted that the economic evaluation of the study includes

the cost of transportation and reception to dispatch the waste from the construction site to the final disposal destination.

Consequently, a proposal is presented to achieve an optimization in the classification of residual materials within the work, with the objective of obtaining adequate segregation and allowing the valorization of waste materials of wood, paper, cardboard and volcanite. Which will allow the company to obtain benefits due to the reduction in transportation and final waste disposal costs.

KEY WORDS: Classification, Waste.

¹Estudiante, Carrera de Ingeniería Civil, Universidad Católica de la Santísima Concepción, Chile, gmeneses@ing.ucsc.cl

²Profesor Guía, Departamento de Ingeniería Civil, Universidad Católica de la Santísima Concepción, Chile, gbustamante@ucsc.cl

³Profesor Informante, Departamento de Ingeniería Civil, Universidad Católica de la Santísima Concepción, Chile, claudiocorrea@ucsc.cl

1. INTRODUCCIÓN

La Construcción en Chile es uno de los sectores con mayor importancia en el ámbito económico, implicando una necesidad continua de mejora y perfeccionamiento en los métodos y creación de nuevos procedimientos de trabajo, enfocándose en optimizar los recursos que se ven involucrados dentro de este rubro. A través de los materiales se ven involucrados una gran cantidad de costos para las empresas constructoras, ya sea en la adquisición de éstos, como también transporte, mano de obra, maquinarias y disposición final de desechos.

Por ello, el estudio realizado junto a la Constructora Aitue S.A. se enfoca en optimizar la clasificación de materiales y aplicar una gestión de residuos que permita aumentar el porcentaje de materiales clasificados, reduciendo así los costos de transporte y disposición final de los residuos involucrados.

Para obtener los valores económicos involucrados, se realizó un levantamiento donde se estudió el proceso de manejo materiales residuales dentro de la edificación y agentes involucrados en ellos.

Es importante señalar que, con el objetivo de reducir la cantidad de materiales remanentes en la producción de residuos, se efectuó una evaluación en el desarrollo de la obra del Edificio Huertos Familiares, ubicado en San Pedro de la Paz.

Por último, se obtuvo el valor económico asociado al estado actual de la obra y el asociado a una situación proyectada basada en la implementación de un plan de gestión de residuos en el edificio. Con respecto al valor económico se analizaron tres etapas: costo de adquisición, costo de mano de obra y costo de gestión de residuos.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Planteamiento del problema

Con el objetivo de abordar el problema de la deficiente gestión de residuos durante las distintas etapas de construcción en la Obra Edificio Espacio Huertos de San Pedro de la Paz, la Empresa Constructora Aitue S.A. ha planteado la necesidad de buscar soluciones para reducir el desorden, la contaminación y los altos costos asociados al transporte y disposición de estos residuos.

2.2. Descripción de la obra

El proyecto que se tomó como objeto de estudio en este informe es el Edificio Espacio Huertos, el cual fue desarrollado por la Constructora Aitue S.A. y se ubica en la calle Las Margaritas 1945, en la zona de Huertos Familiares de San Pedro de la Paz, como se muestra en la Figura 1. Este edificio cuenta con cinco pisos y dos bloques denominados Sur y Norte, visibles en la Figura 2, con sus respectivas elevaciones en las Figuras 3 y 4. Su superficie total construida es de 8.552 m², la cual está destinada para uso habitacional.

El Edificio Espacio Huertos es una obra de envergadura significativa, que se compone de una estructura arquitectónica moderna y funcional. Al tratarse de una construcción de uso residencial, es fundamental que se implementen medidas adecuadas para la gestión de residuos, con el fin de

minimizar el impacto ambiental y mantener una correcta convivencia entre los habitantes de la zona.

En este sentido, la evaluación del proceso de gestión de residuos en el Edificio Espacio Huertos resulta crucial para verificar la efectividad de las medidas implementadas y para identificar posibles áreas de mejora. Con el análisis de los distintos tipos de materiales que se generan en la obra, se pueden establecer planes de gestión de residuos más efectivos y sostenibles, lo que contribuye a la construcción de un entorno más saludable y sustentable.

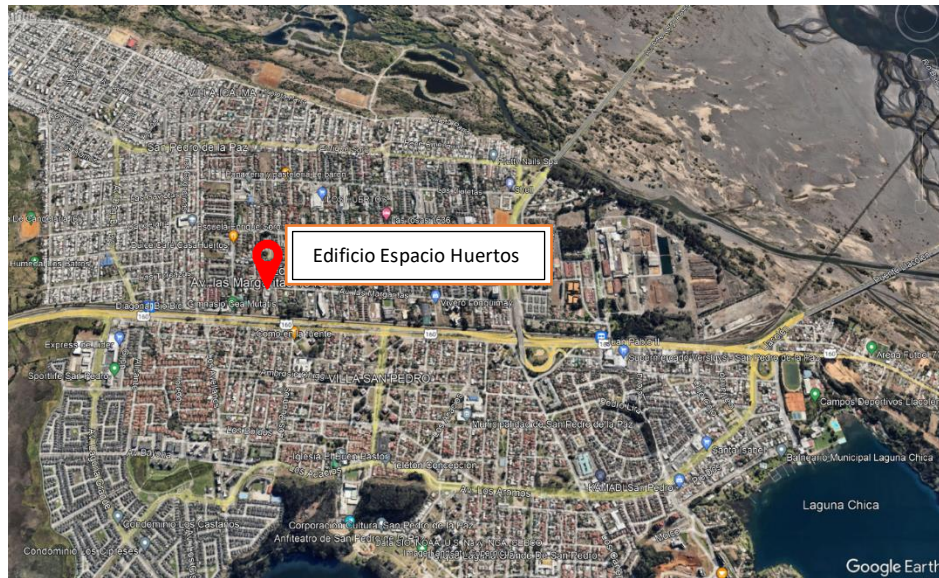


Figura 1. Ubicación del proyecto en estudio, Edificio Espacio Huertos, Huertos Familiares de San Pedro de la Paz (Avenida Las Margaritas 1945). Fuente: Google Earth.

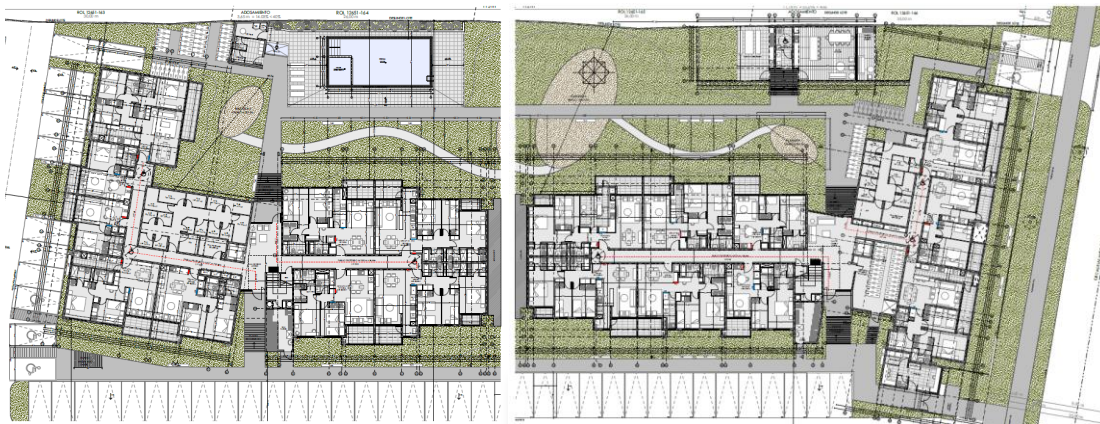


Figura 2. Planta Arquitectura Nivel 1, Bloque Sur y Bloque Norte. Fuente: Planos de Arquitectura Edificio Espacio Huertos, Aitue S.A.



Figura 3. Elevación Oriente Bloque Sur. Fuente: Planos de Arquitectura Edificio Espacio Huertos, Aitue S.A.

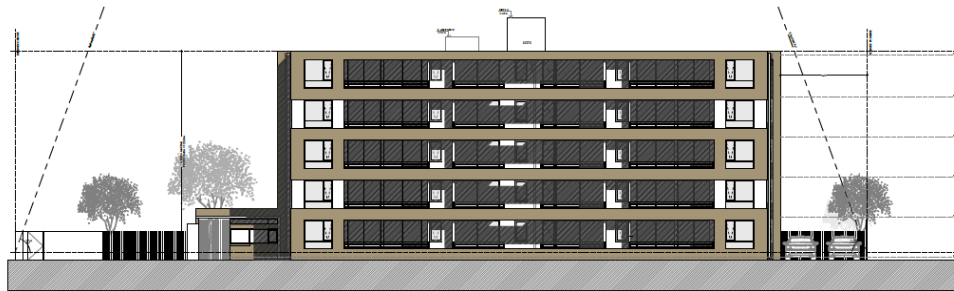


Figura 4. Elevación Norte. Fuente: Planos de Arquitectura Edificio Espacio Huertos, Aitue S.A.

2.3. Objetivo General

- Mejorar la gestión y tratamiento de residuos en la obra, mediante la determinación de un plan de gestión de residuos que contribuya a la minimización, reutilización, valoración y reciclaje de materiales.

2.4 Objetivos Específicos

- Identificar optimizaciones en cuanto a valorización, coordinación y ejecución en el proceso de gestión de los residuos.
- Desarrollar un plan de gestión de residuos de construcción en la obra, realizando seguimiento en terreno de este.
- Evaluar económicamente el uso de residuos de madera, papeles y cartones y volcanita para su reutilización dentro de la obra

2.5 Alcance

El alcance del estudio es amplio y sus conclusiones pueden aplicarse a nivel global, ya que se trata de un problema común que afecta a muchas empresas de la industria de la construcción tanto a nivel nacional como internacional.

2.6 Residuos de la Construcción y Demolición

Los RCD son los Residuos de Construcción y Demolición, que se generan durante la construcción, rehabilitación, demolición y mantenimiento de edificaciones e infraestructuras. Estos residuos incluyen materiales como hormigón, ladrillos, cerámicos, madera, metales, plásticos, vidrios, entre otros. La gestión adecuada de los RCD es importante para minimizar su impacto ambiental y cumplir con la normativa vigente.

2.6.1 Residuos Peligrosos

Los materiales o productos que pueden dañar la salud humana y el medio ambiente si no se manejan y eliminan adecuadamente se conocen como desechos peligrosos. Pueden contener sustancias químicas tóxicas, inflamables, corrosivas, reactivas, infecciosas o radiactivas que pueden causar enfermedades, dañar la fauna y la flora, contaminar el suelo y el agua e incluso causar accidentes. Para proteger la salud y el medio ambiente, es fundamental el manejo y disposición adecuada de estos residuos.

2.6.2. Residuos No Peligrosos

Los materiales o productos no peligrosos no son dañinos para el medio ambiente o la salud humana si se manejan y eliminan adecuadamente. Es posible que sean residuos inertes o no inertes, y pueden ser de origen orgánico o inorgánico. Papel, cartón, plásticos, vidrios, metales, escombros de construcción y demolición son ejemplos. Para reducir su impacto en el medio ambiente y fomentar una economía circular, es esencial realizar una gestión y disposición adecuadas de estos desechos.

2.6.2.1 Residuos Inertes

Los desechos inertes son materiales como escombros, hormigón, cerámica, ladrillos, vidrios, piedras y tierra que no han sufrido cambios físicos, químicos o biológicos significativos durante la construcción. Se pueden manejar y eliminar de forma segura en vertederos autorizados porque no representan riesgos para el medio ambiente o la salud humana.

2.6.2.2. Residuos No Inertes

Los desechos no inertes de la construcción pueden sufrir degradación física, química o biológica y no se consideran estables. Si no se gestionan adecuadamente, pueden contener materiales orgánicos o inorgánicos, lo que aumenta su riesgo de causar daño ambiental al contaminar el suelo y las aguas subterráneas. Los restos de hormigón, el yeso, la madera tratada, el aislamiento térmico, las tuberías, los plásticos y los metales son algunos ejemplos.

3. METODOLOGÍA

Propuesta

En esta sección se describen sugerencias para mejorar la gestión de los residuos en la obra, desde su origen hasta su destino final. Se proporciona un conjunto de recomendaciones para el correcto manejo y disposición de los residuos, con el objetivo de garantizar la eficiencia y seguridad en todo el proceso y minimizar el impacto ambiental. Se abordan aspectos como la identificación de los diferentes tipos de residuos, su clasificación, almacenamiento, y transporte a su lugar de disposición final.

Mediciones In Situ

Se realizaron visitas para obtener información sobre los diferentes tipos de materiales que producen desechos para implementar un plan de gestión de desechos en la obra. Cada tipo de material requiere un tratamiento y disposición final específicos, por lo que es fundamental identificar y separar adecuadamente los materiales. Por ejemplo, madera, papeles, cartones y volcánita pueden reciclarse, pero los desechos peligrosos necesitan un tratamiento especial para reducir sus efectos en el medio ambiente y la salud.

