



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Estudios de Postgrado
Maestría en Artes en Gestión Industrial

**GESTIÓN INTEGRAL DEL MANEJO DE DESECHOS DE MATERIALES DE
CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN PARA LA REDUCCIÓN DE COSTOS; EN UNA
EDIFICACIÓN UBICADA EN EL DEPARTAMENTO DE SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA**

Ing. Javier Anibal Segura Alfaro

Asesorado por el MBA. Ing. Luis Rodolfo Rosales Guzmán

Guatemala, febrero de 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**GESTIÓN INTEGRAL DEL MANEJO DE DESECHOS DE MATERIALES DE
CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN PARA LA REDUCCIÓN DE COSTOS; EN UNA
EDIFICACIÓN UBICADA EN EL DEPARTAMENTO DE SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

ING. JAVIER ANIBAL SEGURA ALFARO

ASESORADO POR EL MBA. ING. LUIS RODOLFO ROSALES GUZMÁN

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

MAESTRO EN ARTES EN GESTIÓN INDUSTRIAL

GUATEMALA, FEBRERO DE 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Kevin Armando Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN DE DEFENSA DE TESIS

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Mtro. Ing. Edgar Álvarez Cotí
EXAMINADOR	Mtro. Ing. Carlos Humberto Aroche Sandoval
EXAMINADORA	Dra. Aura Marina Rodríguez Pérez
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**GESTIÓN INTEGRAL DEL MANEJO DE DESECHOS DE MATERIALES DE
CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN PARA LA REDUCCIÓN DE COSTOS; EN UNA
EDIFICACIÓN UBICADA EN EL DEPARTAMENTO DE SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Estudios de Postgrado con fecha 20 de mayo de 2020.

Ing. Javier Anibal Segura Alfaro

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Estudios de Posgrado, al Trabajo de Graduación titulado: **GESTIÓN INTEGRAL DEL MANEJO DE DESECHOS DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN PARA LA REDUCCIÓN DE COSTOS; EN UNA EDIFICACIÓN UBICADA EN EL DEPARTAMENTO DE SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA**, presentado por: **Javier Anibal Segura Alfaro** , que pertenece al programa de Maestría en artes en Gestión industrial después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



ingra. Aurelia Anabela Cordova Estrada

Decana

Guatemala, febrero de 2022

AACE/gaoc



Guatemala, febrero de 2022

LNG.EEP.OI.106.2022

En mi calidad de Director de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del asesor, verificar la aprobación del Coordinador de Maestría y la aprobación del Área de Lingüística al trabajo de graduación titulado:

“GESTIÓN INTEGRAL DEL MANEJO DE DESECHOS DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN PARA LA REDUCCIÓN DE COSTOS; EN UNA EDIFICACIÓN UBICADA EN EL DEPARTAMENTO DE SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA”

presentado por **Javier Anibal Segura Alfaro** correspondiente al programa de **Maestría en artes en Gestión industrial** ; apruebo y autorizo el mismo.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”

Mtro. Ing. Edgar Darío Álvarez Cotí
Director



**Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería**

Guatemala, 13 de enero de 2021

Maestro
Edgar Darío Álvarez Cotí
Director
Escuela de Estudios de Postgrado
Presente.

Estimado Mtro. Álvarez:

Por este medio le informo que he revisado y aprobado **el informe final** del trabajo de graduación titulado: **“GESTIÓN INTEGRAL DEL MANEJO DE DESECHOS DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN PARA LA REDUCCIÓN DE COSTOS; EN UNA EDIFICACIÓN UBICADA EN EL DEPARTAMENTO DE SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA”** Del estudiante Javier Anibal Segura Alfaro, del programa de Maestría en **Artes en Gestión Industrial**.

Con base en la evaluación realizada hago constar la originalidad, calidad, validez, pertinencia y coherencia según lo establecido en el *Normativo de Tesis y Trabajos de Graduación aprobados por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería Punto Sexto inciso 6.10 del Acta 04-2014 de sesión celebrada el 04 de febrero de 2014*. Cumpliendo tanto en su estructura como en su contenido, por lo cual el protocolo evaluado cuenta con mi aprobación.

“Id y Enseñad a Todos”



M.A. Carlos Humberto Aroche Sandoval
Coordinador de Gestión Industrial
Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería

Guatemala, 31 de octubre de 2020.

M.A. Ing. Edgar Darío Álvarez Cotí

Director

Escuela de Estudios de Postgrado

Presente

Estimado M.A. Ing. Álvarez Cotí

Por este medio informo a usted, que he revisado y aprobado el Trabajo de Graduación: **“GESTIÓN INTEGRAL DEL MANEJO DE DESECHOS DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN PARA LA REDUCCIÓN DE COSTOS; DE UNA EDIFICACIÓN UBICADA EN EL DEPARTAMENTO DE SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA”** del estudiante **Javier Anibal Segura Alfaro** del programa de Maestría en **Gestión Industrial**, identificado con número de carné: **999002065**.

Agradeciendo su atención y deseándole éxitos en sus actividades profesionales me suscribo.



MBA Ing. Luis Rodolfo Rosales Guzmán
Colegiado No. 9184

LUIS ROSALES
INGENIERO CIVIL
COLEGIADO No. 9184

ACTO QUE DEDICO A:

Dios

Mi creador y sustentador, fuente de sabiduría e inteligencia durante toda mi carrera y vida.

Mis padres

Francisco Segura y Yolanda Alfaro de Segura, por su amor y apoyo en este tiempo, los amo.

Mi hermana

Nancy Segura, por siempre apoyarme y amarme, te amo.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por darme la oportunidad de formar parte de esta casa de estudios.
Facultad de Ingeniería	Por toda la formación profesional dada durante estos años de estudio.
Luis Rosales	Por su amistad y compañerismo en diferentes etapas de la carrera y de la vida.
Mis compañeros	Por su apoyo y compañerismo en esta etapa.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN	XI
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y FORMULACIÓN DE PREGUNTAS ORIENTADORAS	XIII
OBJETIVOS.....	XVII
RESUMEN DE MARCO METODOLÓGICO	XIX
INTRODUCCIÓN	XXV
1. MARCO TEÓRICO	1
1.1. Definición de los desechos de materiales de construcción y demolición	1
1.1.1. Clasificación	1
1.1.1.1. Por su origen	2
1.1.1.2. Por su naturaleza	2
1.2. Antecedentes del manejo de los desechos de materiales de construcción y demolición	3
1.3. Importancia del manejo de los desechos de materiales de construcción y demolición	5
1.3.1. Importancia de reutilizar, reciclar y reducir	5
1.4. Manejo de los desechos de materiales de construcción y demolición	6
1.4.1. Generación	7
1.4.2. Almacenamiento	7

1.4.3.	Caracterización	8
1.4.4.	Transporte	8
1.4.5.	Tratamiento	9
1.4.6.	Disposición final de los desechos de materiales de construcción y demolición	9
1.5.	Leyes o reglamentos sobre el manejo de los desechos de materiales de construcción y demolición en Guatemala	10
1.6.	Gestión integral de los desechos de materiales de construcción y demolición	12
1.6.1.	Gestión integral de los desechos de materiales de construcción en la industria de la construcción	12
1.6.2.	Gestión integral de los desechos de materiales de construcción en la gestión ambiental	13
1.6.2.1.	Gestión integral de los desechos de materiales de construcción en la gestión ambiental	14
1.6.3.	Gestión integral de los desechos de materiales de construcción en edificaciones	16
1.7.	Fines de la gestión integral de desechos de materiales de construcción y demolición	16
1.8.	Valorización para la reducción de costos	17
1.9.	Buenas prácticas de manejo	18
2.	DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN	21
3.	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	23
3.1.	Determinar las características que tienen los desechos de materiales de construcción y demolición generados en la	

edificación que permita clasificar, calcular sus volúmenes y propiedades físicas	23
3.1.1. Porcentajes de conocimiento del manejo de los desechos de materiales de construcción en obra ..	24
3.1.2. Diagrama de causa y efecto (Ishikawa) a cerca del manejo de desechos de materiales de construcción	26
3.1.3. Clasificación de los desechos de materiales de construcción y demolición	27
3.2. Analizar la valorización económica o medio ambiental que se les debe dar a los desechos de materiales de construcción y demolición	28
3.2.1. Caracterización de los desechos de construcción y demolición	28
3.3. Proponer la gestión integral de manejo de los desechos de materiales de construcción y demolición en cuanto a su tratamiento y disposición final	31
3.4. Diseñar la gestión integral para el manejo de desechos de materiales de construcción y demolición para la reducción de costos, en una edificación ubicada en el departamento de Sacatepéquez, Guatemala	33
3.4.1. Diseñar la gestión integral para el manejo de desechos de materiales de construcción y demolición para la reducción de costos, en una edificación ubicada en el departamento de Sacatepéquez, Guatemala	42
3.4.2. Separación de los desechos en la obra en construcción.....	43
3.4.3. Almacenamiento y transporte	44
3.4.4. Reutilizar, reciclar y reducir	45

3.4.5.	Disposición final.....	45
3.4.6.	Operaciones en obra para el buen manejo de los desechos de materiales de construcción y demolición	46
3.4.7.	Seguimiento y evaluación de la propuesta de gestión integral de los desechos de materiales de construcción y demolición	46
3.4.7.1.	Indicador de Factor de Generación (FG)	47
3.4.7.2.	Indicador de Valorización (IV).....	49
3.4.7.3.	Indicador de Eficiencia (IF)	51
4.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	53
	CONCLUSIONES.....	57
	RECOMENDACIONES	59
	REFERENCIAS	61
	APÉNDICES.....	67
	ANEXOS.....	71

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1. Diagrama de causa y efecto acerca del manejo de los desechos de materiales de construcción..... 26
2. Preguntas para la toma de decisión de alternativas de manejo 31
3. Diagrama del proceso del manejo de los desechos de materiales de construcción y demolición 38

TABLAS

- I. Operativización de variablesXXI
- II. Legislación y normativa en Guatemala acerca del manejo de los desechos sólidos..... 11
- III. Cantidades de desechos de materiales en la edificación..... 29
- IV. Valor económico y medio ambiental de los desechos de materiales de construcción generados 32
- V. FODA del manejo de desechos de construcción en la empresa 34
- VI. Matriz de rol y responsabilidades del talento humano 36
- VII. Datos para realizar los cálculos de recolección 39
- VIII. Número de contenedores..... 40
- IX. Tiempo necesario para realizar la recolección 40
- X. Número de viajes por semana 41

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
DSC	Desechos de construcción y demolición
kg	Kilogramo
N/m	Newton metro
d	Nivel de precisión absoluta
Nd	Número de viajes por semana
kg/m³	Peso específico
%	Porcentaje
2	Potencia al cuadrado
3	Potencia al cubo
Q	Quetzales
n	Tamaño de la muestra
N	Tamaño de la población
Ld	Tiempo de descarga del contenedor
TTsc	Tiempo de toma del contenedor para subirlo al picop
Tr	Tiempo de transporte por viaje, ida y vuelta
Tsct	Tiempo por viaje de cada contenedor
Z	Valor de nivel de confianza
S²	Varianza de la población

GLOSARIO

Almacenamiento	Se refiere a la colocación de DSC en recipientes colectores apropiados, fáciles de maniobrar y que no produzcan daño a las personas que los recolectan al moverlos.
Costos	Es el gasto económico para la realización de una obra de construcción.
Desechos sólidos de construcción	Es todo desecho procedente de la construcción o demolición de edificios e infraestructura.
Disposición final	Es la descripción de la localización de las instalaciones de disposición, la más común es el relleno sanitario.
DSC	Desechos de construcción y demolición.
Generación	Cualquier persona u organización cuya acción cause la transformación de un material en un desecho.
Gestión integral	Conjunto de operaciones y procesos encaminados a la reducción de la generación, segregación en la fuente y todas las etapas de la gestión de los desechos, hasta su disposición final.