Es importante tener en cuenta que la gestión de desechos involucra no solo el proyecto en sí, sino también a los proveedores de materiales y al personal involucrado. En cada etapa del proceso de construcción, se deben establecer protocolos y medidas adecuadas para la gestión de desechos.

Para una gestión eficiente y sostenible, es necesario realizar visitas regulares a la obra para analizar los tipos de materiales que producen desechos. Conocer estos materiales permite establecer medidas adecuadas para su separación, almacenamiento, transporte y disposición final, lo que promueve la sostenibilidad y el cuidado del medio ambiente en la construcción.

Coordinación Previa

En primera instancia, la creación de un espacio físico adecuado para almacenar temporalmente los materiales sobrantes es una mejora inicial en la gestión de residuos en la obra. Para garantizar un acceso seguro y fluido tanto para la recepción como para el retiro de desechos, este espacio debe ser acordado entre la oficina técnica, el jefe de terreno y el responsable de prevención de riesgos.

Se han establecido las condiciones de tamaño, ubicación y seguridad adecuadas para el almacenamiento según la disponibilidad de la obra, como se indica en la Figura 5. Se ha hecho todo lo posible para evitar obstáculos, accidentes y molestias para los trabajadores y para la circulación de vehículos y maquinaria de construcción.

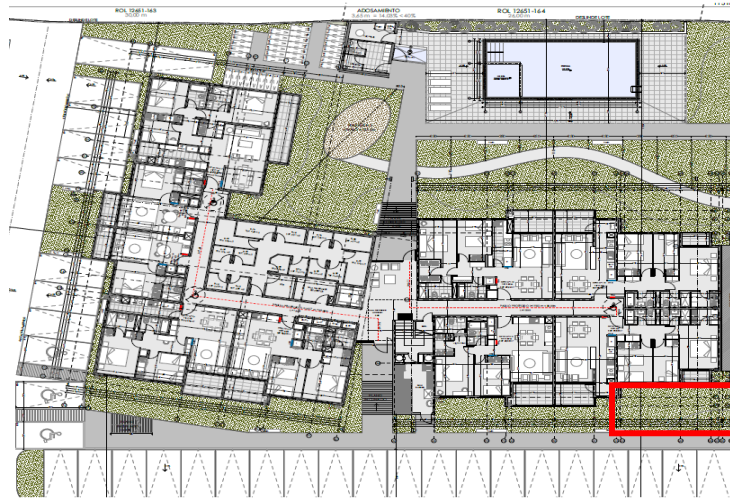


Figura 5. Ubicación de punto de almacenamiento y acumulación de residuos. Fuente: Planta Plano Arquitectura del Edificio Espacio Huertos Aitue S.A. con edición propia.

A continuación, en la Figura 6 y en la Figura 7, se muestra situación actual del sitio en cuestión, que ha sido identificado como problemático debido a la falta de orden y clasificación de los residuos de materiales.



Figura 6 y Figura 7. Situación de acumulación de residuos sin clasificar. Fuente: Elaboración propia.

El lugar de almacenamiento muestra una mezcla de escombros y otros materiales de construcción, dificultando la identificación y separación de residuos, lo que aumenta la complejidad y costo del transporte y la disposición final. Es necesario implementar una solución para mejorar la gestión de residuos en la obra, lo que puede mejorar la eficiencia y sostenibilidad de la construcción.

Renovación de punto de acopio y clasificación

Es necesario renovar el punto de acopio de desechos debido a la acumulación de desechos sin clasificar y la limitación de espacio en la obra. Se propone implementar una solución que permita clasificar los desechos según el tipo de material, sin dejar de tener en cuenta las posibles modificaciones de ubicación que puedan ser necesarias debido al dinamismo de la obra. Esto garantiza la recepción de desechos separados y preparados para su retiro y transporte al destino final. La Figura 8 muestra la situación actual del punto de acopio y la acumulación de residuos sin clasificar.



Figura 8. Situación de acumulación de residuos sin clasificar. Fuente: Elaboración propia.

Propuesta de mejora en la Gestión de Residuos

Los Maxi Sacos, también conocidos como "big bags" o "contenedores flexibles intermedios", son bolsas de polipropileno de alta resistencia que se utilizan para transportar y almacenar materiales a granel como arena, grava, escombros y tierra. La capacidad de carga de 500 a 1500 kg los hace útiles en la construcción para transportar grandes cantidades de material de manera segura y eficiente. Son duraderos y reutilizables.

Se requiere que los Maxi Sacos estén colocados sobre pallets para facilitar su desplazamiento según las necesidades del momento para garantizar la movilidad del punto de acopio en la obra, como se indica en la Figura 9. Los pallets de madera son una opción atractiva porque son baratos en comparación con otros tipos como los de cartón, metal, plástico o exportación. Además, brindan sostenibilidad y resistencia sin comprometer su solidez o confiabilidad.

En la gestión de maxi sacos, los pallets de madera ofrecen una serie de ventajas:

- **Complementariedad estructural:** brindan una plataforma sólida para el transporte y manejo de bolsas grandes, asegurando una distribución uniforme del peso.
- **Facilidad de manipulación:** permite el apilar eficientemente los maxi sacos, lo que aumenta el espacio de almacenamiento y facilita el acceso a los materiales.
- **Protección del contenido:** Elevan las bolsas del suelo para protegerlas del daño y la contaminación durante el transporte y el almacenamiento.
- **Sostenibilidad:** Debido a que están hechos de madera, son una opción respetuosa con el medio ambiente y fomenta la gestión de materiales sostenibles.
- **Versatilidad y adaptabilidad:** Funcionan con una amplia gama de bolsos maxi, brindando flexibilidad en la gestión de materiales para cada proyecto.



Figura 9. Ejemplo de Maxi Saco sobre pallet de madera. Fuente: Codepol, Compañía de Polietileno (www.codepol.cl).

Para maniobrar correctamente los pallets y sus respectivas las cargas, se deben tener las siguientes precauciones:

- No dejar huecos libres entre los pallets para evitar desequilibrios en el apilamiento.
- La carga no debe exceder las medidas del pallet, y si lo hace, llevar a cabo acciones de retractilado alrededor de la carga.
- Conocer la altura y el peso de la carga para saber exactamente cuántos pallets se pueden cargar en el medio de transporte o en bodega.
- Es preferible colocar la mercancía de forma que a la grúa horquilla le resulte más cómodo/fácil manejar el pallet.

4. COSTOS ASOCIADOS

4.1 Gastos asociados a los residuos

El registro de despacho de residuos es una herramienta analítica útil para la gestión de residuos en obras de construcción. Proporciona detalles sobre los residuos retirados, incluyendo tipo, cantidad, fechas de generación y retiro, destino final y medio de transporte, permitiendo identificar los desechos que se generan con mayor frecuencia. En la obra del Edificio Espacio Huertos, este registro está vigente desde agosto de 2021 hasta agosto de 2023 (Ver Anexos A).

Al analizar esta información, se pueden encontrar patrones y tendencias en la generación de desechos, así como áreas de oportunidad para mejorar su gestión. Si predominan ciertos tipos de desechos, se puede considerar la reutilización, el reciclaje o la venta a terceros interesados. Además, se puede evaluar la adecuación de los tiempos de retiro y el destino final de los desechos.

Los costos asociados a los agentes participantes en la gestión de residuos de la construcción, como mano de obra (días corridos) y arriendo de maquinaria, proporcionan una referencia para el traslado de residuos desde distintos puntos de la obra al lugar de almacenamiento, los cuales detallan en la Tabla 1.

Tabla N°1. Personal y Maquinaria a cargo de Residuos Edificio Espacio Huertos. Fuente Información: Oficina Técnica Edificio Espacio Huertos. Fuente Tabla: Elaboración propia.

	Mensual	Día	Hora
Jornal Encargado Residuos	\$500.000	\$16.667	\$1.960
Cargador Frontal	-	-	\$15.000

Los costos asociados a los maxi sacos tienen un valor referencial de \$4.990 (neto) por unidad y unas dimensiones aproximadas de 1.85 m de altura, 1.20 m de profundidad y 0.98 m de ancho, equivalen a aproximadamente 2.2 m³ de volumen de almacenamiento por saco.

Para un día crítico con una cantidad máxima de 50 m³ de volumen retirado, se pueden necesitar hasta 20 maxi sacos, ocupando una zona aproximada de 24 m² en la obra. Considerando cuatro renovaciones durante un período de 25 meses, el costo total se detalla en la Tabla 2.

Tabla N°2. Costo de Maxi Sacos para Residuos Edificio Espacio Huertos. Fuente: Elaboración propia.

Maxi Sacos	
Cantidad Mínima a tener a Disposición	20
Renovaciones	4
Costo Unitario	\$ 4.990
Costo Total	\$ 399.200

En el caso de los pallets de madera, teniendo en cuenta las mismas cuatro renovaciones de los maxi sacos durante un período de 25 meses, ya que su vida útil varía entre seis meses y un par de años según el mantenimiento y cuidado, se detalla el costo asociado a esta cantidad en la Tabla 3.

Tabla N°3. Costo de Pallets de Madera para Maxi sacos a utilizar en Residuos Edificio Espacio Huertos. Fuente: Elaboración propia.

Palets Madera	
Cantidad Mínima a tener a Disposición	20
Renovaciones	4
Costo Unitario	\$ 14.990
Costo Total	\$ 1.199.200

Los costos de transporte de desechos registrados durante el desarrollo de la obra se muestran resumidos en la Tabla 4. Se observa que el costo de transporte varía según la categoría de residuo y el volumen (m3) trasladado. Esto se debe a que la cantidad de material transportados determina el tamaño del camión necesario para retirarlos y transportarlos desde la obra hasta el lugar de disposición final. En general, la capacidad de traslado del camión está relacionada con el costo.

Tabla N°4. Costos de Transportes de Residuos en el Edificio Espacio Huertos a Disposición Final. Fuente: Elaboración propia.

Costos de Transportes de Residuos en el Desarrollo de la Obra Edificio Espacio Huertos.		
Capacidad Camión de Transporte (m3)	Costo de Transporte	Destino de Disposición Final
8	\$ 40.000	Jaime Repullo s/n (Talcahuano) / Hidronor / Somaco
8	\$ 56.000	Botadero
8	\$ 64.000	Botadero
13	\$ 60.000	Jaime Repullo s/n (Talcahuano) / Hidronor / Somaco
13	\$ 65.000	Botadero Claudio Rivera (Talcahuano)
13	\$ 91.000	Botadero
16	\$ 112.000	Botadero
18	\$ 144.000	Nva San Marcos 220 (Chiguayante) / Botadero

La Tabla 5 resume el registro de despacho de residuos (consultar Anexos A para ver detalle mensual), indicando los volúmenes totales de desechos clasificados y los costos asociados al transporte hacia el destino de disposición final. Se detallan las diferentes combinaciones de retiro de residuos realizadas en cada mes. Así, se presenta el total de material retirado por categoría y los costos de transporte asociados únicamente al traslado.

Tabla N°5. Resumen del Registro de despacho de Residuos Edificio Espacio Huertos. Fuente Información: Oficina Técnica Edificio Espacio Huertos. Fuente Tabla: Elaboración propia.

MES	Costo de Transporte a Botadero	Escombros y estériles (m3)	Madera (m3)	Papeles y Cartones (m3)	Plásticos (m3)	Volcanita (m3)	Otros (m3)
ago-21	\$ 40.000	8	0	0	0	0	0
sept-21	\$ 265.000	53	0	0	0	0	0
oct-21	\$ 80.000	16	0	0	0	0	0
nov-21	\$ 855.000	61	0	0	0	0	128
dic-21	\$ 1.100.000	84	20	2	2	0	128
ene-22	\$ 380.000	29	8	0	0	0	63
feb-22	\$ 100.000	21	0	0	0	0	0
mar-22	\$ 500.000	90	34	4	4	0	0
abr-22	\$ 320.000	66	0	0	0	0	0
may-22	\$ 528.000	53	6	12	10	5	0
jun-22	\$ 632.000	88	3	2	2	4	0
jul-22	\$ 2.160.000	324	0	4	4	0	76
ago-22	\$ 1.968.000	228	36	0	0	0	0
sept-22	\$ 340.000	71	0	0	0	0	0
oct-22	\$ 1.384.000	220	16	0	0	0	0
nov-22	\$ 1.184.000	163	13	0	0	0	0
dic-22	\$ 1.872.000	198	36	0	0	0	0
ene-23	\$ 2.880.000	270	90	0	0	0	0
feb-23	\$ 2.663.000	347	0	0	0	0	0
mar-23	\$ 1.421.000	203	0	0	0	0	0
abr-23	\$ 1.816.000	166	54	2	2	4	0
may-23	\$ 1.224.000	153	0	0	0	0	0
jun-23	\$ 1.120.000	135	0	0	0	0	0
jul-23	\$ 1.584.000	198	0	0	0	0	0
ago-23	\$ 864.000	108	0	0	0	0	0
Total	\$ 27.280.000	3353	316	26	24	13	395

La distribución de los volúmenes de residuos, detallada en la Tabla 5, se ilustra en la Figura 10. La figura demuestra la relevancia de la clasificación de desechos y demuestra que una mala gestión ha llevado a que la mayoría de ellos sean clasificados como "Escombros y Estériles", seguidos por la categoría "Otros", que representa los movimientos de tierra realizados en la obra. Las demás categorías representan menos del 10% del volumen total de la obra, lo que indica que la clasificación de residuos ha sido deficiente.

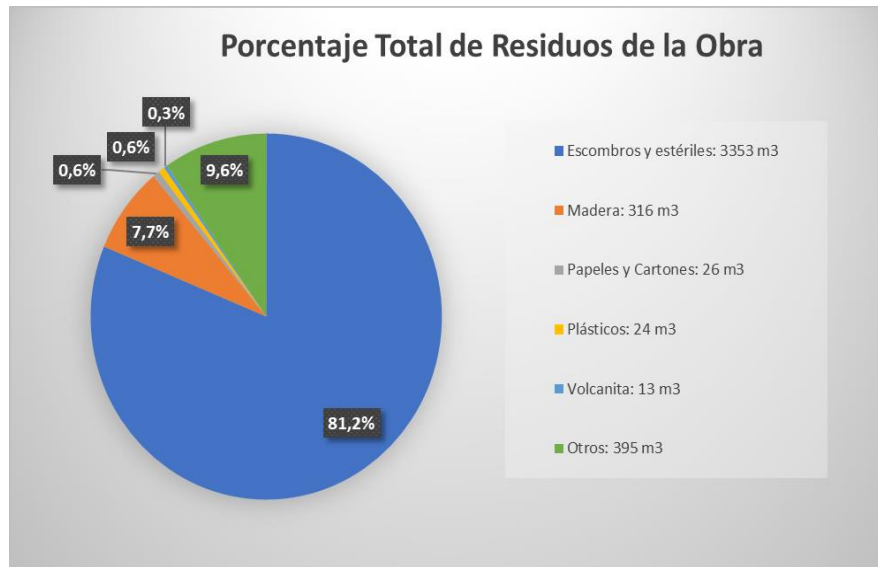


Figura 10. Distribución de volúmenes despachados del Edificio Espacio Huertos. Fuente: Elaboración propia.

La suma total de los costos de transporte hacia los botaderos, como se muestra en la Tabla 5, asciende a \$27.280.000. Con una clasificación más eficiente que redistribuya la categoría de Escombros y Estériles a otras categorías permitiría que estos costos disminuyan, así como también los costos por disposición final, que se detallan a continuación. Esto permitiría aplicar la propuesta de los maxi sacos y la venta de materiales sobrantes como madera, papeles, cartones y volcanita para mejorar la gestión de residuos y reducir los gastos asociados.

4.3 Costos por disposición de residuos.

Los residuos peligrosos y no peligrosos se transportan principalmente a la planta de tratamiento Hidronor, según información proporcionada por la Oficina Técnica y Prevencionista de Riesgos de la obra. Esta planta, ubicada en la comuna de Florida, región del Biobío, requiere una clasificación previa de los residuos para su recepción. De lo contrario, los considera como residuos industriales. Así, los costos de disposición final de residuos se basan en la siguiente referencia:

- Costo por disposición de residuos no peligrosos: $\frac{2 \text{ UF}}{\text{tonelada}}$
- Costo por disposición de residuos peligrosos : $\frac{6 \text{ UF}}{\text{tonelada}}$

El costo final de disposición depende del peso al momento de la recepción en el destino, aunque los costos de transporte de desechos se calculan según el volumen transportado.

Por lo tanto, para una planificación y una estimación precisas de los costos asociados, es fundamental tener en cuenta la densidad de los materiales de cada categoría (Tabla 6). Posteriormente, se puede encontrar su peso correspondiente (Tabla 8), tal como se muestra a continuación:

Tabla N°6. Densidades estimadas para las categorías en estudio para el costo de disposición final de los residuos del Edificio Espacio Huertos. Fuente: Elaboración propia.

Densidades				
	Mín	Máx	Referencia	Unidades
Escombros y Estériles	0,85	1,1	1	Ton/m3
Madera	0,45	0,7	0,6	Ton/m3
Papeles y Cartones	0,1	0,8	0,4	Ton/m3
Plásticos	0,85	0,95	0,9	Ton/m3
Volcanita	0,6	0,8	0,7	Ton/m3
Otros	1,6	1,7	1,7	Ton/m3

Considerando los valores totales señalados anteriormente en la Tabla 5, se tiene como volúmenes totales los valores de la Tabla 7, considerando cada una de las categorías en estudio.

Tabla N°7. Resumen de Volúmenes registrados en las categorías en estudio para el Costo por Disposición Final de los Residuos del Edificio Espacio Huertos. Fuente: Elaboración propia.

Volúmenes		
Escombros y Estériles	3353	m3
Madera	316	m3
Papeles y Cartones	26	m3
Plásticos	24	m3
Volcanita	13	m3
Otros	395	m3

De esta forma, teniendo los valores de las densidades y los volúmenes asociados a la cantidad de residuos gestionados, se pueden obtener a través del producto de estos los pesos registrados al momento de ser recepcionados en el lugar de disposición final, como se señala en la Tabla 8.

Tabla N°8. Cálculo de Pesaje registrado en las categorías de estudio para el Costo por Disposición Final de los residuos del Edificio Espacio Huertos. Fuente: Elaboración propia.

Cálculo de Pesos (Ton)			
	Densidad (Ton/m3)	Volumen (m3)	Pesos (Ton)
Escombros y Estériles	1	3353	3353
Madera	0,6	316	190
Papeles y Cartones	0,4	26	10
Plásticos	0,9	24	22
Volcanita	0,7	13	9
Otros	1,7	395	672

Teniendo en cuenta que el costo por disposición final mencionado previamente aplica solo a residuos no peligrosos, lo cual equivale a dos unidades de fomento (UF) por cada tonelada (Ton), y considerando el valor de la UF chilena al 1 de mayo de 2024, que es de \$37.267 para efectos de cálculo, se tienen los siguientes costos por disposición final expresados en la Tabla 9.

Tabla N°9. Costo de Disposición Final de los Residuos No Peligrosos, planta de tratamiento Hidronor. Fuente Información: Oficina Técnica, Edificio Espacio Huertos. Fuente Tabla: Elaboración propia.

Costo Disposición Final		
Residuos No Peligrosos	2	UF/Ton
	\$ 74.534	\$/Ton

El costo total de disposición final en la ejecución de la obra se obtiene utilizando los cálculos estimados de los pesajes de la Tabla 8 y los datos de los costos por disposición final de los desechos de la Tabla 9, obteniendo los siguientes valores de la Tabla 10:

Tabla N°10. Cálculo de Costos de Disposición Final Totales de los Residuos No Peligrosos del Edificio Espacio Huertos. Fuente: Elaboración propia.

Costo Disposición Final Total			
Tipos de Residuos	Peso (Ton)	Costo Disposición Residuos No Peligrosos (\$/Ton)	Costo Disposición Final
Escombros y Estériles	3353	\$ 74.534	\$ 249.912.100
Madera	190	\$ 74.534	\$ 14.131.624
Papeles y Cartones	10	\$ 74.534	\$ 775.152
Plásticos	22	\$ 74.534	\$ 1.609.932
Volcanita	9	\$ 74.534	\$ 678.258
Otros	672	\$ 74.534	\$ 50.049.500
Total			\$ 317.156.566

De manera similar, los costos por disposición final están vinculados a la cantidad de residuos dispuestos, como se mencionó anteriormente. Así, con base en el Registro de Despacho de Residuos del Edificio Espacio Huertos y los volúmenes presentados en la Tabla 5, se obtienen los mismos valores de la Tabla 10, pero con los detalles mensuales de los costos por disposición final de las diferentes categorías, tal como se muestra a continuación en la Tabla 11.

Tabla N°11. Resumen de Costos por Disposición Final en base al Registro de Despacho de Residuos Edificio Espacio Huertos. Fuente Información: Oficina Técnica Edificio Espacio Huertos. Fuente Tabla: Elaboración propia.

MES	Escombros y estériles	Madera	Papeles y Cartones	Plásticos	Volcanita	Otros	Total
ago-21	\$ 596.271	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 596.271
sept-21	\$ 3.950.296	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 3.950.296
oct-21	\$ 1.192.542	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 1.192.542
nov-21	\$ 4.546.567	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 16.218.572	\$ 20.765.139
dic-21	\$ 6.260.846	\$ 894.407	\$ 59.627	\$ 134.161	\$ -	\$ 16.218.572	\$ 23.567.613
ene-22	\$ 2.161.483	\$ 357.763	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 7.982.579	\$ 10.501.824
feb-22	\$ 1.565.211	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 1.565.211
mar-22	\$ 6.708.049	\$ 1.520.491	\$ 119.254	\$ 268.322	\$ -	\$ -	\$ 8.616.117
abr-22	\$ 4.919.236	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 4.919.236
may-22	\$ 3.950.296	\$ 268.322	\$ 357.763	\$ 670.805	\$ 260.869	\$ -	\$ 5.508.054
jun-22	\$ 6.558.981	\$ 134.161	\$ 59.627	\$ 134.161	\$ 208.695	\$ -	\$ 7.095.625
jul-22	\$ 24.148.977	\$ -	\$ 119.254	\$ 268.322	\$ -	\$ 9.629.777	\$ 34.166.331
ago-22	\$ 16.993.725	\$ 1.609.932	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 18.603.656
sept-22	\$ 5.291.905	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 5.291.905
oct-22	\$ 16.397.454	\$ 715.525	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 17.112.979
nov-22	\$ 12.149.022	\$ 581.364	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 12.730.387
dic-22	\$ 14.757.708	\$ 1.609.932	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 16.367.640
ene-23	\$ 20.124.148	\$ 4.024.830	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 24.148.977
feb-23	\$ 25.863.256	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 25.863.256
mar-23	\$ 15.130.378	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 15.130.378
abr-23	\$ 12.372.624	\$ 2.414.898	\$ 59.627	\$ 134.161	\$ 208.695	\$ -	\$ 15.190.005
may-23	\$ 11.403.684	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 11.403.684
jun-23	\$ 10.062.074	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10.062.074
jul-23	\$ 14.757.708	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 14.757.708
ago-23	\$ 8.049.659	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 8.049.659
	\$ 249.912.100	\$ 14.131.624	\$ 775.152	\$ 1.609.932	\$ 678.258	\$ 50.049.500	\$ 317.156.566

El total de los costos de disposición final en botaderos asciende a \$317.156.566. Como se mencionó previamente, la mayor parte de esta cantidad corresponde al costo de disposición final de Escombros y Estériles, que alcanza casi los \$250.000.000 solo en esta categoría de residuos.

Según un simple análisis, los costos de disposición final de desechos podrían reducirse significativamente en \$15.585.034 si se ofrecieran madera, papeles y cartones a las personas que los requieran y se reutilizara la volcanita. Esta medida podría reducir el costo total a \$301.571.532 sin cambiar la clasificación de los desechos actuales. Este método ofrece una mejor manera de utilizar los materiales existentes, promover la reutilización y mejorar la gestión sostenible de los desechos de la construcción.

También es evidente la fuerte correlación entre los costos de disposición final, donde la clasificación de escombros y estériles prevalece, como se mencionó anteriormente, y la cantidad de desechos despachados de la obra, que se muestran en las Figuras 11 y 12.

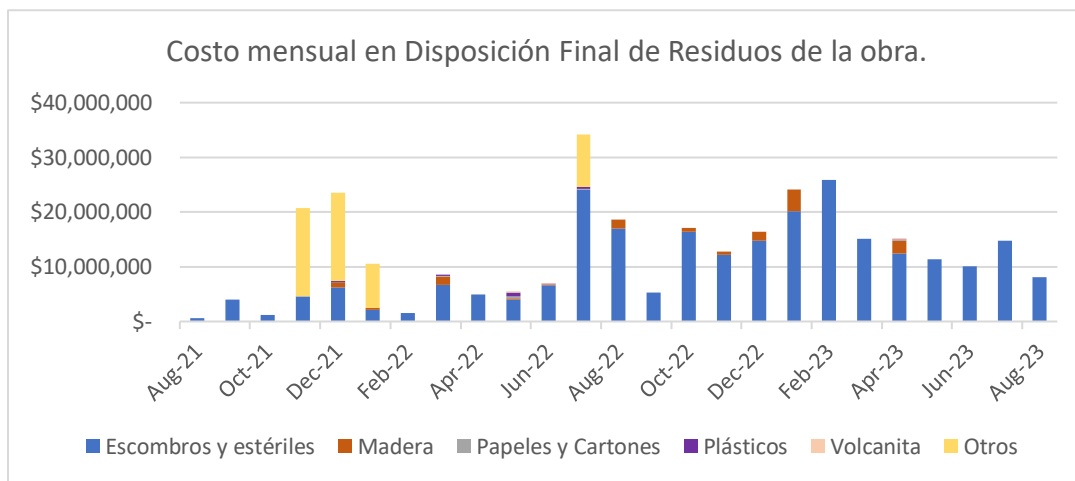


Figura 11. Costo Mensual de Disposición Final de Residuos del Edificio Espacio Huertos. Fuente: Elaboración propia.