Manejo de los DSC	Es el conjunto de operaciones en cuanto a la recolección, almacenamiento, transferencia y transporte, tratamiento y disposición de los DSC.
Reciclaje	Es un proceso mediante el cual ciertos materiales de los desechos sólidos se separan, recogen, clasifican y almacenan para reincorporarlos como materia prima al ciclo productivo.
Recolección	Es la toma o recogida de los desechos sólidos en el lugar donde se originan, se incluye el transporte por medio de algún vehículo al lugar de descarga, esta se considera una operación de recolección.
Reducir	Consiste en disminuir la producción de desechos.
Reutilizar	Es el retorno de un bien o producto a la corriente económica para ser utilizado como antes, sin cambio alguno en su forma o naturaleza, por ejemplo: las botellas de vidrio.
Tratamiento	Es la modificación de las características físicas, químicas o biológicas de los desechos sólidos, con el objeto de reducir su nocividad, controlar su agresividad ambiental y facilitar su gestión.
Valorización	Dar valor a los desechos de la construcción es aprovechar las materias, subproductos y sustancias que contienen

RESUMEN

Los desechos de construcción y demolición son todos aquellos que se producen por la actividad de la construcción o demolición; de infraestructura de obra civil, edificios o extracción de materia prima. En el presente estudio estos desechos, pierden la posibilidad de reinsertarlos adecuadamente, al flujo económico de la empresa, del país o al medio ambiente.

El objetivo de este trabajo es, diseñar la gestión integral del manejo de estos desechos, para la reducción de costos. Para lograrlo se determinó sus características, permitiendo clasificarlos, calcular sus volúmenes y propiedades físicas. Una vez caracterizados, se analizó la valorización económica y medio ambiental, en cuanto a su reciclaje, reutilización o disposición final adecuada.

Con base en los resultados obtenidos y herramientas de calidad, se hizo la propuesta de proceso de manejo, los índices de generación, valorización y eficiencia calculados, evidencia el potencial de aprovechamiento para obtener productos renovables y que es posible, que el material reciclado o reutilizado pueda reincorporarse al flujo económico de la empresa o del país y al medio ambiente.

El resultado más significativo, es tener la caracterización de estos desechos; como base para su valorización económica y medio ambiental y como parte de la responsabilidad social empresarial de la empresa, esta debe formar alianzas con empresas que ofrecen soluciones de valorización a sus desechos, permitiendo así, resolver de forma simple y rápida el tratamiento y disposición final de estos desechos, de forma controlada.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y FORMULACIÓN DE PREGUNTAS ORIENTADORAS

- Planteamiento del problema

Los Desechos de Construcción y Demolición (DSC) generados pierden la posibilidad de reinsertarlos adecuadamente al flujo económico de la empresa o del país y al medio ambiente.

- Descripción del problema

La empresa construye viviendas y hace remodelaciones residenciales y comerciales, esto según la gerencia administrativa. Los desechos sólidos de construcción y demolición generados pierden la posibilidad de reinsertarlos al flujo económico de la empresa o del país; estos desechos se estiman en el presupuesto general para construir la edificación; su tratamiento y disposición final dejan una huella ecológica en el medio ambiente, al no haber lugares autorizados para este fin, ya que las municipalidades no permiten el depósito de estos desechos.

Los factores de desperdicio se toman en cuenta dentro del presupuesto de un proyecto; sin embargo, no se cuenta con datos de valorización y cantidades al final del período de construcción. Se desconoce qué porcentaje económico se puede recuperar en el costo final de un proyecto para la reducción de costos. Por otro lado, el manejo de los desechos de construcción y demolición implica costos variados en el traslado para su disposición final, dependiendo de los lugares en donde puedan recibirlos.

En cuanto a la generación de los desechos de construcción y su impacto al medio ambiente, el almacenamiento de estos desechos dentro del proyecto se hace sin una logística definida, ni un lugar con características especiales. Se desconoce la huella ecológica que desde el proyecto se empieza a generar hasta su disposición final. Se pierde, entonces, la posibilidad de reinsertarlos adecuadamente al medio ambiente.

- Formulación del problema

Las preguntas para resolver el problema se dividen en pregunta central y preguntas de investigación las cuales se mencionan a continuación.

- Pregunta central

¿Cuál debe ser la gestión integral de manejo de desechos de materiales de construcción y demolición para la reducción de costos, en una edificación ubicada en el departamento de Sacatepéquez, Guatemala?

- Preguntas de investigación

- ¿Cuáles son las características de los desechos de materiales de construcción y demolición generados en la edificación que permita clasificar, calcular sus volúmenes y propiedades?
- ¿Cuál es la valorización económica o medio ambiental que se le debe dar a los desechos de materiales de construcción y demolición?

- ¿Cuál debe ser la gestión integral del manejo de los desechos de materiales de construcción y demolición en cuanto a su tratamiento y disposición final?

OBJETIVOS

General

Diseñar la gestión integral para el manejo de desechos de materiales de construcción y demolición para la reducción de costos, en una edificación ubicada en el departamento de Sacatepéquez, Guatemala.

Específicos

- Determinar las características de los desechos de materiales de construcción y demolición generados en la edificación que permita clasificar, calcular sus volúmenes y propiedades físicas.
- Analizar la valorización económica o medio ambiental que se les debe dar a los desechos de materiales de construcción y demolición.
- Proponer la gestión integral del manejo de los desechos de materiales de construcción y demolición en cuanto a su tratamiento y disposición final.

RESUMEN DE MARCO METODOLÓGICO

- Enfoque

El enfoque es mixto por las siguientes razones:

- Cuantitativo: porque se hizo una caracterización para conocer las cantidades y volúmenes de los DSC.
- Cualitativo: porque se documentó cuando se investigó los antecedentes del problema y el marco teórico relacionado.

- Diseño

Es no experimental ya que se basa en la observación de fenómenos tal y como se dan en su contexto natural para analizarlos con posterioridad. Para llevar a cabo la recopilación de información, se realizó las siguientes técnicas:

- Observación: se procedió a hacer visitas a la obra en construcción para conocer el proceso de construcción de la edificación.
- Entrevistas: se hizo entrevistas al personal en obra acerca del manejo de los desechos de materiales de construcción que hacen.
- Registros: se elaboró un programa de caracterización de los desechos sólidos de construcción y demolición, clasificación, cálculo de volúmenes, cantidades y propiedades físicas.

- Tipo de estudio

Transversal porque el estudio de investigación está delimitado en tiempo, existe una fecha de inicio y fin del proyecto. Descriptivo porque se cuenta con cantidades de desechos de construcción y demolición indispensables para analizar de forma adecuada la recolección, el almacenamiento, la caracterización, el transporte, el tratamiento y la disposición final.

- Alcance

Se obtuvo información descriptiva para determinar las cantidades y los volúmenes de los desechos de materiales de construcción y demolición de una edificación. También, se identificaron los procesos y las operaciones de su manejo. Al tener esta información se diseñó una propuesta de gestión integral de estos desechos para reinsertarlos al flujo económico de la empresa, al medio ambiente o reducir costos.

- Variables e indicadores

Las variables se dividen en variables dependientes y variables independientes, los indicadores y variables se describen a continuación.

- Variables independientes

Como variable independiente están los desechos de construcción y demolición generados en el lugar en donde se desarrolló la edificación, con los cuales se hizo una caracterización para conocer sus cantidades, volúmenes y propiedades físicas.

- Variables dependientes

Como variable dependiente está todo el manejo de los desechos de construcción y demolición, una vez se realizó su caracterización, para darles una valorización, un tratamiento y disposición final adecuados.

- Operativización de variables

Se presenta la tabla de operativización de variables. El estudio se hizo en una edificación residencial de 120 m² de construcción y para verificar el tamaño de la muestra de materiales de construcción, se utilizó ecuaciones para muestras finitas.

Tabla I. **Operativización de variables**

Variable	Tipo	Indicadores	Técnica
Diagnóstico de las características de los desechos de construcción y demolición	Independiente	"%DSC= porcentaje de desechos sólidos de construcción. CtM= cantidad total de materiales de construcción. CTDSC= cantidad total de desechos de construcción y demolición % DSC = (CTDSC/CTMC) *100 Pn=Número de pregunta R1= respuesta uno R2= respuesta dos Pn=R1/R2*100"	Cuantificación
Análisis económico y medio ambiental de los desechos de construcción y demolición	Dependiente	%VDSC= (VMDSC*100) /VMC %VDSC= Porcentaje del Valor de los DSC VMC= valor del material de construcción VMDSC= valor del material de desechos de construcción	Cuantificación

Continuación de la tabla I.

Propuesta de la gestión integral de los desechos de construcción y demolición	Dependiente	Nc= número de contenedores para los DSC Vv=volumen de capacidad del vehículo Vc= volumen del contenedor TSC=tiempo por viaje TTsc=tiempo de toma de contenedor para subirlo al transporte.	Cálculo a través de ecuaciones
Propuesta de la gestión integral de los desechos de construcción y demolición	Dependiente	Nc= número de contenedores para los DSC Vv=volumen de capacidad del vehículo Vc= volumen del contenedor TSC=tiempo por viaje TTsc=tiempo de toma de contenedor para subirlo al transporte.	Cálculo a través de ecuaciones

Fuente: elaboración propia.

- Fases de la investigación

El proceso para cumplir con los objetivos de la investigación se llevó a cabo de la siguiente forma:

- Fase 1: Revisión documental del manejo de los desechos de construcción y demolición.

Búsqueda de material bibliográfico acerca de la gestión integral del manejo de los desechos sólidos de construcción y demolición, en bibliotecas, sitios web académicos, revistas académicas, tesis, libros. Revisión del diseño de la edificación. Se hizo una encuesta al personal administrativo y en obra acerca del conocimiento del manejo de los desechos de construcción y demolición en la edificación en el primer mes de inicio de los trabajos.

- Fase 2: Determinación de características de los desechos de construcción y demolición

Se hizo visitas de campo una vez por semana en las fases de limpieza y estabilización del suelo, cimentación, levantamiento de muros, fundición de losas, acabados de obra gris en muros y losas, acabados en madera, colocación de puertas y ventanas, instalación de plomería y drenajes, pintura y acabados especiales en la edificación; para hacer una caracterización de los desechos de los materiales de construcción y demolición y así conocer las cantidades, volúmenes y propiedades de los desechos.

- Fase 3: Análisis de valoración de los desechos de construcción y demolición

Se identificó la valoración para la empresa y para el medio ambiente de los desechos de materiales de construcción y demolición, en las diferentes fases del proyecto con base en la caracterización de los desechos generados, mediante el análisis de los resultados, diagramas para la toma de decisión de su valor económico y ambiental.

- Fase 4: Propuesta de gestión integral de los desechos de construcción y demolición

Con la caracterización de los desechos y su valorización, se hizo una propuesta de gestión integral de manejo de desechos de materiales de construcción y demolición generados en una edificación con la posibilidad de reinsertarlos adecuadamente al flujo económico de la empresa, del país o al medio ambiente, al darles un tratamiento y una disposición final adecuada.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación consiste en una propuesta de diseño de gestión integral, del manejo de desechos de materiales de construcción y demolición; para la reducción de costos, en una edificación. En la construcción de una obra, se generan desechos en sus diferentes etapas, en la cimentación, levantado de muros, fundición de losas, entre otros. Generar valor económico y ambiental, es importante; contribuye a beneficiar la salud humana y el medio ambiente.

Las etapas de manejo de los desechos de materiales de construcción y demolición son seis: generación, almacenamiento, caracterización, transporte, tratamiento y disposición final. Estas seis etapas constituyen el ciclo de manejo de las obras derivadas, del manejo de desechos de construcción.

Para conocer el manejo de estos desechos en la edificación y posteriormente, hacer una propuesta de gestión integral; se realizó una encuesta a todos los colaboradores en obra y administrativos, para conocer: las operaciones de la empresa, el manejo de los desechos de materiales de construcción en la obra, su tratamiento enfocado al reciclaje, reutilización o disposición final. Se realizó una caracterización de los desechos, para determinar las cantidades, volúmenes y propiedades físicas; durante el período de construcción de la edificación en sus diferentes etapas.

A partir de esta información, se pudo conocer su valor económico y medio ambiental, el tipo de tratamiento en cuanto su reciclaje, reutilización o disposición

final adecuada. Para culminar con la propuesta de gestión integral en cada una de las seis etapas de manejo.

Se presenta en el capítulo 1, el marco teórico en donde se da a conocer conceptos y generalidades de la gestión integral del manejo de los desechos de construcción y demolición, en la industria en general, la línea de investigación y su unidad de análisis. En el capítulo 2, se da a conocer el desarrollo de la investigación de la gestión integral de estos desechos. El capítulo 3, expone los resultados de la investigación, para finalmente en el capítulo 4, se hace la discusión de los resultados de todo lo investigado y tabulado.

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Definición de los desechos de materiales de construcción y demolición

Los desechos de construcción y demolición son todos aquellos que se producen por la actividad de la construcción o demolición de infraestructura de obra civil, de edificios o extracción de materia prima.

Burgos (2010), da una definición de estos desechos y su aprovechamiento en la industria en general; habla de que un desecho de materiales de construcción y demolición es producto de la actividad de la industria de la construcción de infraestructura de obra civil, de construcción residencial o alguna otra edificación. Este material de desecho ya no es útil para el fin o propósito original para el cual fue usado y quienes lo generan tienen el propósito de deshacerse de este. Esto no quiere decir que este desecho no pueda llegar a tener otro fin, por ejemplo; reducirlo, reutilizarlo, reciclarlo o darle una valoración para la industria en general, pudiendo darle un tratamiento y disposición final adecuado.

1.1.1. Clasificación

Los desechos de materiales de construcción y demolición pueden clasificarse por su origen y por su naturaleza.

1.1.1.1. Por su origen

Los desechos de materiales se pueden clasificar por su origen los cuales se pueden dividir en desechos:

- De demolición: son los materiales y productos de construcción que se originan como resultado de las operaciones de desmantelamiento, demolición de edificios y de instalaciones. Estos son los que tienen mayor volumen y peso en el total de desechos generados por la actividad constructora.
- De construcción: son los que provienen de la ejecución de obra de infraestructura de obra civil, de material de los trabajos de construcción, tanto de nuevas edificaciones como de remodelaciones.
- De excavación: proceden de trabajos de excavación, previos a comenzar el proceso constructivo. Estos desechos son más homogéneos y de naturaleza pétreo: arcillas, arenas, piedras, concretos. Se puede dar el caso que estos desechos estén contaminados, por la misma actividad que se desarrolla en el lugar donde se extraen.

1.1.1.2. Por su naturaleza

- Inertes: no sufren cambios físicos, químicos o biológicos, pueden ser el concreto, vidrio y suelos. No presentan ningún riesgo de polución en aguas, suelos y aire. Pueden ser reutilizados en la misma obra o reciclados en lugares o empresas que se dedican a eso.

- No peligrosos: son aquellos desechos de construcción y demolición que no son tóxicos y no representan peligro. Pueden ser utilizados nuevamente formando parte de nuevos materiales para la construcción u otros productos en la industria en general.
- Peligros: afectan la salud humana y al medio ambiente. Estos desechos contienen sustancias inflamables, tóxicas, corrosivas o que provocan reacciones nocivas en contacto con otros materiales. Estos desechos requieren un tratamiento especial con el fin de aislarlos y facilitar su tratamiento.

1.2. Antecedentes del manejo de los desechos de materiales de construcción y demolición

Respecto a la situación del manejo de desechos de materiales de construcción y demolición a manera de ejemplo, se puede ver la situación que se da en Perú, Medina (2015), dice que son más de 13,000 empresas constructoras que generan este tipo de desechos. En primer lugar, los de demolición y en segundo lugar los de construcción de edificaciones. De los desechos de demolición afirma que han sido poco aprovechables debido a la rapidez con que se tienen que hacer estas; no se toma el tiempo para darles una valorización; por tanto, hay un desconocimiento de sus características y del tratamiento y aprovechamiento que se puede hacer de estos en este país.

Por otro lado, de los desechos que se generan por la actividad de la construcción de edificaciones en general, hace mención que son más aprovechables, debido a que, en el desarrollo de la obra, se puede valorizar para reusarlos, reciclarlos o disponerlos adecuadamente y que mejora las operaciones

de la empresa constructora. Entre estos materiales están los arcillosos, diferentes tipos de maderas, concreto, metales, mampostería, vidrio, entre otros.

En Guatemala, Cifuentes (2016), indica que en el país no existe un plan de gestión integral de su manejo en la industria de la construcción y demolición que ayude a disminuir su impacto en el medio ambiente.

Algunas instituciones como el Ministerio de Finanzas Públicas, y el Ministerio de Salud de Guatemala tienen una política de gestión ambiental en las cuales establecen acciones para la gestión integral del manejo de los desechos de construcción y demolición.

La Política de Gestión Ambiental del Ministerio de Finanzas Públicas de Guatemala, respecto al manejo de estos desechos busca implementar en la planificación de futuras obras las consideraciones siguientes:

- Elaborar e implementar un programa de gestión integral del manejo de los desechos de materiales de construcción, en cualquier mejora que se haga al edificio que alberga la institución.
- Identificar a transportistas y empresas procesadoras de estos desechos para su reciclaje con licencia para este fin.
- Identificación de mercados de los materiales ya reciclados, tener estrategias y procedimientos de demolición, recolección y reciclaje, por último.
- Documentar los costos de materiales que han sido reciclados, recolectados y reutilizados.

En muchas ocasiones las zonas en donde se hace el depósito final no han sido autorizadas por autoridad competente; lo que convierte la actividad de construir una edificación en algo no controlado que degrada el medio ambiente, y que puede ser foco de contaminación. Se desconoce cómo puede afectar la salud del ser humano y su entorno.

1.3. Importancia del manejo de los desechos de materiales de construcción y demolición

La generación de estos desechos tiene importancia en el contexto económico y del medio ambiental. Se puede valorizar para darles una gestión integral en su manejo, al reducirlos, reutilizarlos, reciclarlos o disponerlos adecuadamente en un lugar autorizado. Lo que contribuye de forma positiva al medio ambiente, a la salud humana y su entorno, y a la economía de las empresas constructoras ya que mejora sus operaciones.

En Guatemala, Cifuentes (2016) indica que en el país no existe un plan de gestión integral de su manejo en la industria de la construcción y demolición que ayude a disminuir su impacto en el medio ambiente.

1.3.1. Importancia de reutilizar, reciclar y reducir

La importancia de reciclar o reutilizar los desechos de construcción y demolición en una edificación es que se pueden transformar para ser utilizados en las obras de construcción; según Carrasco (2018), los desechos de concreto pueden ser triturados y utilizarlos como agregado grueso en nuevas mezclas para utilizarlas en la fundición de losas, cimientos, columnas, entre otros. Esto contribuye a la reducción de la utilización de materias primas y protege los recursos naturales.

1.4. Manejo de los desechos de materiales de construcción y demolición

Es la aplicación de técnicas, tecnologías y programas, que permiten lograr objetivos y metas óptimas, para una localidad en particular. El objetivo del manejo según Villoria (2014), es fomentar la reutilización, reciclado y otras formas de valorización, para asegurar que el destino de los desechos de materiales de construcción y demolición reciban un tratamiento adecuado para contribuir a un desarrollo sostenible de la industria de la construcción, evitando la contaminación de suelos, de mantos acuíferos, el deterioro del paisaje y su aprovechamiento para obtener productos renovables.

Por otro lado, si no hay un adecuado manejo y no se disponen de manera adecuada, estos tienen ciertas consecuencias en el medio ambiente.