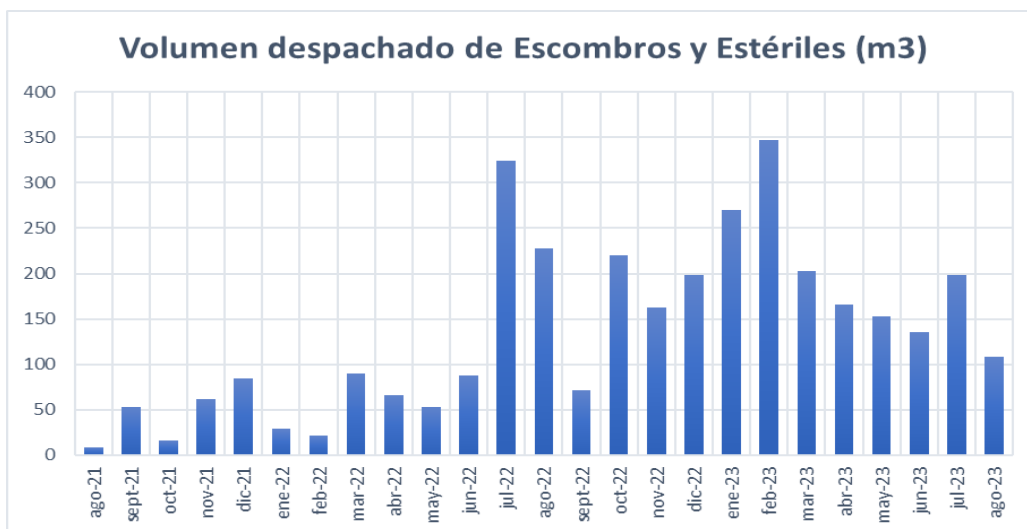


Figura 12. Volumen de Escombros y Estériles (m3) despachados del Edificio Espacio Huertos. Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 12, se destaca el predominio de los retiros de escombros y estériles (representados en azul), eclipsando las demás categorías durante todos los meses. Comparando el costo mensual de la disposición final de residuos en la obra, como se muestra en la Figura 11, con el volumen únicamente de Escombros y Estériles despachados, se evidencia una relación directamente proporcional.

En resumen, a medida que aumenta la cantidad de la categoría de escombros y estériles, también aumenta el costo total de transporte y, sobre todo, el costo de disposición final en la obra. Esta categoría representa más del 81% del total de remanentes, lo que la convierte en la predominante, como se indicó anteriormente en la Figura 10.

5. PROPUESTA DE CLASIFICACIÓN EFECTIVA DE RESIDUOS

La introducción de maxi sacos y pallets de madera, busca clasificar los distintos tipos de residuos generados en la obra para lograr una distribución uniforme de los volúmenes y reducir la mezcla de residuos. Al separar los desechos en bolsas específicas, se facilita a las empresas de transporte identificar y transportar los diversos tipos de desechos a sus respectivos lugares de disposición final.

Esta clasificación es esencial para el manejo adecuado de los desechos no peligrosos, ya que una combinación de estos residuos puede generar acumulaciones significativas de escombros y estériles.

Los maxi sacos, hechos de polipropileno resistente, son perfectos para almacenar una variedad de materiales de construcción, como escombros, madera, plástico y cartones. Estos sacos son ideales para obras de construcción porque pueden soportar cargas pesadas y son muy resistentes a la humedad y al sol.

Al reducir el volumen de los residuos mezclados, se disminuyen los costos relacionados con su despacho y disposición final, lo que beneficia el ahorro. Una clasificación más precisa facilitaría el despacho frecuente de residuos de diferentes categorías, evitando la acumulación de grandes volúmenes que luego se retiren como escombros y estériles.

6. ANÁLISIS DE DATOS

La madera, los papeles y cartones y volcanita son los tipos de desechos que pueden reducir los costos de transporte y disposición final de residuos, por lo que es importante determinar la cantidad de material gestionado. La Tabla 12 contiene una lista de los meses en los que los volúmenes se registraron en el Registro de Despacho de Residuos de la obra.

Tabla N°12. Resumen de Cantidad de volúmenes despachados en los meses que hubo retiro de Madera, Papeles y Cartones y Volcanita según el Registro de Despacho de Residuos. Fuente: Elaboración propia.

Cantidad de Residuos despachados			
	Madera (m3)	Papeles y Cartones (m3)	Volcanita (m3)
dic-21	20	2	0
ene-22	8	-	-
mar-22	34	4	-
may-22	6	12	5
jun-22	3	2	4
jul-22	-	4	-
ago-22	36	-	-
oct-22	16	-	-
nov-22	13	-	-
dic-22	36	-	-
ene-23	90	-	-
abr-23	54	2	5
Total	316	26	14

Los costos de transporte para estos remanentes despachados son obtenidos del Registro de Despacho de Residuos del Edificio Espacio Huertos (Ver detalle mensual en los Anexos A) y se resumen en la Tabla 13.

Tabla N°13. Resumen de Costos de transporte en los meses que hubo retiro de Madera, Papeles y Cartones y Volcanita según el Registro de Despacho de Residuos. Fuente: Elaboración propia.

Costos de transporte asociados a residuos despachados				
	Madera	Papeles y Cartones	Volcanita	Total
dic-21	-	\$ 40.000	-	\$ 40.000
ene-22	\$ 40.000	-	-	\$ 40.000
mar-22		120.000	-	\$ 120.000
may-22			240.000	\$ 240.000
jun-22	-	\$ 44.000		\$ 44.000
jul-22	-	\$ 40.000	-	\$ 40.000
ago-22	\$ 288.000	-	-	\$ 288.000
oct-22	\$ 60.000	-	-	\$ 60.000
nov-22	\$ 60.000	-	-	\$ 60.000
dic-22	\$ 288.000	-	-	\$ 288.000
ene-23	\$ 720.000	-	-	\$ 720.000
abr-23	\$ 428.000		60.000	\$ 488.000
				\$ 2.428.000

Como se muestra en la tabla anterior, el costo total de transporte de residuos de madera, papeles y cartones, así como volcanita es de \$2.428.000. Se puede evitar estos gastos reciclando la madera, los papeles y cartones que se pueden regalar o vender, y reutilizando la volcanita.

Al considerar lo expuesto en la Tabla 2 y la Tabla 3, que detallan los costos de implementar la propuesta de maxi sacos y pallets de madera, junto con la inclusión de un jornal de trabajo durante el periodo de 25 meses de la obra, como se describe en la Tabla 1, lo cual se resume de la siguiente manera en la Tabla 14:

Tabla N°14. Resumen Costos Totales de Inversión Maxi Sacos, Pallets de Madera y un Trabajador. Fuente: Elaboración propia.

Costos Totales	
Maxi Sacos	\$ 399.200
Palets Madera	\$ 1.199.200
Trabajador(es)	\$12.500.000
	\$14.098.400

Es evidente que la inversión en la propuesta de maxi sacos con pallets de madera y la contratación de un trabajador (\$14.098.400) para la gestión de residuos se puede amortizar con \$14.131.624 en el gasto por disposición final de madera (consultar la Tabla 11), sin necesidad de reclasificar los residuos de escombros y estériles.

Analizando detenidamente, se advierte que la distribución actual, aunque no óptima en la clasificación, debido a lo anterior, ofrece margen para mejoras. Sin embargo, para lograr una clasificación más efectiva de los residuos, se requiere una redistribución de volúmenes, con el objetivo adicional de aumentar la participación de personal en el proceso y la gestión de los residuos.

Sumando el costo de transporte de Madera, Papeles y Cartones, y Volcanita (\$2.428.000, consultar Tabla 13), junto con la inclusión de un jornal adicional para el proceso de gestión de residuos, resultaría en un total de \$12.500.000 por cada trabajador adicional, tal como se indica en la tabla previa (Tabla 14).

Aquí es donde es fundamental una posible reclasificación de los desechos, especialmente los que se han despachado como escombros y estériles. Si se pudiera clasificar adecuadamente una parte de estos desechos, se podría reducir significativamente el costo de transporte y disposición final, no solo para los escombros y estériles, sino también en los costos totales.

Una clasificación porcentual de remanentes en base al registro de despacho de residuos se puede tomar como punto de inicio (ver Anexo B1, situación real de la obra) utilizando los datos de la Tabla 5, haciendo posible calcular a través de una optimización una nueva distribución en la clasificación.

La clasificación actual y la propuesta de implementación necesitan un nivel mínimo de distribución de los residuos para que los gastos incurridos en la propuesta puedan ser compensados por el ahorro en despachos y disposición final de residuos. En otras palabras, el potencial de ahorro al implementar la propuesta de maxi sacos, pallets de madera y una nueva cuadrilla de gestión de residuos podría ser equilibrado a través de la reclasificación y valorización de la madera, papeles y cartones, y volcanita.

Después de varias iteraciones basadas en la situación actual de la obra, el objetivo es reducir la cantidad de escombros y estériles distribuyendo esta cantidad de manera equitativa en otras categorías relevantes como madera, papeles y cartones, plásticos y volcanita. Es decir, el objetivo final siempre es reducir el costo total de disposición final de residuos.

Por ejemplo, si se disminuye el porcentaje de escombros y estériles de un mes en un 8 %, cada una de las categorías de "madera", "papeles y cartones", "plásticos" y "volcanita" aumentaría en un 2 %, para mantener la igualdad respecto al porcentaje total. Este procedimiento se repetiría cada mes y se ajustaría el valor deseado para obtener un resultado final diferente. Es importante tener en cuenta que la categoría "otros" se refiere principalmente a los movimientos de tierra que ocurren durante el desarrollo de la obra y no se considera en esta redistribución.

En los meses en que se despachan residuos de la categoría "otros", su porcentaje se sustrae del total de despachos (ya que "otros" no se modifica), luego se resta la cantidad de escombros y estériles, y esa cantidad se redistribuye de manera equitativa entre las cuatro categorías restantes.

Considerando el costo total de transporte y los costos por disposición final de las tres categorías de interés de valorización (ver Tabla 11, totales de madera, papeles y cartones y volcánita), se obtiene:

- Costo total transporte: \$2.428.000 (Tabla 13).
- Costo total disposición final (madera, papeles y cartones y volcánita): \$15.588.034 (Tabla 11).
- Total, ambos costos: \$18.013.034.

Aunque la introducción de maxi sacos, pallets de madera y un trabajador adicional podría verse como una mejora inicial en la gestión de desechos en la obra, lo mejor sería establecer un equipo dedicado que participe activamente en todas las etapas de manejo y clasificación de materiales excedentes.

Por esta razón, es importante considerar los siguientes costos totales para la implementación de la propuesta de mejora, detallados en la Tabla 15.

Tabla N°15. Costos Totales para implementación de alternativas de propuesta de mejora en el Edificio Espacio Huertos. Fuente: Elaboración propia.

Costos Totales		
	Subtotal	Total
Maxi Sacos	\$ 399.200	
Palets Madera	\$ 1.199.200	
1 Jornal	\$ 12.500.000	\$ 14.098.400
2 Jornales	\$ 25.000.000	\$ 26.598.400
3 Jornales	\$ 37.000.000	\$ 38.598.400
4 Jornales	\$ 50.000.000	\$ 51.598.400

Como se muestra en la tabla anterior, la mejora inicial cuesta \$14.098.400. Al valorar y reutilizar los residuos mencionados, se pueden reducir los costos de transporte y disposición final. Esto permitiría llevar a cabo la propuesta de maxi sacos, pallets de madera y jornales de trabajo.

Para la incorporación de dos jornales es donde se hace necesario la reclasificación de escombros y estériles, ya que añadir un jornal más al proceso de gestión de residuos implican \$12.500.000 (tomando como referencia Tabla 1), por lo cual, la inversión de \$14.098.400 ascendería a \$26.598.400 si se consideran dos jornales, de \$38.598.400 si se añaden tres o de \$51.598.400 si la cuadrilla se compone de cuatro jornales.

Según la Tabla 1, la incorporación de dos jornales requeriría la reclasificación de escombros y estériles, dado que agregar un jornal más al proceso de gestión de desechos supondría un costo adicional de \$12.500.000. En consecuencia, la inversión inicial de \$14.098.400 aumentaría a \$26.598.400 si se consideran dos jornales, a \$38.598.400 si se consideran tres jornales o a \$51.598.400 si se consideran cuatro jornales.