Al respecto, Laiseca (2016) dice:

Los residuos derivados de la construcción, mantenimiento o demolición de inmuebles, así como de obras públicas como calles, carreteras, puentes, presas y otros, constituyen una dificultad seria cuando no se disponen de manera ambientalmente adecuada, ya que llegan a formar nichos favorables para la fauna nociva, se considera como una fuente de emisiones de polvo y otros contaminantes, tapan los drenajes cuando se depositan en las calles, provocan el desborde de los cauces de agua cuando van a parar a los cuerpos de agua, impiden el aprovechamiento de tierras fértiles cuando se depositan en ellas sin ningún control, son precursores de tiraderos clandestinos de todo tipo de residuos, e incluso llegan a promover asentamientos irregulares, además de la contaminación visual que originan.

(p. 9)

El manejo de los desechos de materiales de construcción y demolición consiste en las etapas de: generación, almacenamiento, caracterización, transporte, tratamiento y disposición final.

1.4.1. Generación

Estos desechos provienen de la construcción o demolición de una edificación. Al respecto Ramírez (2013), da un significado amplio de lo que es la generación de los desechos de construcción y demolición, dice que es: “persona natural o jurídica propietaria o administradora del bien público o privado en el que se desarrollen obras de excavación, construcción, demolición y/o remodelación o entidades responsables de la ejecución de obras públicas” (p. 6).

Pueden dividirse de la siguiente manera:

- Residencial: construcción de edificación, mantenimiento y remodelación de viviendas.
- Infraestructura: construcción de obra civil: carreteras, puentes, sistemas de agua potable, sistemas de drenaje, entre otros.
- Industrial: construcción de bodegas, productores de materia prima: madera, plásticos, metales, mampostería, asfaltos, entre otros.

1.4.2. Almacenamiento

Es la separación y acumulación en forma ordenada en un lugar designado en la obra. Páez y Pacheco (2019), dicen que “el método de separación en la fuente constituye la base fundamental del aprovechamiento dado que se

recuperan ciertos materiales en su punto de generación, y así se evita que se contaminen o se deterioren sus propiedades aprovechables” (p. 27). Un almacenamiento temporal en el lugar de la obra es clave para poder hacer una separación adecuada de los desechos.

1.4.3. Caracterización

Consiste en hacer una caracterización de los desechos de construcción y demolición generados para valorarlos y ver las alternativas de tratamiento. Esta caracterización es base para conocer la cantidad y características en cuanto al tipo de desechos, porcentaje en relación con el total de estos, volumen en m³ y su peso en kg/m³.

Al respecto de la importancia de la caracterización de los desechos de materiales de construcción y demolición Villoria (2014), habla de hacer una tipología o clasificación de desecho que se generan en una edificación, para que se pueda determinar las cantidades y sus características con el fin de valorarlos y darles un manejo adecuado en obra y en su disposición final.

1.4.4. Transporte

Es la etapa en que se hace el traslado de los desechos de materiales de construcción y demolición valorados a diferentes lugares para su tratamiento, a empresas que se dedican a procesarlos para reciclarlos o reusarlos. El tipo de transporte y su capacidad lo determinarán la cantidad de estos y la frecuencia con que se desechen a lo largo del proyecto en su ejecución, supervisión y entrega final.

1.4.5. Tratamiento

Es el aprovechamiento de los desechos de construcción y demolición una vez valorados para reutilizarlos, reciclarlos o reducirlos. Al darles tratamiento, se evita que sean trasladados a vertederos o terrenos baldíos y se busca dejar una huella positiva al medio ambiente mejorando los costos del proyecto de construcción.

Reutilizar un material es darle otro uso diferente para el que fue concebido, por ejemplo: al demoler concreto y poderlo tamizar, se puede utilizar como agregado grueso para hacer nuevo concreto.

Un material reciclado es aquel que ha sufrido una transformación para volverlo a utilizar en el mismo fin u otro diferente, por ejemplo: el vidrio producto de la demolición de ventanas se puede fundir y hacer nuevos tipos y formas, los sobrantes de varillas de hierro se puede fundir para hacer nuevas varillas de diferente tamaño y resistencia.

Reducir, consiste en la disminución de desechos, dejar de utilizar materias primas por productos reciclados o reusados, con esto se preserva los recursos naturales y hay mejoras económicas en las empresas

1.4.6. Disposición final de los desechos de materiales de construcción y demolición

Son todas las operaciones que buscan hacer un depósito eficiente en los lugares finales de depósito, si no se puede valorizar los desechos para su reutilización o reciclaje.

Al realizar una elección adecuada del tratamiento y disposición final de los de desechos de construcción y demolición se puede determinar la composición y cantidad que se generan en la edificación, según Mercante (2007), eso varía según las dimensiones de la estructura, la zona geográfica en donde se encuentra, si es construcción nueva o de remodelación y el método que se haya utilizado de construcción.

1.5. Leyes o reglamentos sobre el manejo de los desechos de materiales de construcción y demolición en Guatemala

Aún no se ha implementado legislación o normativa alguna acerca del manejo de los desechos de materiales de construcción y demolición en Guatemala. El marco legal para el cuidado del medio ambiente, parte de la Constitución Política de la República de Guatemala basado en los artículos 64, 97, 119 inciso c), 126, 127 y 128, donde declara de interés nacional, la conservación, protección y mejoramiento del patrimonio natural, además de la protección del medio ambiente y equilibrio ecológico.

Cifuentes (2016), indica que en el país no existe un plan de gestión integral de su manejo en la industria de la construcción y demolición que ayude a disminuir su impacto en el medio ambiente.

El mismo autor señala que a través de diferentes leyes contenidas en la Constitución Política de la República, decretos gubernativos, decretos legislativos y códigos municipales se refleja el interés del Estado en velar por la prevención de la contaminación del medio ambiente lo que ayuda a preservar el equilibrio ecológico y evita la depredación de los recursos.

A continuación, se presenta algunas leyes existentes en Guatemala acerca del manejo de los desechos sólidos en general.

Tabla II. **Legislación y normativa en Guatemala acerca del manejo de los desechos sólidos**

Acuerdo 509-2001	Gubernativo		Reglamento de Desechos Sólidos Hospitalarios
Acuerdo 281-2015	Gubernativo		Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos y Desechos Sólidos
Acuerdo 591-98	Gubernativo		Reglamento de Gestión de desechos radiactivos
Decreto Congreso de la República	6-94	del	Convenio centroamericano sobre los movimientos transfronterizos de desechos peligrosos
Decreto Congreso de la República	3-95	del	Convenio mundial sobre el control internacional de movimientos transfronterizos de desechos peligrosos

Fuente: elaboración propia.

Algunas instituciones como el Ministerio de Finanzas Públicas (2015), tiene una política de gestión ambiental en la cual establece acciones para la gestión integral del manejo de los desechos de construcción y demolición. También varias municipalidades tienen reglamentos en donde se establece el manejo de desechos sólidos domiciliarios.

1.6. Gestión integral de los desechos de materiales de construcción y demolición

Según la Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos y Desechos Sólidos (2015), la gestión integral consiste en:

Toda serie de actividades asociadas al control de la generación, separación, presentación, almacenamiento, recolección, transporte, barrido, tratamiento y disposición final, a fin de que se armonicen con los mejores principios de la salud pública, la economía, la ingeniería y la estética y otras consideraciones ambientales y respondan a las expectativas públicas. (p. 69)

Según Villoria (2014), se entiende por gestión de los desechos de materiales de construcción y demolición a:

El conjunto de sistemas, herramientas y planes conducentes al logro de un objetivo. El manejo de los residuos debe gestionarse de forma integral; esto es, registrar el camino definido por el residuo, desde su generación hasta su disposición final de forma controlada y segura para el medio ambiente. (p. 37)

1.6.1. Gestión integral de los desechos de materiales de construcción en la industria de la construcción

La industria de la construcción es la aplicación del trabajo humano a la transformación de materias primas para hacerlas útiles en la satisfacción de necesidades, se vale de métodos constructivos y actividades diversas para hacer

obras nuevas, remodelaciones, demoliciones, obras civiles, construcción residencial, edificios, entre otros.

Burgos (2010), da una definición de estos desechos y su aprovechamiento en la industria de la construcción en general; habla de que un desecho de materiales de construcción y demolición es producto de la actividad de la industria de la construcción de infraestructura de obra civil, de construcción residencial o alguna otra edificación. Este material de desecho ya no es útil para el fin o propósito original para el cual fue usado y quienes lo generan tienen el propósito de deshacerse de este.

Esto no quiere decir que este desecho no pueda llegar a tener otro fin, por ejemplo; reducirlo, reutilizarlo, reciclarlo o darle una valoración para la industria en general, pudiendo darle un tratamiento y disposición final adecuado.

Respecto a la importancia de la industria de la construcción en la sociedad guatemalteca Córdova (2013), dice lo siguiente, “dentro de la sociedad guatemalteca, la construcción es un factor importante, ya que sin el aporte de la industria de la construcción no es posible concebir el desarrollo económico de un país, ya que aporta bienes de capital fijo” (p. 3). Esta afirmación contribuye a que se debe hacer un manejo adecuado de los materiales que utiliza esta industria para que impacte de forma positiva al medio ambiente y al ser humano.

1.6.2. Gestión integral de los desechos de materiales de construcción en la gestión ambiental

Santos (2018), da una definición de lo que es gestión integral de los desechos de construcción y demolición, dice que: “la gestión de residuos supone el conjunto de sistemas, herramientas y planes utilizados para controlar el camino

definido por el residuo, desde su generación hasta su disposición final de forma controlada y segura para el medio ambiente” (p. 45).

Acerca del manejo de los desechos de construcción y demolición en Guatemala comparado con la comunidad europea, Iglesias (2013), concluye en que no hay una legislación puntual sobre la caracterización, el manejo, la gestión integral o la disposición final de estos en Guatemala.

Haciendo una comparación con países pertenecientes a la Unión Europea; estos países han establecido gravámenes a los empresarios que se dedican a la construcción, ya que son generadores de estos residuos y los disponen en lugares en donde se vierte basura o escombros. Este ejemplo, se puede tomar en Guatemala para hacer una gestión adecuada de estos desechos.

La Unión Europea lo hace como medida de presión para que se ordene y haya una motivación de los empresarios de esta industria a la inversión en investigaciones sobre el aprovechamiento y la valorización de estos materiales de desecho, para contribuir al desarrollo de la industria y así obtener nuevos materiales con base a técnicas de reciclaje. Este tipo de ordenamiento e incentivos no se práctica en nuestro país.

1.6.2.1. Impacto medio ambiental de los desechos de materiales de construcción y demolición

El impacto medio ambiental que producen los desechos de construcción y demolición transforma el medio, y al no tener un manejo adecuado, lo hace en forma negativa. Al respecto Santos, Monercillo y García (2011), indican que la actividad de la construcción y demolición crean impactos negativos al medio ambiente los cuales pueden producirse en dos actividades: durante la extracción

de materias primas para la elaboración de materiales de construcción y en el momento de la construcción de diferentes tipos de infraestructura.