Los costos totales de la inversión ascienden a \$14.098.400, según la Tabla 15. Se podría financiar la implementación de la propuesta de mejora de maxi sacos, pallets de madera y un jornal para la gestión de desechos con una reclasificación del 100% de escombros y estériles de cada mes a un 82%, mediante iteraciones y redistribuyendo igualmente el 18% en madera, papeles y cartones, plásticos y volcánita. Esto se debe a que el costo de disposición final se reduciría en \$14.578.007, lo que supera la inversión inicial de \$14.098.400.

La nueva distribución se muestra en la Tabla 16 en costos totales (en porcentajes, véase Anexo B2).

Tabla N°16. Costos Disposición Final con Reclasificación de un 18% de Escombros y Estériles en Madera, Papeles y Cartones, Plásticos y Volcanita en el Edificio Espacio Huertos. Fuente: Elaboración propia.

MES	Escombros y estériles (m3)	Madera (m3)	Papeles y Cartones (m3)	Plásticos (m3)	Volcanita (m3)	Otros (m3)	Total
ago-21	\$ 488.942	\$ 16.099	\$ 10.733	\$ 24.149	\$ 18.783	\$ -	\$ 558.706
sept-21	\$ 3.239.242	\$ 106.658	\$ 71.105	\$ 159.987	\$ 124.434	\$ -	\$ 3.701.427
oct-21	\$ 977.885	\$ 32.199	\$ 21.466	\$ 48.298	\$ 37.565	\$ -	\$ 1.117.412
nov-21	\$ 3.728.185	\$ 122.757	\$ 81.838	\$ 184.136	\$ 143.217	\$ 16.218.572	\$ 20.478.705
dic-21	\$ 5.133.894	\$ 437.365	\$ 291.577	\$ 656.047	\$ 510.259	\$ 16.218.572	\$ 23.247.713
ene-22	\$ 1.772.416	\$ 147.801	\$ 98.534	\$ 221.701	\$ 172.434	\$ 7.982.579	\$ 10.395.464
feb-22	\$ 1.283.473	\$ 42.261	\$ 28.174	\$ 63.391	\$ 49.304	\$ -	\$ 1.466.603
mar-22	\$ 5.500.600	\$ 650.681	\$ 433.787	\$ 976.021	\$ 759.128	\$ -	\$ 8.320.217
abr-22	\$ 4.033.774	\$ 132.819	\$ 88.546	\$ 199.229	\$ 154.956	\$ -	\$ 4.609.324
may-22	\$ 3.239.242	\$ 475.601	\$ 317.067	\$ 713.401	\$ 554.867	\$ -	\$ 5.300.179
jun-22	\$ 5.378.365	\$ 300.073	\$ 200.049	\$ 450.110	\$ 350.086	\$ -	\$ 6.678.683
jul-22	\$ 19.802.161	\$ 741.463	\$ 494.309	\$ 1.112.195	\$ 865.040	\$ 9.629.777	\$ 32.644.945
ago-22	\$ 13.934.854	\$ 861.314	\$ 574.209	\$ 1.291.970	\$ 1.004.866	\$ -	\$ 17.667.213
sept-22	\$ 4.339.362	\$ 142.881	\$ 95.254	\$ 214.322	\$ 166.695	\$ -	\$ 4.958.515
oct-22	\$ 13.445.912	\$ 621.613	\$ 414.408	\$ 932.419	\$ 725.215	\$ -	\$ 16.139.566
nov-22	\$ 9.962.198	\$ 473.365	\$ 315.576	\$ 710.047	\$ 552.259	\$ -	\$ 12.013.445
dic-22	\$ 12.101.321	\$ 800.941	\$ 533.961	\$ 1.201.412	\$ 934.431	\$ -	\$ 15.572.065
ene-23	\$ 16.501.801	\$ 1.549.559	\$ 1.033.040	\$ 2.324.339	\$ 1.807.819	\$ -	\$ 23.216.558
feb-23	\$ 21.207.870	\$ 698.308	\$ 465.539	\$ 1.047.462	\$ 814.693	\$ -	\$ 24.233.871
mar-23	\$ 12.406.910	\$ 408.520	\$ 272.347	\$ 612.780	\$ 476.607	\$ -	\$ 14.177.164
abr-23	\$ 10.145.552	\$ 1.027.226	\$ 684.817	\$ 1.540.839	\$ 1.198.430	\$ -	\$ 14.596.864
may-23	\$ 9.351.021	\$ 307.899	\$ 205.266	\$ 461.849	\$ 359.216	\$ -	\$ 10.685.252
jun-23	\$ 8.250.901	\$ 271.676	\$ 181.117	\$ 407.514	\$ 316.955	\$ -	\$ 9.428.163
jul-23	\$ 12.101.321	\$ 398.458	\$ 265.639	\$ 597.687	\$ 464.868	\$ -	\$ 13.827.973
ago-23	\$ 6.600.720	\$ 217.341	\$ 144.894	\$ 326.011	\$ 253.564	\$ -	\$ 7.542.531
	\$ 204.927.922	\$ 10.984.878	\$ 7.323.252	\$ 16.477.317	\$ 12.815.691	\$ 50.049.500	\$ 302.578.559

Si los escombros y estériles se reducen al 68% y se redistribuyen para incorporar dos jornales únicamente reclassificando los residuos, se lograría un ahorro en los costos por disposición final, reduciéndose en \$26.823.699, lo que supera la inversión de \$26.598.400. Esta segunda distribución se muestra en la Tabla 17 en costos totales (en porcentajes, véase Anexo B3).

Tabla N°17. Costos Disposición Final con Reclasificación de 32% de Escombros y Estériles en Madera, Papeles y Cartones, Plásticos y Volcanita en el Edificio Espacio Huertos. Fuente: Elaboración propia.

MES	Escombros y estériles (m3)	Madera (m3)	Papeles y Cartones (m3)	Plásticos (m3)	Volcanita (m3)	Otros (m3)	Total
ago-21	\$ 405.464	\$ 28.621	\$ 19.081	\$ 42.932	\$ 33.391	\$ -	\$ 529.489
sept-21	\$ 2.686.201	\$ 189.614	\$ 126.409	\$ 284.421	\$ 221.217	\$ -	\$ 3.507.863
oct-21	\$ 810.929	\$ 57.242	\$ 38.161	\$ 85.863	\$ 66.782	\$ -	\$ 1.058.977
nov-21	\$ 3.091.665	\$ 218.235	\$ 145.490	\$ 327.353	\$ 254.608	\$ 16.218.572	\$ 20.255.923
dic-21	\$ 4.257.375	\$ 568.843	\$ 379.228	\$ 853.264	\$ 663.650	\$ 16.218.572	\$ 22.940.932
ene-22	\$ 1.469.808	\$ 193.192	\$ 128.795	\$ 289.788	\$ 225.390	\$ 7.982.579	\$ 10.289.551
feb-22	\$ 1.064.344	\$ 75.130	\$ 50.087	\$ 112.695	\$ 87.652	\$ -	\$ 1.389.908
mar-22	\$ 4.561.473	\$ 791.550	\$ 527.700	\$ 1.187.325	\$ 923.475	\$ -	\$ 7.991.523
abr-22	\$ 3.345.081	\$ 236.123	\$ 157.416	\$ 354.185	\$ 275.477	\$ -	\$ 4.368.282
may-22	\$ 2.686.201	\$ 558.557	\$ 372.371	\$ 837.835	\$ 651.650	\$ -	\$ 5.106.614
jun-22	\$ 4.460.107	\$ 437.812	\$ 291.875	\$ 656.718	\$ 510.781	\$ -	\$ 6.357.293
jul-22	\$ 16.421.304	\$ 1.248.592	\$ 832.394	\$ 1.872.887	\$ 1.456.690	\$ 9.629.777	\$ 31.461.645
ago-22	\$ 11.555.733	\$ 1.218.182	\$ 812.121	\$ 1.827.273	\$ 1.421.212	\$ -	\$ 16.834.520
sept-22	\$ 3.598.496	\$ 254.011	\$ 169.341	\$ 381.017	\$ 296.347	\$ -	\$ 4.699.212
oct-22	\$ 11.150.268	\$ 965.959	\$ 643.973	\$ 1.448.939	\$ 1.126.952	\$ -	\$ 15.336.091
nov-22	\$ 8.261.335	\$ 728.494	\$ 485.663	\$ 1.092.741	\$ 849.910	\$ -	\$ 11.418.143
dic-22	\$ 10.035.242	\$ 1.110.853	\$ 740.569	\$ 1.666.279	\$ 1.295.995	\$ -	\$ 14.848.938
ene-23	\$ 13.684.420	\$ 1.972.166	\$ 1.314.778	\$ 2.958.250	\$ 2.300.861	\$ -	\$ 22.230.475
feb-23	\$ 17.587.014	\$ 1.241.436	\$ 827.624	\$ 1.862.154	\$ 1.448.342	\$ -	\$ 22.966.572
mar-23	\$ 10.288.657	\$ 726.258	\$ 484.172	\$ 1.089.387	\$ 847.301	\$ -	\$ 13.435.775
abr-23	\$ 8.413.384	\$ 1.287.051	\$ 858.034	\$ 1.930.577	\$ 1.501.560	\$ -	\$ 13.990.606
may-23	\$ 7.754.505	\$ 547.377	\$ 364.918	\$ 821.065	\$ 638.606	\$ -	\$ 10.126.471
jun-23	\$ 6.842.210	\$ 482.980	\$ 321.986	\$ 724.469	\$ 563.476	\$ -	\$ 8.935.122
jul-23	\$ 10.035.242	\$ 708.370	\$ 472.247	\$ 1.062.555	\$ 826.432	\$ -	\$ 13.104.845
ago-23	\$ 5.473.768	\$ 386.384	\$ 257.589	\$ 579.575	\$ 450.781	\$ -	\$ 7.148.097
	\$ 169.940.228	\$ 16.233.032	\$ 10.822.021	\$ 24.349.548	\$ 18.938.537	\$ 50.049.500	\$ 290.332.866

Además de la reclasificación y redistribución de los residuos de escombros y estériles, si se valorizan las cantidades sobrantes de madera, papeles y cartones, y volcanita, se resalta la posibilidad de aprovechar de manera más eficiente los materiales existentes, fomentar la reutilización y contribuir a una gestión más sostenible de los desechos de la construcción. Los valores estimados a través de ambos procesos se muestran en la Tabla 18 (en porcentajes, véase Anexo B4).

Tabla N°18. Costos Disposición Final en el Edificio Espacio Huertos con Reclasificación de 20% de Escombros y Estériles en Madera, Papeles y Cartones, Plásticos y Volcanita; Valorización de Madera, Papeles y Cartones y Volcanita; y Ahorro en Costos de Transporte de Madera, Papeles y Cartones y Volcanita. Fuente: Elaboración propia.

MES	Escombros y estériles (m3)	Madera (m3)	Papeles y Cartones (m3)	Plásticos (m3)	Volcanita (m3)	Otros (m3)	Total
ago-21	\$ 477.017	\$ 17.888	\$ 11.925	\$ 26.832	\$ 20.869	\$ -	\$ 554.532
sept-21	\$ 3.160.237	\$ 118.509	\$ 79.006	\$ 177.763	\$ 138.260	\$ -	\$ 3.673.775
oct-21	\$ 954.034	\$ 35.776	\$ 23.851	\$ 53.664	\$ 41.739	\$ -	\$ 1.109.064
nov-21	\$ 3.637.253	\$ 136.397	\$ 90.931	\$ 204.596	\$ 159.130	\$ 16.218.572	\$ 20.446.879
dic-21	\$ 5.008.677	\$ 456.147	\$ 304.098	\$ 684.221	\$ 532.172	\$ 16.218.572	\$ 23.203.888
ene-22	\$ 1.729.186	\$ 154.285	\$ 102.857	\$ 231.428	\$ 179.999	\$ 7.982.579	\$ 10.380.333
feb-22	\$ 1.252.169	\$ 46.956	\$ 31.304	\$ 70.435	\$ 54.782	\$ -	\$ 1.455.647
mar-22	\$ 5.366.439	\$ 670.805	\$ 447.203	\$ 1.006.207	\$ 782.606	\$ -	\$ 8.273.261
abr-22	\$ 3.935.389	\$ 147.577	\$ 98.385	\$ 221.366	\$ 172.173	\$ -	\$ 4.574.890
may-22	\$ 3.160.237	\$ 487.452	\$ 324.968	\$ 731.177	\$ 568.694	\$ -	\$ 5.272.527
jun-22	\$ 5.247.185	\$ 319.750	\$ 213.167	\$ 479.626	\$ 373.042	\$ -	\$ 6.632.770
jul-22	\$ 19.319.182	\$ 813.910	\$ 542.607	\$ 1.220.865	\$ 949.562	\$ 9.629.777	\$ 32.475.902
ago-22	\$ 13.594.980	\$ 912.295	\$ 608.196	\$ 1.368.442	\$ 1.064.344	\$ -	\$ 17.548.257
sept-22	\$ 4.233.524	\$ 158.757	\$ 105.838	\$ 238.136	\$ 185.217	\$ -	\$ 4.921.472
oct-22	\$ 13.117.963	\$ 670.805	\$ 447.203	\$ 1.006.207	\$ 782.606	\$ -	\$ 16.024.784
nov-22	\$ 9.719.218	\$ 509.812	\$ 339.874	\$ 764.718	\$ 594.780	\$ -	\$ 11.928.402
dic-22	\$ 11.806.167	\$ 845.214	\$ 563.476	\$ 1.267.821	\$ 986.083	\$ -	\$ 15.468.761
ene-23	\$ 16.099.318	\$ 1.609.932	\$ 1.073.288	\$ 2.414.898	\$ 1.878.254	\$ -	\$ 23.075.689
feb-23	\$ 20.690.605	\$ 775.898	\$ 517.265	\$ 1.163.847	\$ 905.214	\$ -	\$ 24.052.828
mar-23	\$ 12.104.302	\$ 453.911	\$ 302.608	\$ 680.867	\$ 529.563	\$ -	\$ 14.071.251
abr-23	\$ 9.898.099	\$ 1.064.344	\$ 709.563	\$ 1.596.516	\$ 1.241.734	\$ -	\$ 14.510.256
may-23	\$ 9.122.947	\$ 342.111	\$ 228.074	\$ 513.166	\$ 399.129	\$ -	\$ 10.605.426
jun-23	\$ 8.049.659	\$ 301.862	\$ 201.241	\$ 452.793	\$ 352.173	\$ -	\$ 9.357.729
jul-23	\$ 11.806.167	\$ 442.731	\$ 295.154	\$ 664.097	\$ 516.520	\$ -	\$ 13.724.669
ago-23	\$ 6.439.727	\$ 241.490	\$ 160.993	\$ 362.235	\$ 281.738	\$ -	\$ 7.486.183
	\$ 199.929.680	\$ 11.734.614	\$ 7.823.076	\$ 17.601.921	\$ 13.690.383	\$ 50.049.500	\$ 300.829.174
						Diferencia respecto a situación inicial	\$ 16.327.392
						Ahorro M, PC y V	\$ 33.248.073
						Ahorro C.Tte. M, PC y V	\$ 2.428.000
						Ahorro Total	\$ 52.003.465

Al reducir el volumen de Escombros y Estériles en un 80% y distribuir ese volumen en Madera, Papel y Cartones, Plásticos y Volcanita, se logra un ahorro de \$16.327.392 en comparación con el estado actual.

Al mismo tiempo, la reutilización de madera (M), papel y cartón (PC) y volcanita (V) podría ahorrar \$33.248.073 en costos por disposición final y \$2.428.000 en costos de transporte.

En conjunto, este ahorro alcanza los \$52.003.465 (Tabla 18), compensando así la inversión prevista para implementar la propuesta de maxi sacos, pallets de madera y la contratación de cuatro jornales para la nueva cuadrilla de gestión de residuos en la obra del Edificio Espacio Huertos, que asciende a \$51.598.400 (Tabla 15).

7. RESULTADOS FINALES

- Según lo indicado en las Tablas 5 y 10, los costos totales para el transporte y la disposición final de residuos de la obra, sin implementar la propuesta de clasificación, fueron los siguientes:

Gasto total en transporte de residuos	→	- \$ 27.280.000
Gasto total en disposición final de residuos	→	- \$ 317.156.566

Total Gasto		- \$ 344.436.566

- Considerando únicamente la reclasificación y manteniendo la cantidad de residuos gestionados (según Tablas 5 y 16), los nuevos gastos para la implementación de la propuesta de maxi sacos, pallets de madera y la incorporación de un jornal (como optimización mínima) son los siguientes:

Gasto en transporte de residuos	→	- \$ 27.280.000
Gasto en disposición de residuos	→	- \$ 302.578.559

Total Gasto		- \$ 329.858.559

Por ende, el gasto total exclusivamente asociado a la gestión de residuos, al reclasificar los Escombros y Estériles en Madera, Papeles y Cartones, Plásticos y Volcanita, disminuye en \$14.578.007 los costos por disposición final de estos residuos, y por lo tanto, los costos totales.

- Lo anterior es consistente con el total de costos utilizando la incorporación de un nuevo jornal al personal de trabajo, sumado a la propuesta de implementación de maxi sacos y pallets de madera con consideraciones señaladas en la Tabla 1, Tabla 2 y Tabla 3 respectivamente, tablas las cuales indican que los costos de la inversión son:

Jornal Encargado de Residuos	→	- \$ 12.500.000
Compra de Maxi sacos	→	- \$ 399.200
Compra de Pallets de madera	→	- \$ 1.199.200

Total Costos		- \$ 14.098.400

De esta manera, se evidencia que el costo total de la inversión de \$14.098.400 es menor que el ahorro proyectado solo con la reclasificación bajo las condiciones mínimas, que asciende a \$14.578.000, lo que viabiliza la ejecución de la propuesta.

Es decir, únicamente con una reclasificación de escombros y estériles de un 100% de cada mes a un 82% a través de iteraciones y redistribuyendo en madera, papeles y cartones, plásticos y volcanita e iterando cada mes como se explicó anteriormente para alcanzar los valores de la Tabla 16, se puede llevar a cabo la propuesta de mejora.

- Sin embargo, si el objetivo es establecer una cuadrilla de trabajo de cuatro jornales para el proceso de gestión de residuos de la obra (según la Tabla 15), así como la implementación

de las propuestas de maxi sacos (Tabla 2) y pallets de madera (Tabla 3), los costos correspondientes serían los siguientes:

Cuadrilla (cuatro jornales) gestión de residuos	→	- \$ 50.000.000
Compra de Maxi sacos	→	- \$ 399.200
Compra de Pallets de madera	→	- \$ 1.199.200

Total Costos		- \$ 51.598.400

- Al considerar el ahorro derivado de la reclasificación de residuos, junto con la valorización de la madera, papeles, cartones y volcanita, ya sea para su venta a empresas y particulares u otros fines, y teniendo en cuenta los valores de transporte y disposición final de estos residuos según se indica en la Tabla 18, se pueden obtener los siguientes resultados:

Ahorro debido a reclasificación de residuos	→	\$ 16.327.392
Ahorro en transporte de residuos de madera, papeles y cartones y volcanita	→	\$ 2.428.000
Ahorro en disposición de residuos de madera, papeles y cartones y volcanita	→	\$ 33.428.073

Total Ahorro		\$ 52.003.465

Comparando los costos totales de la implementación de la propuesta de la cuadrilla, que ascienden a \$51.598.400, con los ahorros potenciales derivados de la valorización de la madera, papeles y cartones, así como de la volcanita, junto con el ahorro en transporte y disposición final de estos residuos, que alcanzan un total de \$52.003.465, se hace factible poner en marcha la propuesta de maxi sacos, pallets de madera y una cuadrilla de cuatro jornales para la gestión de residuos en la obra.

Estos cálculos no han considerado los beneficios económicos de la valorización y/o venta de la madera, papeles, cartones y volcanita. Solo se han tomado en cuenta los gastos de transporte y disposición final de estos materiales. Sin embargo, es importante destacar que estos beneficios adicionales también tienen un impacto positivo en el valor financiero.

8. COMENTARIOS, SUGERENCIAS Y OBSERVACIONES

- El seguimiento y la evaluación del plan de gestión de residuos son esenciales para garantizar que los objetivos se cumplan y que las medidas para reducir la generación de desechos y aumentar su valorización y reciclaje sean efectivas.

Las evaluaciones periódicas del plan de gestión de residuos permiten identificar áreas de mejora y ajustar el plan para que sea más eficiente y efectivo. Esto puede incluir cambiar las formas en que se separan los desechos o desarrollar nuevos métodos de reciclaje para maximizar la valorización de los materiales. Además, ayuda a monitorear la cantidad de residuos producidos y a garantizar que se cumplan los objetivos de minimización y manejo adecuado de desechos.

- La capacitación del personal es esencial para garantizar que todos los trabajadores comprendan la importancia del manejo adecuado de los residuos y sepan cómo hacerlo correctamente. Esto incluye desde los trabajadores que generan los residuos hasta aquellos encargados de su retiro y disposición final. Se deben abordar aspectos como la separación adecuada de los residuos según su tipo, el uso correcto de los contenedores como maxi sacos y pallets de madera, y la importancia de evitar la contaminación al no mezclar diferentes tipos de residuos.
- Es fundamental que los empleados estén conscientes de los peligros para la salud y el medio ambiente causados por la mala gestión de residuos, que incluyen contaminación del suelo y el agua, emisión de gases tóxicos y propagación de enfermedades transmitidas por vectores. Una capacitación adecuada puede reducir estos riesgos y fomentar una cultura de gestión de desechos responsable en la obra.

9. CONCLUSIONES

- I. Después de realizar un análisis de sitio, se observó que la obra estaba descuidada, con una clasificación mínima de desechos y una gran cantidad de estos mezclados, principalmente clasificados como escombros y estériles. Es fundamental establecer un área específica y coordinada para el almacenamiento y la clasificación adecuada de los residuos para abordar esta situación y garantizar la seguridad en la obra. Esto mantendrá el orden, facilitará el movimiento seguro del personal y maquinaria ayudando a prevenir accidentes.
- II. Para promover la sostenibilidad, la eficiencia y la responsabilidad social en la industria, es fundamental mantener una gestión adecuada de los desechos en la construcción. Esto implica reducir la cantidad de desechos enviados a los vertederos para reducir la contaminación del suelo y el agua, así como las emisiones de gases de efecto invernadero relacionadas con el transporte y disposición de residuos. La valorización, especialmente en el reciclaje y reutilización de materiales, también puede generar nuevas oportunidades comerciales y laborales. Por último, pero no menos importante, un manejo adecuado de los residuos mejora las condiciones de trabajo en la construcción al reducir el riesgo de accidentes y enfermedades relacionados con la exposición a materiales peligrosos o el contacto con desechos acumulados.
- III. Al renovar el lugar de almacenamiento, se fomenta el orden y la clasificación de los residuos, lo que optimiza su manejo y distribución. Esto resulta en una reducción de la cantidad de residuos clasificados como "escombros y estériles", lo que a su vez disminuye los costos asociados. El ahorro en transporte y disposición final de varios materiales abre la posibilidad de su venta a empresas y particulares, facilitando la inclusión de más personal en la cuadrilla encargada de gestionar los materiales sobrantes y mejorar la clasificación de residuos.

Es fundamental llevar a cabo las propuestas mencionadas desde el principio, ya que realizar en el curso de la obra podría reducir la eficacia de una técnica que requiere coherencia. Una planificación temprana dará como resultado mejores resultados.

10. REFERENCIAS

AR Racking Chile. (s.f.). *Tipos de pallets y características* / AR Racking Chile. <https://www.ar-racking.com/cl/blog/tipos-de-pallets-y-caracteristicas/>

Cámara Chilena de la Construcción. (2020). *Estudio de productividad: Impulsar la productividad de la industria de la Construcción en Chile a estándares mundiales.*

Cámara Chilena de la Construcción. (2020). *Plan de gestión de residuos en obra, paso a paso.*

Codepol. (s. f.). *Industrial.* <https://codepol.cl/industrial/>

Anexo A10. Registro mensual de despacho de residuos desde obra, mes de mayo de 2022.

aitue. CONSTRUCTORA											REGISTRO MENSUAL DE DESPACHO DE RESIDUOS DESDE OBRA							Referencia PR-SSOMA-XX			
											RG-SSOMA-xxx							Versión: 00			
Obra											EDIFICIO ESPACIO HUERTOS							Mes		Mayo	
											m3 de despacho de carga por viaje										
Fecha	Transportista	Patente camión	N° de guía de despacho	Horario salida	Destino disposición final	Autorización sanitaria	Costo transporte NETO	Hierro (kilos)	Escombros y estériles	Madera	Papeles y cartones	Plásticos	Volcanita	Residuos peligrosos	Residuos domiciliarios	Otros					
16-may.-22	Andrea Sagredo EIRL	EU7228	2887	11:15	Jaime Repullo S/N Thno	Si	40.000		8,0												
16-may.-22	Andrea Sagredo EIRL	EU7228	2889	13:00	Jaime Repullo S/N Thno	Si	40.000		8,0												
16-may.-22	Andrea Sagredo EIRL	EU7228	2892	15:45	Hidronor	Si	40.000		3,0	2,0	2,0	1,0									
20-may.-22	Andrea Sagredo EIRL	GT8649	2901	10:35	Hidronor	Si	60.000		3,0	2,0	3,0	2,0	3,0								
20-may.-22	Andrea Sagredo EIRL	GT8649	2902	15:15	Jaime Repullo S/N Thno	Si	60.000		13,0												
31-may.-22	Julio Vidal EIRL	TA5197	2920	11:05	Botadero	Si	144.000		18,0												
31-may.-22	Julio Vidal EIRL	TA5198	2922	14:25	Hidronor	Si	144.000			2,0	7,0	7,0	2,0								
Total mensual							528.000	0,0	53,0	6,0	12,0	10,0	5,0	0,0	0,0	0,0					