Señalan que tiene un impacto negativo mayor al medio ambiente los desechos de construcción y demolición generados durante la construcción de una obra, que los generados por la extracción de materia prima, ya que estos últimos si no se extraen no generan desechos de materiales de construcción y demolición.

Zapatas (2016), indica que los desechos de materiales de construcción y demolición contribuyen a hacer un impacto medioambiental negativo que alteran los recursos naturales, la calidad de vida del ser humano en su entorno. Lo que se pretende al hacer una gestión integral del manejo de desechos de construcción y demolición de estos materiales, es lograr su aprovechamiento y buen manejo en obra, valorizarlos, caracterizarlos para que se pueda reducir, reciclar, reutilizar o haciendo una disposición final en lugares autorizados para este fin.

Respecto a la gestión integral del manejo de estos materiales, el protocolo de gestión de residuos de construcción y demolición en la Comisión Europea (2016), indica que la gestión de desechos de materiales debe perseguir lo siguiente: mejorar la caracterización de los desechos de construcción y demolición según el origen y su recolección; mejorar la logística de transporte de estos; mejorar el tratamiento en cuanto a su reutilización, reciclaje, reuso o disposición final en lugares autorizados; también, una gestión de la calidad en el lugar de las obras y la regulación a través de normativas públicas. En busca de planes de gestión integral exitosos.

Por otro lado, Mercader-Moyano, Olivares y Ramírez (2012), enfatizan que para un tratamiento adecuado de los desechos de construcción y demolición en cuanto a su reciclaje y reutilización es necesario medir el impacto medio ambiental que producen para valorarlos y así, impulsar oportunas prácticas de almacenamiento y disposición final en la ejecución de las obras.

1.6.3. Gestión integral de los desechos de materiales de construcción en edificaciones

Respecto al manejo de los desechos de materiales de construcción y demolición que se generan en una edificación residencial, y su diferenciación entre los desechos domiciliarios, Leandro (2007), menciona que son los que se producen en un ambiente urbano y no se toman en cuenta entre los llamados desechos sólidos domiciliarios, ya que tienen características diferentes; una de ellas es que en su mayoría son materiales inertes y que casi no tienen contenido orgánico. Estos desechos son constituidos por suelos, agregados gruesos y finos, concreto, material cerámico, productos manufacturados, varillas de acero y otros metales, madera, material aglomerante, entre otros.

1.7. Fines de la gestión integral de desechos de materiales de construcción y demolición

Con respecto a la finalidad que debe de llevar una normativa acerca del manejo de desechos de materiales de demolición y construcción; Morán, Pozo, Valdés, Aguado y Medina (2011), subrayan que la finalidad específica que buscan estas normas es reducir la generación de estos desechos; reutilizar aquellos que puedan tener este propósito en la misma obra o en otros espacios urbanos; hacer un reciclaje de los que no puedan ser reutilizados con el fin de transformarlos en otro material útil en la industria o darles una valorización medio

ambiental y económica a aquellos que no puedan ser reciclados; por último, los desechos de materiales que no puedan ser valorizados disponerlos en lugares autorizados.

Se busca también a través de la gestión integral de desechos de construcción y demolición que haya una demanda de materiales reciclados para uso general en la construcción, que promueva la innovación en cuanto su aprovechamiento. También, que aumente su valorización para que tengan un impacto positivo en los costos de operaciones de las empresas y en el medio ambiente; que genere estadísticas certeras de los volúmenes de los desechos de construcción y demolición que la actividad de la construcción genera, lo que reduce su impacto ambiental.

1.8. Valorización para la reducción de costos

Dar valor a los desechos de construcción significa aprovechar las materias, subproductos y sustancias que contienen. Se pueden mencionar algunas razones que tienen relevancia a la hora de valorar los desechos de construcción y demolición. Según Tapias (2017), se pueden reutilizar en la misma obra de construcción sin necesidad de trasladarlos a otro lugar para su disposición final lo que ahorra costos de transporte. En cuanto a su reciclaje, se puede reducir los costos de materiales utilizados como materia prima, ya que el material reciclado puede reincorporarse al flujo económico de la empresa o del país. Con esto se evita contaminar el medio ambiente y se hace una gestión eficiente de los recursos que convierte los desechos de construcción y demolición en productos renovables.

Los costos de un proyecto de construcción representan todas aquellas estimaciones sobre los recursos de mano de obra y materiales para la obra.

Según Cáceres (2005), la estimación de costos es la determinación de los costos directos e indirectos de cada actividad, que se compone un proyecto de construcción, se trata de definir su magnitud económica para que sirva como base para la planificación, supervisión, ejecución y entrega final del proyecto.

Asencio (2015), habla que las operaciones que se prefieren para valorizar los desechos de construcción y demolición son la reutilización y el reciclado, dice que “está reutilización y reciclaje también van acompañadas de una valorización, donde se remarca que con el empleo de los desechos de construcción y demolición como áridos se consigue un ahorro de recursos naturales” (p. 43). La valorización reduce costos operacionales de la empresa y ahorro de recursos naturales como materia prima.

1.9. Buenas prácticas de manejo

Tapias (2017), menciona lo que “debe ser las buenas prácticas de manejo de desechos sólidos de construcción y demolición” (p. 29).

- Coordinar los suministros y transporte de materiales, con el fin de evitar pérdidas y mezclas indeseables.
- Conocer y establecer desde la planeación del proyecto los gestores autorizados de desechos (ordinarios, peligrosos, no peligrosos, entre otros) que se encuentran en el entorno de la obra.
- Descargar en forma ordenada y organizar los materiales y elementos correctamente.
- Disponer de las herramientas y equipos necesarios para cada actividad en la obra. Establecer la cantidad y la naturaleza de los residuos que se van a originar en las etapas constructivas y en la demolición.

- Establecer las características (condiciones de admisión, distancia y tasas) de los sitios de disposición final, de los recicladores, de los centros de clasificación, entre otros, para poder así definir un escenario externo y adecuado de gestión.
- Evitar que los materiales susceptibles de aprovechamiento se mezclen con otro tipo de materiales, en especial con los catalogados como peligrosos.
- Organizar y optimizar los sitios de trabajo para las funciones que prestan.
- Optimizar el suministro de materiales, mediante sistemas estandarizados.
- Utilizar el material necesario ya estandarizado y ajustado a las líneas civiles y arquitectónicas diseñadas y planificadas.

2. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

Esta investigación nace de la necesidad de reinsertar los desechos generados en la construcción de una edificación, al flujo económico de la empresa o al medio ambiente.

La investigación se estructuró en 4 fases, la primera fase de revisión documental del manejo de los desechos de construcción y demolición; la segunda fase de determinación de las características de estos desechos; la tercera fase de análisis de valoración de los desechos de construcción y demolición; la cuarta fase de propuesta de gestión integral de los desechos de construcción y demolición; se llevó a cabo una encuesta para determinar el grado de conocimiento de la gestión integral de estos desechos.

La elaboración del estudio se hizo realizando visitas de campo, una vez por semana, en las fases de: limpieza y estabilización del suelo, cimentación, levantamiento de muros, fundición de losas, acabados de obra gris en muros y losas, acabados en madera, colocación de puertas y ventanas, instalación de plomería y drenajes, pintura y acabados especiales en la edificación; para hacer una caracterización de los desechos.

Se identificó la valoración para la empresa y para el medio ambiente de los desechos de materiales de construcción y demolición en las diferentes fases del proyecto. Con base en la caracterización de los desechos de construcción y demolición generados, mediante el análisis de los resultados, elaborar diagramas para la toma de decisión de su valor económico y ambiental.

Con la caracterización de los desechos y su valorización, se elaboró una propuesta de un diseño de gestión integral de manejo de desechos de materiales de construcción y demolición generados en una edificación con la posibilidad de reutilizarlos adecuadamente al flujo económico de la empresa, del país y al medio ambiente, al darles un tratamiento y una disposición final adecuada.

3. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

Los desechos de materiales que genera la empresa en la construcción de una edificación pierden la posibilidad de reinsértalos al flujo económico de la empresa o del país. Se desconoce el aprovechamiento de estos materiales de desecho para con el medio ambiente y qué porcentaje económico se puede recuperar en el costo final de un proyecto para reducir costos.

Se presenta los resultados de la investigación, con base a los objetivos planteados que en resumen son: Hacer una caracterización de los desechos; analizar su valoración económica o medio ambiental; proponer la gestión integral en cuanto a su tratamiento y disposición final, por último; el diseño de la gestión integral del manejo de estos desechos.

3.1. Determinar las características que tienen los desechos de materiales de construcción y demolición generados en la edificación que permita clasificar, calcular sus volúmenes y propiedades físicas

De acuerdo con el primer objetivo, se realizó en el primer mes de estudio, una encuesta cuyo resultado se encuentra en la tabla XI, contenida en el apéndice I. Esta encuesta se hizo al personal administrativo y de obra, para poder determinar su grado de conocimiento acerca del manejo de estos desechos en los siguientes aspectos:

- Si la empresa constructora cuenta, con un plan de gestión de los desechos generados obra.

- La existencia de un manejo de estos desechos en las etapas de generación, almacenamiento, caracterización, transporte, tratamiento y disposición final.
- Criterio de los colaboradores respecto al valor económico y ambiental de los desechos generados.

3.1.1. Porcentajes de conocimiento del manejo de los desechos de materiales de construcción en obra

Los resultados de la encuesta realizada al personal administrativo y de obra están contenidos, en la tabla XII, en el apéndice II. Los aspectos encuestados son: plan de gestión, en el manejo en obra de los desechos de los materiales usados y la valorización económica o medio ambiental.

- Un 85 % desconoce la terminología que se usa para nombrar a los desechos generados.
- Se puede observar que al momento de hacer el estudio el 100 % de los colaboradores de la empresa manifestaron que la empresa no tiene un plan de manejo de estos desechos.
- Los 3 materiales de desecho que más se generan, según los colaboradores son: un 70 % de mampostería, un 70 % de concreto, un 60 % de desechos de madera.
- Un 100 % de los encuestados, manifestó que no se hace una clasificación de los desechos generados. Con este resultado podemos observar, que no se hace una clasificación en cuanto a conocer sus cantidades y volúmenes.
- Un 90 % cree importante darles un tratamiento a los desechos ya sea para: reciclar, reutilizar o reducir la utilización de materia prima.