Anexo A11. Registro mensual de despacho de residuos desde obra, mes de junio de 2022.

aitue. CONSTRUCTORA											REGISTRO MENSUAL DE DESPACHO DE RESIDUOS DESDE OBRA							Referencia PR-SSOMA-XX			
											RG-SSOMA-xxx							Versión: 00			
Obra											EDIFICIO ESPACIO HUERTOS							Mes		Junio	
											m3 de despacho de carga por viaje										
Fecha	Transportista	Patente camión	N° de guía de despacho	Horario salida	Destino disposición final	Autorización sanitaria	Costo transporte NETO	Hierro (kilos)	Escombros y estériles	Madera	Papeles y cartones	Plásticos	Volcanita	Residuos peligrosos	Residuos domiciliarios	Otros					
3-jun.-22	Andrea Sagredo EIRL	EU7228	2932	13:30	Hidronor	Si	40.000				2,0	2,0	4,0								
6-jun.-22	Julio Vidal EIRL	TA5197	2933	11:40	Nva San Marcos 220, Chgte	Si	144.000		18,0												
6-jun.-22	Julio Vidal EIRL	TA5197	2934	16:10	Nva San Marcos 220, Chgte	Si	144.000		18,0												
14-jun.-22	Andrea Sagredo EIRL	GT8649	2950	12:45	Jaime Repullo S/N Thno	Si	60.000		13,0												
14-jun.-22	Andrea Sagredo EIRL	EU7228	2951	14:20	Jaime Repullo S/N Thno	Si	40.000		8,0												
17-jun.-22	Julio Vidal EIRL	ACF630	2964	16:25	Nva San Marcos 220, Chgte	Si	144.000		18,0												
22-jun.-22	Perifmet	RHFL31	2972	14:45	Szamac	-	-			3,0											
23-jun.-22	Andrea Sagredo EIRL	GT8649	2973	11:50	Jaime Repullo S/N Thno	Si	60.000		13,0												
Total mensual							632.000	0,0	88,0	3,0	2,0	2,0	4,0	0,0	0,0	0,0					

Anexo A12. Registro mensual de despacho de residuos desde obra, mes de julio de 2022.

aitue. CONSTRUCTORA											REGISTRO MENSUAL DE DESPACHO DE RESIDUOS DESDE OBRA							Referencia PR-SSOMA-XX			
											RG-SSOMA-xxx							Versión: 00			
Obra											EDIFICIO ESPACIO HUERTOS							Mes		Julio	
											m3 de despacho de carga por viaje										
Fecha	Transportista	Patente camión	N° de guía de despacho	Horario salida	Destino disposición final	Autorización sanitaria	Costo transporte NETO	Hierro (kilos)	Escombros y estériles	Madera	Papeles y cartones	Plásticos	Volcanita	Residuos peligrosos	Residuos domiciliarios	Otros					
1-jul.-22	Andrea Sagredo EIRL	EU7228	2980	10:45	Hidronor	Si	40.000				4,0	4,0									
1-jul.-22	Andrea Sagredo EIRL	EU7228	2982	14:30	Jaime Repullo S/N Thno	Si	40.000		8,0												
5-jul.-22	Andrea Sagredo EIRL	EU7228	2987	11:20	Jaime Repullo S/N Thno	Si	40.000		8,0												
5-jul.-22	Andrea Sagredo EIRL	EU7228	2988	14:00	Jaime Repullo S/N Thno	Si	40.000		8,0												
5-jul.-22	Andrea Sagredo EIRL	EU7228	2990	16:25	Jaime Repullo S/N Thno	Si	40.000		8,0												
6-jul.-22	Andrea Sagredo EIRL	EU7228	2991	10:45	Jaime Repullo S/N Thno	Si	40.000									8,0					
6-jul.-22	Andrea Sagredo EIRL	EU7228	2992	12:40	Jaime Repullo S/N Thno	Si	40.000		8,0												
12-jul.-22	Julio Vidal Alarcon	TA5197	3007	9:10	Calle nueva san marcos 220 Chgte	Si	144.000		18,0												
12-jul.-22	Julio Vidal Alarcon	DCF630	3008	12:40	Calle nueva san marcos 220 Chgte	Si	144.000		18,0												
12-jul.-22	Julio Vidal Alarcon	TA5197	3009	15:10	Calle nueva san marcos 220 Chgte	Si	144.000		18,0												
12-jul.-22	Julio Vidal Alarcon	DCF630	3010	15:30	Calle nueva san marcos 220 Chgte	Si	144.000		18,0												
12-jul.-22	Julio Vidal Alarcon	TA5197	3011	17:30	Calle nueva san marcos 220 Chgte	Si	144.000		18,0												
18-jul.-22	Julio Vidal Alarcon	DCF630	3018	15:10	Calle nueva san marcos 220 Chgte	Si	144.000		18,0												
19-jul.-22	Julio Vidal Alarcon	SY1063	3019	9:30	Calle nueva san marcos 220 Chgte	Si	40.000		9,0												
19-jul.-22	Julio Vidal Alarcon	SY1063	3026	15:30	Calle nueva san marcos 220 Chgte	Si	40.000		9,0												
20-jul.-22	Julio Vidal Alarcon	DCF630	3028	9:30	Calle nueva san marcos 220 Chgte	Si	144.000		18,0												
20-jul.-22	Julio Vidal Alarcon	SY1063	3029	13:00	Calle nueva san marcos 220 Chgte	Si	40.000		9,0												
22-jul.-22	Julio Vidal Alarcon	DCF630	3030	9:00	Calle nueva san marcos 220 Chgte	Si	144.000		18,0												
22-jul.-22	Julio Vidal Alarcon	DCF630	3033	11:30	Calle nueva san marcos 220 Chgte	Si	144.000		18,0												
25-jul.-22	Julio Vidal Alarcon	SY1063	3036	10:10	Calle nueva san marcos 220 Chgte	Si	40.000		9,0												
25-jul.-22	Maribel Martinez Arnestica	HCL525	3037	13:30		N/A		1.430,0													
25-jul.-22	Julio Vidal Alarcon	TA5197	3038	11:45	Calle nueva san marcos 220 Chgte	Si	144.000		18,0												
25-jul.-22	Julio Vidal Alarcon	DCF630	3040	12:50	Calle nueva san marcos 220 Chgte	Si	60.000		10,0							8,0					
25-jul.-22	Maribel Martinez Arnestica	HCL525	3041	13:30		N/A		940,0													
25-jul.-22	Julio Vidal Alarcon	DCF630	3042	15:20	Calle nueva san marcos 220 Chgte	Si	40.000		8,0							10,0					
25-jul.-22	Julio Vidal Alarcon	TA5197	3045	17:30	Calle nueva san marcos 220 Chgte	Si	40.000		8,0							10,0					
25-jul.-22	Julio Vidal Alarcon	DCF630	3046	18:30	Calle nueva san marcos 220 Chgte	Si	40.000		8,0							10,0					
26-jul.-22	Andrea Sagredo EIRL	EU7228	3047	10:30	Jaime Repullo S/N Thno	Si	40.000		8,0												
26-jul.-22	Andrea Sagredo EIRL	PX5843	3048	11:30	Jaime Repullo S/N Thno	Si	40.000		8,0							16,0					
26-jul.-22	Andrea Sagredo EIRL	EU7228	3049	12:12	Jaime Repullo S/N Thno	Si	40.000		8,0							8,0					
26-jul.-22	Andrea Sagredo EIRL	PX5843	3051	13:10	Jaime Repullo S/N Thno	Si	60.000		10,0							6,0					
29-jul.-22	Andrea Sagredo EIRL	EU7228	3053	16:00	Jaime Repullo S/N Thno	Si	40.000		8,0												
29-jul.-22	Andrea Sagredo EIRL	EU7228	3059	11:00	Jaime Repullo S/N Thno	Si	40.000		8,0												
Total mensual							2.160.000	2.370,0	324,0	0,0	4,0	4,0	0,0	0,0	0,0	76,0					

Anexo A19. Registro mensual de despacho de residuos desde obra, mes de febrero de 2023.

REGISTRO MENSUAL DE DESPACHO DE RESIDUOS DESDE OBRA													Referencia PR-SSOMA-XX					
aitue. CONSTRUCTORA													RG-SSOMA-xxx			Versión: 00		
Obra											Mes							
EDIFICIO ESPACIO HUERTOS											FEBRERO							
m3 de despacho de carga por viaje																		
Fecha	Transportista	Patente camión	Nº de guía de despacho	Horario salida	Destino disposición final	Autorización sanitaria	Costo transporte NETO	Hierro (kilos)	Escombros y estériles	Madera	Papeles y cartones	Plásticos	Volcanita	Residuos peligrosos	Residuos domiciliarios	Otros		
26-ene.-22	Julio Vidal EIRL	DCFG-30	3433	13:00	Botadero	SI	144.000		18,0									
26-ene.-22	Julio Vidal EIRL	DCFG-30	3434	14:00	Botadero	SI	144.000		18,0									
27-ene.-22	Julio Vidal EIRL	DCFG-30	3435	11:00	Botadero	SI	144.000		18,0									
27-ene.-22	Julio Vidal EIRL	DCFG-32	3436	12:00	Botadero	SI	144.000		18,0									
27-ene.-22	Julio Vidal EIRL	DCFG-30	3437	15:00	Botadero	SI	144.000		18,0									
31-ene.-23	Julio Vidal EIRL	DCFG-32	3438	10:30	Botadero	SI	144.000		18,0									
31-ene.-23	Julio Vidal EIRL	DCFG-32	3439	15:30	Botadero	SI	144.000		18,0									
6-feb.-23	Julio Vidal EIRL	DCFG-30	3466	15:30	Botadero	SI	144.000		18,0									
9-feb.-23	Julio Vidal EIRL	DCFG-30	3464	15:20	Botadero	SI	144.000		18,0									
10-feb.-23	Julio Vidal EIRL	DCFG-30	3465	9:40	Botadero	SI	144.000		18,0									
10-feb.-23	Julio Vidal EIRL	DCFG-32	3466	11:20	Botadero	SI	144.000		18,0									
10-feb.-23	Julio Vidal EIRL	DCFG-32	3467	12:50	Botadero	SI	144.000		18,0									
14-feb.-23	Julio Vidal EIRL	DCFG-30	3476	12:45	Botadero	SI	144.000		18,0									
17-feb.-23	Andrea Sagredo EIRL	GT-8649	3483	10:40	Botadero	SI	91.000		13,0									
17-feb.-23	Andrea Sagredo EIRL	GT-8649	3484	12:20	Botadero	SI	91.000		13,0									
17-feb.-23	Andrea Sagredo EIRL	EU-7228	3485	14:00	Botadero	SI	56.000		8,0									
17-feb.-23	Andrea Sagredo EIRL	GT-8649	3486	14:30	Botadero	SI	91.000		13,0									
20-feb.-23	Andrea Sagredo EIRL	EU-7228	3487	11:00	Botadero	SI	56.000		8,0									
20-feb.-23	Andrea Sagredo EIRL	GT-8649	3488	12:40	Botadero	SI	91.000		13,0									
20-feb.-23	Andrea Sagredo EIRL	GT-8649	3489	15:50	Botadero	SI	91.000		13,0									
21-feb.-23	Andrea Sagredo EIRL	EU-7228	3492	10:50	Botadero	SI	56.000		8,0									
21-feb.-23	Andrea Sagredo EIRL	EU-7228	3493	12:20	Botadero	SI	56.000		8,0									
21-feb.-23	Andrea Sagredo EIRL	EU-7228	3494	14:25	Botadero	SI	56.000		8,0									
21-feb.-23	Andrea Sagredo EIRL	EU-7228	3497	15:55	Botadero	SI	56.000		8,0									
Total mensual							2.663.000	0,0	347,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		

Anexo A20. Registro mensual de despacho de residuos desde obra, mes de marzo de 2023.