- El 95 % manifestó que no hay un lugar específico dentro de la obra en construcción, para un almacenamiento temporal.
- El tratamiento de un material consiste en la transformación, para un uso diferente de este desecho; esto en el caso del reciclaje. La reutilización tiene que ver con su aprovechamiento, sin transformarlo para su uso en diferentes fases de la obra y la reducción que consiste en reducir el consumo de materia prima. Un 100 % de los colaboradores declaró que no se les da ningún tratamiento a los desechos.
- La disposición final de estos desechos no se hace en su totalidad, en un lugar autorizado por la autoridad municipal. Ya que no se cuenta con algún lugar para su depósito adecuado por esta entidad. El 100 % de los desechos no se disponen adecuadamente.
- El 65 % de los sujetos manifestó que si tiene valor económico estos desechos.
- El 100 % de los encuestados cree que, sí es importante para el medio ambiente reusar, reciclar o reducir los desechos generados. Con esta respuesta se observa que si hay una valoración medio ambiental de estos.

De acuerdo con los datos analizados, no existe un plan de gestión integral para este tipo de desechos. Así mismo, no existen buenas prácticas para su manejo en la obra en construcción. Los desechos no reciben ningún tratamiento y su disposición final, no se hace en algún lugar autorizado por la autoridad municipal competente, haciendo dicha práctica en terrenos particulares en donde se autorice su depósito.

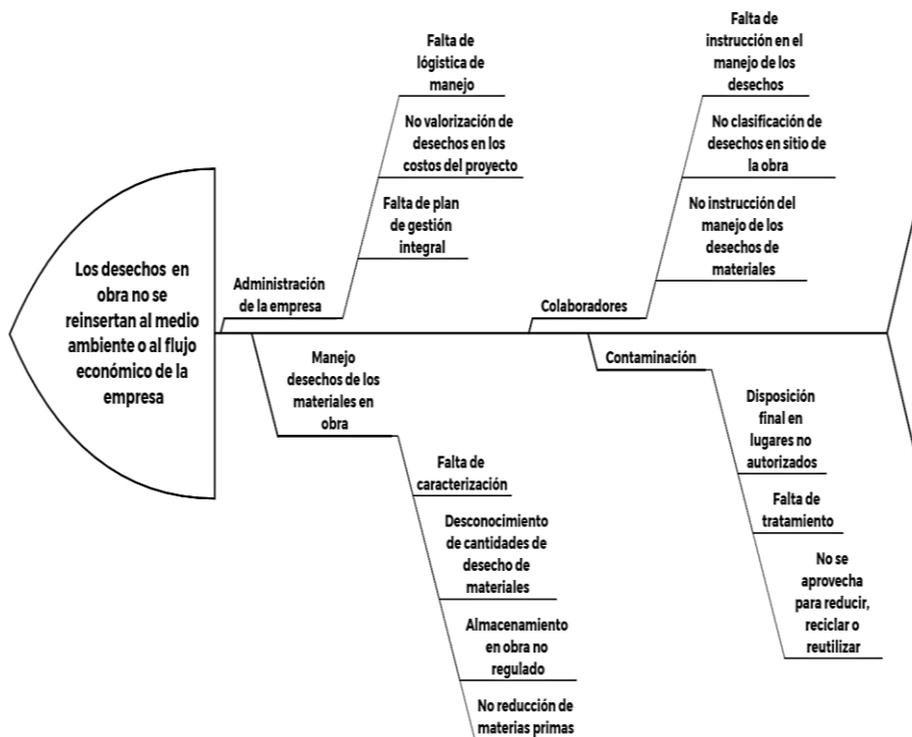
En cuanto a su valoración un 100 % de los colaboradores cree que es importante reutilizar, reciclar o reducir este tipo de desecho, a manera de contribuir al cuidado del medio ambiente. Pero en cuanto a su valoración económica solo un 65 % cree que tiene este potencial.

3.1.2. Diagrama de causa y efecto (Ishikawa) acerca del manejo de desechos de materiales de construcción

El Diagrama de Ishikawa, es una herramienta de calidad que colabora a ver las causas de un problema. En este caso las causas-raíz del manejo de desechos de materiales de construcción en obra.

En la figura 1, se presenta el diagrama de causa y efecto del problema de la falta de reinserción de los desechos generados en la obra de construcción:

Figura 1. Diagrama de causa y efecto acerca del manejo de los desechos de materiales de construcción



Fuente: elaboración propia, empleando Visio 2019.

En la figura 1, muestra las causas que han contribuido en el efecto de no poder reinsertar, los desechos de materiales de construcción de la obra, de manera adecuada al medio ambiente y al flujo económico de la empresa.

Al hacer un análisis del diagrama de Ishikawa, se encontró que las causas principales son: carencia de un plan de gestión; no se da instrucciones a los colaboradores en obra para hacer un manejo adecuado de estos desechos y; falta de un tratamiento adecuado de los desechos que se puedan reciclar, reutilizar o reducir. Además, ayuda a tener directrices para que disminuyan los factores de riesgo, en el lugar donde se realiza el trabajo, ocasionado mal almacenamiento de los desechos y para encontrar una solución óptima de la gestión integral de estos.

3.1.3. Clasificación de los desechos de materiales de construcción y demolición

Los desechos de materiales pueden clasificarse por su origen y por su naturaleza.

Por su origen: el origen de estos desechos es derivado de los trabajos de construcción, realizados con diferentes materiales y elementos en la edificación de estudio. Estos desechos no provienen producto de la demolición en obra. Los materiales para realizar los trabajos de construcción son llevados por diferentes proveedores hasta el lugar de la obra, estos tienen ciertas propiedades mecánicas y físicas que ayudan a tener un control de calidad de la obra.

Por su naturaleza: son desechos inertes y no peligrosos:

- Inertes: ya que no sufren cambios fisicoquímicos entre ellos tenemos: concreto, mampostería, productos cerámicos, entre otros.
- No peligrosos: ya que no son tóxicos y no representan peligro.

3.2. Analizar la valorización económica o medio ambiental que se les debe dar a los desechos de materiales de construcción y demolición

Se analizan los desechos, en cuanto a su valor económico y medio ambiental. Se presenta la caracterización en cuanto a la cantidad, volumen y peso; datos que servirán para la toma de decisión del tratamiento y disposición final adecuados.

3.2.1. Caracterización de los desechos de construcción y demolición

En la tabla III, se da a conocer los diferentes materiales de desecho producidos en la obra, en el período de estudio, en las diferentes etapas de construcción.

Las etapas fueron:

- Cimentación
- Levantado de muros
- Fundición de pisos
- Fundición de losas
- Fundición de vigas y columnas
- Instalación eléctrica
- Instalaciones sanitarias e hidráulicas

- Instalación de ventanería y puertas
- Acabados en piso y muros
- Pintura

Tabla III. **Cantidades de desechos de materiales en la edificación**

Cantidad de desechos de materiales en la edificación					
No.	Material	Cantidad de material kg/m³	Cantidad de desechos en obra kg/m³	Volumen de desecho m³	% de cada desecho del total
1	Concreto	336000	3360	1,40	11,38
2	Hierro	7180	215	2,88	0,73
3	Madera	3650	730	4,60	2,47
4	Cal	6750	135	0,05	0,46
5	Arena	1530	153	2,90	0,52
6	Cemento	2180	22	0,01	0,07
7	Block	261000	1566	0,59	5,30
8	Sabieta	9900	99	0,02	0,34
9	Cerámicos	2930	59	0,00	0,20
10	Tubo Eléctrico	120	4	0,01	0,01
11	Cable Eléctrico	140	4	0,00	0,01
12	Tubo de PVC	160	5	0,51	0,02
13	Pintura	416	4	0,00	0,01
14	Suelo	70200	23166	4,29	78,47
	Total	702156	29522	17,27	100,00

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

En la tabla III, se presentan 14 diferentes tipos de material de desecho en la obra. Estos datos fueron recolectados durante 6 meses. Se realizó una visita por semana para ver la cantidad de desecho que se produce.

No se tomó en cuenta la etapa de construcción de instalación de ventanería y de puertas para hacer una caracterización de estos materiales, ya que llevaban las piezas listas solo para instalarlas, las ventanas tienen marcos de aluminio y las puertas de madera. Tampoco de todos los accesorios eléctricos y sanitarios.

El promedio de desecho de materiales de construcción por semana fue de 1,230 kg/m³ o 1.23 toneladas. Los materiales que más cantidades de desecho generaron presentado en porcentaje fueron:

- Concreto con 11.38 %
- Suelo 78.47 %
- Block 5.30 %
- Madera con 2.47

El total de materiales fue 702,156 kg/m³ utilizados en toda la obra y de material de desechos fue 29,522 kg/m³. El porcentaje de desechos de construcción y demolición del total de materiales utilizados es:

$$\% DSC = \left(\frac{\text{cantidad total de desechos}}{\text{cantidad total de materiales}} \right) * 100 \quad (\text{Ec. 1})$$

$$\% DSC = \left(\frac{29,522 \text{ kg/m}^3}{702,156 \text{ kg/m}^3} \right) * 100 = 4.20 \%$$

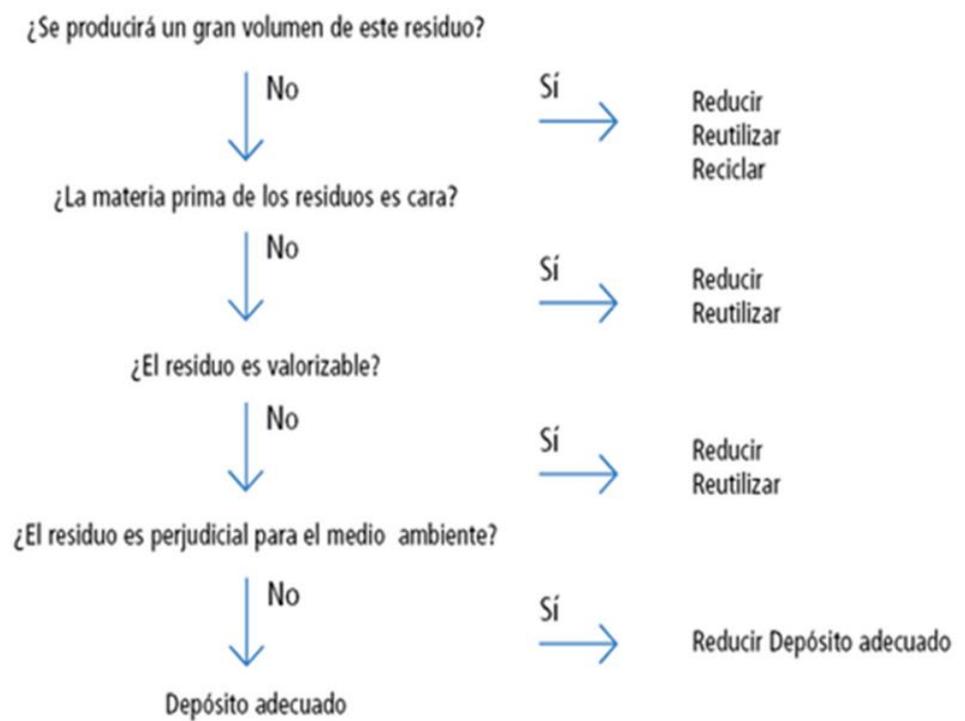
Este porcentaje, no está integrado o estimado como retorno a la inversión hecha en los materiales para construir la edificación.