REGISTRO MENSUAL DE DESPACHO DE RESIDUOS DESDE OBRA													Referencia PR-SSOMA-XX					
aitue. CONSTRUCTORA													RG-SSOMA-xxx			Versión: 00		
Obra											Mes							
EDIFICIO ESPACIO HUERTOS											MARZO							
m3 de despacho de carga por viaje																		
Fecha	Transportista	Patente camión	Nº de guía de despacho	Horario salida	Destino disposición final	Autorización sanitaria	Costo transporte NETO	Hierro (kilos)	Escombros y estériles	Madera	Papeles y cartones	Plásticos	Volcanita	Residuos peligrosos	Residuos domiciliarios	Otros		
1-mar.-23	Andrea Sagredo EIRL	GT-8649	3509	15:15	Botadero	SI	91.000		13,0									
1-mar.-23	Andrea Sagredo EIRL	EU-7228	3512	16:50	Botadero	SI	56.000		8,0									
3-mar.-23	Andrea Sagredo EIRL	GT-8649	3514	10:50	Botadero	SI	91.000		13,0									
3-mar.-23	Andrea Sagredo EIRL	GT-8649	3516	13:10	Botadero	SI	91.000		13,0									
6-mar.-23	Andrea Sagredo EIRL	EU-7228	3519	10:35	Botadero	SI	56.000		8,0									
7-mar.-23	Andrea Sagredo EIRL	GT-8649	3522	10:30	Botadero	SI	91.000		13,0									
7-mar.-23	Andrea Sagredo EIRL	EU-7228	3524	12:10	Botadero	SI	56.000		8,0									
8-mar.-23	Andrea Sagredo EIRL	GT-8649	3528	12:30	Botadero	SI	91.000		13,0									
8-mar.-23	Andrea Sagredo EIRL	EU-7228	3529	14:50	Botadero	SI	56.000		8,0									
16-mar.-23	Andrea Sagredo EIRL	EU-7228	3536	11:20	Botadero	SI	56.000		8,0									
16-mar.-23	Andrea Sagredo EIRL	EU-7229	3537	13:40	Botadero	SI	56.000		8,0									
16-mar.-23	Andrea Sagredo EIRL	EU-7229	3538	10:20	Botadero	SI	56.000		8,0									
16-mar.-23	Andrea Sagredo EIRL	EU-7229	3539	12:40	Botadero	SI	56.000		8,0									
16-mar.-23	Andrea Sagredo EIRL	PY-4046	3540	16:50	Botadero	SI	112.000		16,0									
16-mar.-23	Andrea Sagredo EIRL	GT-8649	3541	10:40	Botadero	SI	91.000		13,0									
16-mar.-23	Andrea Sagredo EIRL	GT-8649	3542	12:40	Botadero	SI	91.000		13,0									
16-mar.-23	Andrea Sagredo EIRL	EU-7229	3543	15:40	Botadero	SI	56.000		8,0									
18-mar.-23	Andrea Sagredo EIRL	EU-7229	3551	10:55	Botadero	SI	56.000		8,0									
18-mar.-23	Andrea Sagredo EIRL	PX-5843	3554	12:40	Botadero	SI	112.000		16,0									
Total mensual							1.421.000	0,0	203,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		

Anexo A21. Registro mensual de despacho de residuos desde obra, mes de abril de 2023.

REGISTRO MENSUAL DE DESPACHO DE RESIDUOS DESDE OBRA													Referencia PR-SSOMA-XX					
aitue. CONSTRUCTORA													RG-SSOMA-xxx			Versión: 00		
Obra											Mes							
EDIFICIO ESPACIO HUERTOS											ABRIL							
m3 de despacho de carga por viaje																		
Fecha	Transportista	Patente camión	Nº de guía de despacho	Horario salida	Destino disposición final	Autorización sanitaria	Costo transporte NETO	Hierro (kilos)	Escombros y estériles	Madera	Papeles y cartones	Plásticos	Volcanita	Residuos peligrosos	Residuos domiciliarios	Otros		
29-mar.-23	Andrea Sagredo EIRL	EU-7228	3571	11:30	Botadero	SI	64.000		8,0									
29-mar.-23	Andrea Sagredo EIRL	PY-4046	3576	13:50	Botadero	SI	128.000		16,0									
29-mar.-23	Andrea Sagredo EIRL	EU-7228	3577	15:40	Hidronor	SI	60.000				2,0	2,0	4,0					
1-abr.-23	Andrea Sagredo EIRL	EU-7228	3582	10:40	Botadero	SI	64.000		8,0									
6-abr.-23	Julio Vidal EIRL	DCFG-32	3592	10:15	Botadero	SI	144.000		18,0									
6-abr.-23	Julio Vidal EIRL	DCFG-30	3593	10:30	Botadero	SI	144.000		18,0									
11-abr.-23	Andrea Sagredo EIRL	EU-7228	3604	10:40	Botadero	SI	64.000		8,0									
11-abr.-23	Julio Vidal EIRL	DCFG-32	3605	13:00	Botadero	SI	144.000		18,0									
11-abr.-23	Julio Vidal EIRL	DCFG-32	3606	16:45	Botadero	SI	140.000			18,0								
11-abr.-23	Julio Vidal EIRL	DCFG-30	3608	17:30	Botadero	SI	144.000			18,0								
17-abr.-23	Julio Vidal EIRL	DCFG-32	3626	11:45	Botadero	SI	144.000		18,0									
18-abr.-23	Julio Vidal EIRL	DCFG-32	3629	12:15	Botadero	SI	144.000		18,0									
18-abr.-23	Julio Vidal EIRL	TA-5197	3630	13:00	Botadero	SI	144.000		18,0									
21-abr.-23	Julio Vidal EIRL	DCFG-32	3637	11:30	Botadero	SI	144.000		18,0									
21-abr.-23	Julio Vidal EIRL	DCFG-30	3638	14:30	Botadero	SI	144.000			18,0								
Total mensual							1.816.000	0,0	166,0	54,0	2,0	2,0	4,0	0,0	0,0	0,0		

ANEXOS B. TABLAS. DETALLE PORCENTUAL DE ITERACIONES AL COSTO POR DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS EN EL EDIFICIO ESPACIO HUERTOS.

Anexo B1. Detalle porcentual de despacho de residuos según Registro de Despacho de Residuos del Edificio Espacio Huertos (situación real, sin implementación de propuesta de mejora). Fuente: elaboración propia.

MES	Escombros y estériles (m3)	Madera (m3)	Papeles y Cartones (m3)	Plásticos (m3)	Volcanita (m3)	Otros (m3)
ago-21	100%	0%	0%	0%	0%	0%
sept-21	100%	0%	0%	0%	0%	0%
oct-21	100%	0%	0%	0%	0%	0%
nov-21	32%	0%	0%	0%	0%	68%
dic-21	36%	8%	1%	1%	0%	54%
ene-22	29%	8%	0%	0%	0%	63%
feb-22	100%	0%	0%	0%	0%	0%
mar-22	68%	26%	3%	3%	0%	0%
abr-22	100%	0%	0%	0%	0%	0%
may-22	62%	7%	14%	12%	6%	0%
jun-22	89%	3%	2%	2%	4%	0%
jul-22	79%	0%	1%	1%	0%	19%
ago-22	86%	14%	0%	0%	0%	0%
sept-22	100%	0%	0%	0%	0%	0%
oct-22	93%	7%	0%	0%	0%	0%
nov-22	93%	7%	0%	0%	0%	0%
dic-22	85%	15%	0%	0%	0%	0%
ene-23	75%	25%	0%	0%	0%	0%
feb-23	100%	0%	0%	0%	0%	0%
mar-23	100%	0%	0%	0%	0%	0%
abr-23	73%	24%	1%	1%	2%	0%
may-23	100%	0%	0%	0%	0%	0%
jun-23	100%	0%	0%	0%	0%	0%
jul-23	100%	0%	0%	0%	0%	0%
ago-23	100%	0%	0%	0%	0%	0%

Anexo B2. Detalle porcentual de iteración realizada para los Costos Disposición Final con Reclasificación de un 18% de Escombros y Estériles en Madera, Papeles y Cartones, Plásticos y Volcanita en el Edificio Espacio Huertos. Fuente: Elaboración propia.

MES	Escombros y estériles (m3)	Madera (m3)	Papeles y Cartones (m3)	Plásticos (m3)	Volcanita (m3)	Otros (m3)	Total
ago-21	82%	5%	5%	5%	5%		100%
sept-21	82%	5%	5%	5%	5%		100%
oct-21	82%	5%	5%	5%	5%		100%
nov-21	26%	1%	1%	1%	1%	68%	100%
dic-21	29%	4%	4%	4%	4%	54%	100%
ene-22	24%	3%	3%	3%	3%	63%	100%
feb-22	82%	5%	5%	5%	5%		100%
mar-22	56%	11%	11%	11%	11%		100%
abr-22	82%	5%	5%	5%	5%		100%
may-22	51%	12%	12%	12%	12%		100%
jun-22	73%	7%	7%	7%	7%		100%
jul-22	65%	4%	4%	4%	4%	19%	100%
ago-22	71%	7%	7%	7%	7%		100%
sept-22	82%	5%	5%	5%	5%		100%
oct-22	76%	6%	6%	6%	6%		100%
nov-22	76%	6%	6%	6%	6%		100%
dic-22	69%	8%	8%	8%	8%		100%
ene-23	62%	10%	10%	10%	10%		100%
feb-23	82%	5%	5%	5%	5%		100%
mar-23	82%	5%	5%	5%	5%		100%
abr-23	60%	10%	10%	10%	10%		100%
may-23	82%	5%	5%	5%	5%		100%
jun-23	82%	5%	5%	5%	5%		100%
jul-23	82%	5%	5%	5%	5%		100%
ago-23	82%	5%	5%	5%	5%		100%

Anexo B3. Detalle porcentual de iteración realizada para los Costos Disposición Final con Reclasificación de 32% de Escombros y Estériles en Madera, Papeles y Cartones, Plásticos y Volcanita en el Edificio Espacio Huertos. Fuente: Elaboración propia.

MES	Escombros y estériles (m3)	Madera (m3)	Papeles y Cartones (m3)	Plásticos (m3)	Volcanita (m3)	Otros (m3)	Total
ago-21	68%	8%	8%	8%	8%		100%
sept-21	68%	8%	8%	8%	8%		100%
oct-21	68%	8%	8%	8%	8%		100%
nov-21	22%	3%	3%	3%	3%	68%	100%
dic-21	24%	5%	5%	5%	5%	54%	100%
ene-22	20%	4%	4%	4%	4%	63%	100%
feb-22	68%	8%	8%	8%	8%		100%
mar-22	46%	13%	13%	13%	13%		100%
abr-22	68%	8%	8%	8%	8%		100%
may-22	42%	15%	15%	15%	15%		100%
jun-22	60%	10%	10%	10%	10%		100%
jul-22	54%	7%	7%	7%	7%	19%	100%
ago-22	59%	10%	10%	10%	10%		100%
sept-22	68%	8%	8%	8%	8%		100%
oct-22	63%	9%	9%	9%	9%		100%
nov-22	63%	9%	9%	9%	9%		100%
dic-22	58%	11%	11%	11%	11%		100%
ene-23	51%	12%	12%	12%	12%		100%
feb-23	68%	8%	8%	8%	8%		100%
mar-23	68%	8%	8%	8%	8%		100%
abr-23	50%	13%	13%	13%	13%		100%
may-23	68%	8%	8%	8%	8%		100%
jun-23	68%	8%	8%	8%	8%		100%
jul-23	68%	8%	8%	8%	8%		100%
ago-23	68%	8%	8%	8%	8%		100%

Anexo B4. Detalle porcentual de iteración realizada para los Costos Disposición Final en el Edificio Espacio Huertos con Reclasificación de 20% de Escombros y Estériles en Madera, Papeles y Cartones, Plásticos y Volcanita; Valorización de Madera, Papeles y Cartones y Volcanita; y Ahorro en Costos de Transporte de Madera, Papeles y Cartones y Volcanita. Fuente: Elaboración propia.

MES	Escombros y estériles (m3)	Madera (m3)	Papeles y Cartones (m3)	Plásticos (m3)	Volcanita (m3)	Otros (m3)	Total
ago-21	80%	5%	5%	5%	5%		100%
sept-21	80%	5%	5%	5%	5%		100%
oct-21	80%	5%	5%	5%	5%		100%
nov-21	26%	2%	2%	2%	2%	68%	100%
dic-21	28%	4%	4%	4%	4%	54%	100%
ene-22	23%	3%	3%	3%	3%	63%	100%
feb-22	80%	5%	5%	5%	5%		100%
mar-22	55%	11%	11%	11%	11%		100%
abr-22	80%	5%	5%	5%	5%		100%
may-22	49%	13%	13%	13%	13%		100%
jun-22	71%	7%	7%	7%	7%		100%
jul-22	64%	4%	4%	4%	4%	19%	100%
ago-22	69%	8%	8%	8%	8%		100%
sept-22	80%	5%	5%	5%	5%		100%
oct-22	75%	6%	6%	6%	6%		100%
nov-22	74%	6%	6%	6%	6%		100%
dic-22	68%	8%	8%	8%	8%		100%
ene-23	60%	10%	10%	10%	10%		100%
feb-23	80%	5%	5%	5%	5%		100%
mar-23	80%	5%	5%	5%	5%		100%
abr-23	58%	10%	10%	10%	10%		100%
may-23	80%	5%	5%	5%	5%		100%
jun-23	80%	5%	5%	5%	5%		100%
jul-23	80%	5%	5%	5%	5%		100%
ago-23	80%	5%	5%	5%	5%		100%