La valoración económica y medio ambiental de estos desechos se da a conocer en el subíndice 3.3, con el fin de tener una mejor comprensión al referir su valor, con el tipo de tratamiento que se les puede dar. Su valoración y tipo de tratamiento se puede ver en la tabla VI.

3.3. Proponer la gestión integral de manejo de los desechos de materiales de construcción y demolición en cuanto a su tratamiento y disposición final

En la figura 2, se muestra un modelo de preguntas acerca de qué alternativa de tratamiento se les debe de dar a cada uno de los desechos.

Figura 2. Preguntas para la toma de decisión de alternativas de manejo



Fuente: Reixach, González y Sagrera (2000). *Manual de minimización y gestión de residuos en las obras de construcción y demolición.*

En la tabla IV, se hace una descripción del valor económico y medio ambiental de los desechos generados, en el caso de estudio. La empresa no les

ha dado algún valor económico. Su disposición final no se hace en algún lugar autorizado por autoridad municipal, sino que los depositan en un sitio particular, a 2 kilómetros del lugar de la construcción.

Tabla IV. Valor económico y medio ambiental de los desechos de materiales de construcción generados

Valor económico y medio ambiental de los desechos de materiales de construcción generados					
No.	Material	Valor económico	Valor ambiental	Tratamiento	Observaciones
1	Concreto	No	sí	Reutilización	No tiene valor económico, sí ambiental. Se puede reutilizar triturado como material de compactación en caminos o hacer concreto hidráulico. Se tienen estudios de aprovechamiento como agregado grueso, pero no tiene un mercado para su comercialización.
2	Hierro	sí	sí	Reciclaje	Su aprovechamiento es económico y medio ambiental, se puede reciclar, ya que hay empresas que reciclan este material, a manera de ejemplo la empresa Sidegua que paga a Q.485.45 la tonelada de este material, lo considera chatarra de primera, según Gerencia de Metálicos (Sidegua)
3	Madera	Si	sí	Reutilización	La madera utilizada, para formaleta de vigas, columnas y losas se alquilan, y el constructor paga por la pieza dañada que aproximadamente tiene un precio de Q.12.50 el pie/tabla, esta se puede reutilizar en otros proyectos.
4	Cal	No	sí	Reutilización	No tiene valor económico, sí ambiental. Puede utilizarse como material de compactación o relleno de suelos o pavimentos. Se puede reutilizar.
5	Arena	No	sí	Reutilización	No tiene valor económico, sí ambiental. Puede reutilizarse como material de compactación o relleno en suelos o pavimentos. Se puede reutilizar.
6	Cemento	No	sí	Reutilización	No tiene valor económico, sí ambiental. Se puede reutilizar como material de relleno y compactación para suelos o pavimentos.
7	Block	No	sí	Reutilización	No tiene valor económico, sí ambiental. Se puede reutilizar como material de relleno en suelos, pavimentos, relleno de cimentaciones
8	Sabieta	No	sí	Reutilización	No tiene valor económico, sí ambiental. Se puede reutilizar como material de relleno de suelos, pavimentos o relleno de cimentaciones.
9	Cerámicos	No	sí	Reutilización	No tiene valor económico, sí ambiental. Se puede reutilizar como material de relleno de suelos, pavimentos o relleno de cimentaciones.
10	Tubo Eléctrico	Sí	sí	Reciclaje	Si tiene valor económico y ambiental, ya que se puede reciclar como material de reproceso para hacer nuevos materiales plásticos. El precio para su reciclaje es de entre Q.0.50 a Q.0.75 por libra

Continuación de la tabla IV.

11	Cable Eléctrico	Sí	sí	Reciclaje	Sí tiene un valor económico y medio ambiental. Y en el caso del cobre es mejor pagado que el metal de chatarra de primera calidad. El cobre se paga a Q.4.50 la libra aproximadamente. Se puede reciclar.
12	Tubo de PVC	Sí	sí	Reciclaje	Tiene valor económico y medio ambiental. Es un material termoplástico, durable, económico y procesable por todas las técnicas de plástico y reciclable. Es económico porque puede mezclarse con material virgen para ser aprovechado nuevamente en un proceso. Es muy utilizado en suelas para zapatos, botas, limpiadores de ventanas, botellas de detergente, champú, aceites, y también en mangueras, equipamientos médicos, ventanas, tubos de drenaje, materiales para construcción, forro para cables, entre otros. Q.1.30 por libra en promedio para su reciclaje.
13	Pintura	No	sí	Disposición final adecuada	No tiene valor económico y sí medio ambiental. En este caso fue utilizada una pintura a base de agua, la cual no constituye peligro para la salud humana, pero si puede contaminar el medio ambiente si se depositan en tragantes o en otros sitios, lo mejor es dejarlos en su recipiente y guardarlo para su aprovechamiento en otro proyecto. Se le debe dar disposición final adecuada.
14	Suelo	No	sí	Reutilización	No tiene valor económico y sí ambiental ya que se puede reutilizar como material de relleno en pavimentos o cimentaciones, pero se tiene que verificar su mecánica de suelos para ver si es apto para este fin. Se puede reutilizar.

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Del 100 % de los desechos el 3.24 % es valorizable, estos materiales son: hierro, madera, tubo eléctrico, cable eléctrico y tubo PVC.

3.4. Diseñar la gestión integral para el manejo de desechos de materiales de construcción y demolición para la reducción de costos, en una edificación ubicada en el departamento de Sacatepéquez, Guatemala

Se presenta la propuesta de gestión integral de los desechos de materiales de construcción y demolición. A través de los siguientes instrumentos:

- Análisis FODA
- Matriz de partes interesadas

- Matriz de riesgos
- Matriz de rol y responsabilidades del talento humano
- Diagrama de proceso de los desechos
- Propuesta con base a las etapas de manejo: generación, almacenamiento, caracterización, transporte, tratamiento y disposición final
- Seguimiento y evaluación de la gestión a través de indicadores de generación, de valoración y eficiencia.

Para hacer un análisis de la situación de la empresa y así tomar las mejores decisiones en la tabla V, se presenta un análisis FODA, del manejo de los desechos.

Tabla V. **FODA del manejo de desechos de construcción en la empresa**

DEBILIDADES	AMENAZAS
Pérdida de materiales que se pueden reciclar o reutilizar	Crecimiento de la necesidad de vivienda
Desconocimiento de selección de desechos	Desechos voluminosos dispuestos en puntos no autorizados
Falta de valorización de los desechos	Contaminación de recursos
Falta de logística de manejo y disposición final	Amenaza a la calidad de vida del ser humano
Carencia de gestión de manejo	
FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
Reciclaje de materiales	Contribución al uso de productos renovables
Reducción de costos de logística	Adecuada gestión de los desechos de construcción
Convenios con empresas	Crear sitios de disposición final
Reducción de la contaminación	Reducción del uso de materias primas
Sitios autorizados para disposición final	Tener un plan de manejo de estos desechos

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Este análisis refleja que la empresa carece de un plan de gestión, pero también tiene la oportunidad de contribuir al medio ambiente, valorando sus

desechos, para su tratamiento adecuado, además se hace necesario que cuente con un plan de manejo.

La tabla XIII, contenida en el apéndice III, muestra una matriz de partes interesadas. En esta, se da a conocer a los interesados del manejo, estos son: el gerente general de la empresa, el encargado del proyecto, los colaboradores en obra, la municipalidad, recicladores y el cliente final.

Se puede hacer las observaciones siguientes:

- En su mayoría los interesados son partidarios de hacer un manejo de los desechos.
- Todos tienen un grado de influencia positivo.
- Ninguno se opone a hacer un manejo adecuado de estos.

En la tabla XIV, contenida en el apéndice IV, se muestra una matriz de riesgos, que da a conocer lo siguiente:

- Los riesgos a los que la empresa se expone al no contar con un plan de manejo de estos desechos.
- Evidencia la importancia de contar con una propuesta de manejo de los desechos, para reducir estos.
- Las oportunidades que se presentan al momento de dar solución a los mismos.
- El control apropiado frente a los riesgos.

Los riesgos son:

- Generación de desechos sin control.
- Lugar inapropiado de almacenamiento.
- Transporte no adecuado para traslado de desechos.
- Carencia de tratamiento.
- Lugar no autorizado de disposición final.

Las causas de estos riesgos es la falta de un plan de manejo provocando contaminación ambiental y el plan de respuesta para minimizar estos, es contar con uno, para darle un tratamiento adecuado a los desechos generados.

Los colaboradores son el recurso más valioso en una empresa, por tal razón se presenta una matriz del rol y responsabilidades del talento humano en la tabla VI, para determinar, las personas, la infraestructura y el ambiente, para la operación del manejo de los desechos de construcción y demolición

Tabla VI. **Matriz de rol y responsabilidades del talento humano**

Rol y Responsabilidades del Talento Humano					
Rol	Responsabilidades	Experiencia	Infraestructura	Ambiente de la operación de calidad	Educación
PM	Encargado de administración, ejecución y supervisión	En manejo de personal, cuantificación de materiales, paquetes de computación, Windows, Project.	Mobiliario y equipo requerido para administración y control de obra (equipo de cómputo, instrumentos de medición, instrumentos de cálculo)	En Oficina administrativa y en obra tener los insumos necesarios para hacer su labor	Universitaria
Maestro de Obra	Encargado de grupo de trabajo en obra	Experiencia en construcción de obras residenciales	Herramientas de albañilería para hacer su labor, casco, botas, guantes, caretas, mascarilla, lentes.	Ajustado a un plan de manejo de desechos de construcción	Educación media
Albañil	Tareas varias en obra	Experiencia en construcción de obras residenciales	Herramientas de albañilería para hacer su labor, casco, botas, guantes, caretas, mascarilla, lentes.	Ajustado a un plan de manejo de desechos de construcción	Educación básica

Continuación tabla VI.

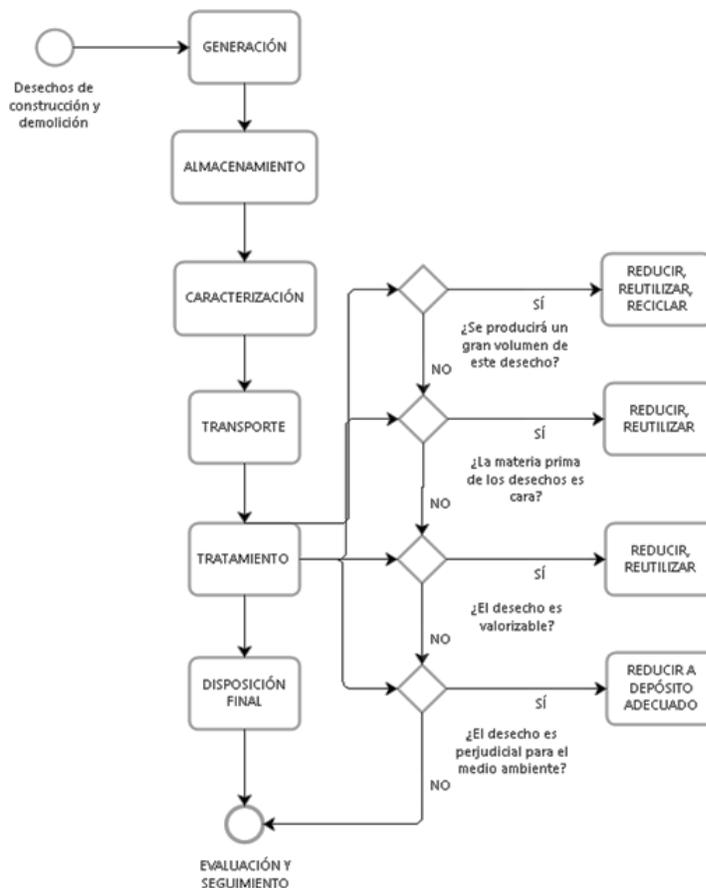
Ayudante de albañil	Colabora con tareas en obra	Experiencia en construcción de obras residenciales	Herramientas de albañilería para hacer su labor, casco, botas, guantes, caretas, mascarilla, lentes.	Ajustado a un plan de manejo de desechos de construcción	Educación primaria
Plomero	Instalación de drenajes y agua potable	Diplomado a nivel medio de INTECAP	Herramientas de plomería para hacer su labor, casco, botas, guantes, caretas, mascarilla, lentes.	Ajustado a un plan de manejo de desechos de construcción	Educación media
Electricista	Instalación de red de fuerza e iluminación	Diplomado a nivel medio de INTECAP	Herramientas de electricidad para hacer su labor, casco, botas, guantes, caretas, mascarilla, lentes.	Ajustado a un plan de manejo de desechos de construcción	Educación media

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Esta matriz de la tabla VI, refleja que todos los colaboradores son importantes, en el manejo de los desechos de construcción, que se generan en obra. Así como, determina la responsabilidad de la empresa, hacer un proceso de selección de personal, con las competencias adaptadas a un plan de gestión integral de desechos de construcción.

Un diagrama de flujo ayuda a tener un panorama del proceso de manejo de estos desechos. Pudiendo estructurar una serie de pasos, para su manejo. En la figura 3, se muestra la representación de este proceso.

Figura 3. **Diagrama del proceso del manejo de los desechos de materiales de construcción y demolición**



Fuente: elaboración propia, empleando Visio 2019.

Es importante mencionar que todas las acciones son cualitativas y van encaminadas a dar un tratamiento adecuado a los desechos generados, valorándolos o utilizándolos, en un lugar adecuado.

Al realizar un cálculo, de un número de contenedores, para depósito de desechos generados, tiempos del transporte de los desechos, del lugar de generación a su disposición final, capacidad del vehículo para transportarlos y

hacer la tarea de recolección y transporte; ayuda a mejorar la logística de trabajo de la empresa. Así como, prever que se lleve a cabo un almacenamiento temporal adecuado, de estos desechos. La recolección se puede integrar a la etapa de generación de desechos, estos cálculos están definidos por Tchobanoglous (1994), tomando como base los datos de material del presente estudio, a manera de ejemplo.

- **Recolección**

Parte de la etapa de generación es la recolección de los desechos, para un método de recolección por contenedores se debe calcular lo siguiente:

- Número de contenedores necesarios para almacenar los desechos, ver tabla VIII.
- Tiempo necesario para realizar la recolección, ver tabla IX.
- Número de viajes por semana, ver tabla X.

- **Datos**

A continuación, se muestran los datos para realizar los cálculos de número de contenedores, tiempo para la recolección y número de viajes por semana.

Tabla VII. Datos para realizar los cálculos de recolección

Descripción	Cantidad
Cantidad total de desechos durante 120 días hábiles	29,522 kg/m ³
Distancia de viaje entre contenedores	2 km
Velocidad máxima permitida	40 km/h
Cantidad promedio de desechos sólidos semanales	1,230 kg/ m ³ o 1.2 toneladas

Continuación tabla VII.

Cantidad total de volumen de desechos	17.27 m ³
Cantidad de semanas del estudio	24 semanas
Volumen del contenedor = 17.27 m ³ /24	0.71 m ³ /semana
Capacidad del vehículo para hacer la operación: se necesita un vehículo cuya capacidad cubra los 0.71 m ³ /semana.	Un vehículo tipo pick up en promedio tiene capacidad para transportar 1,100 kilogramos.

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

- Cálculos de número de contenedores

Tabla VIII. **Número de contenedores**

Número de contenedores	1.40 contenedores. Aproximadamente 2
V1: volumen de capacidad del vehículo	
V2: volumen del contenedor	
$N_c = V1/V2 = 1 \text{ m}^3 / 0.71 \text{ m}^3$	1.40 contenedores. Aproximadamente 2

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Según los cálculos el número de contenedores para almacenar temporalmente los desechos es de 2 contenedores.

- Tiempo necesario para realizar la recolección

Tabla IX. **Tiempo necesario para realizar la recolección**

Tiempo necesario para realizar la recolección	0.98 h/viaje
Tiempo por viaje por contenedor = $T_{sc} = (TT_{sc} + L_d + T_r)$	

Continuación tabla IX.

Tr = Tiempo de transporte por viaje de ida h/viaje.	
TTsc = Tiempo de toma del contenedor para subirlo al pick-up, h/viaje =	0.65 h/viaje
Ld = Tiempo de descarga del contenedor, h/viaje =	0.25 h/viaje
Tr = distancia / velocidad = 2 km/ 40 km/h =	0.075 h/viaje
Tsc = Tiempo por viaje, h/viaje =	0.98 h/viaje

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

El tiempo necesario para hacer la labor de recolección por semana es de 0.98 h/viaje.

Tabla X. **Número de viajes por semana**

Número de viajes por semana	
Nd = número de viajes por semana, viaje/semana =	
Vd = cantidad media de desechos recogidos, m ³ /semana	
C = Tamaño del contenedor, m ³ /viaje	
F = factor medio asignado de utilización del contenedor, tomado del libro de George Tchobanoblos (1994)	
Nc = número de contenedores	
F = (Vd/Nc) / C	
= (0.71 m ³ /viaje/2) / 0.35 m ³ /viaje	1 viaje / semana

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

El número de viajes por semana para hacer un depósito final de los desechos es de 1 viaje por semana.

3.4.1. Reducción de los desechos de materiales de construcción en la etapa de generación

Morocho (2016), indica que es importante hacer un listado de qué pérdidas de materiales se puede tener y sus causas. Va relacionado con las causas raíz que se plantean en el subíndice 3.2,2; con el fin de: darse cuenta de que hay pérdidas y tomar planes de acción para la minimización.

Para la reducción de pérdidas se propone lo siguiente:

- Hacer la planificación de las diferentes etapas de una obra en construcción.
- Sistematizar la supervisión.
- Tener una política de comunicación entre todos los colaboradores.
- Hacer un listado de pérdidas de materiales y sus causas. Las pérdidas deben tomar en cuenta lo siguiente:
 - Los procesos constructivos
 - Tipos de materiales
 - Mano de obra
 - Equipo y transporte
 - Procesos administrativos
 - Una política de cómo usar los recursos eficientemente.

Se debe hacer una optimización de los espacios de trabajo que requiere cada colaborador, según la etapa de construcción. A esto se le llama coordinación modular.

Con base a lo que afirma Morocho (2016), para la etapa de generación se propone lo siguiente:

- Desarrollar una metodología de minimización de los desechos, que incluya lo siguiente:
 - Realizar prácticas adecuadas de construcción y de manejo de desechos, con el propósito de minimizar su generación.
 - Incrementar el uso de materiales reciclables para disminuir la dependencia de materias primas.
 - Descartar el uso de materiales que produzcan daño a la salud humana o al medio ambiente.
 - Establecer formas de reutilizar los materiales en obra. Por ejemplo, si sobró concreto producto de la fundición de una estructura, tener formateadas otras estructuras, para que con el sobrante se puedan fundir éstas.

- Hacer alianzas con los distintos proveedores de materiales, para que los desechos sean reintegrados para su tratamiento, reciclándolos, reutilizándolos o disposición final adecuada.

3.4.2. Separación de los desechos en la obra en construcción

Con la finalidad de hacer un aprovechamiento efectivo de los desechos de construcción, se debe hacer un proceso de caracterización y separación, en la obra, hasta su disposición final, en un lugar determinado por autoridad competente o en alguno que los proveedores señalen.

Los desechos deben de separarse en las siguientes agrupaciones:

- Suelos: arcillas, gravas, arenas.
- Concreto: simple, armado, mortero de cemento.

- Mampostería: block, Adoquín, ladrillos, piedras decorativas.
- Metales: hierro, aluminio, cable eléctrico desnudo, sobrantes de herrería.
- Productos manufacturados: Madera, cerámica, plásticos, muros falsos.

Los desechos de construcción y demolición no deben mezclarse con desechos sólidos domiciliarios. En obra a pesar de que se hizo un cálculo de la capacidad de un contenedor para el depósito de los desechos según la cantidad y volumen, se prefiere tener un contenedor según al grupo que corresponda.

3.4.3. Almacenamiento y transporte

Con base en lo expuesto en el subíndice 3.4.2. Estos desechos deben contar con un lugar de almacenamiento dentro de la obra. Este almacenamiento debe de ser temporal. Se dice temporal, porque solo duran en la obra de construcción el tiempo en que se esté ejecutando la misma.

Para su traslado, se debe utilizar un pick up, cuya capacidad sea de 1000 kg. Desde el lugar de generación hasta dónde se haga su tratamiento. Se debe de tomar en cuenta lo siguiente para esta actividad:

- Documentación de cada traslado de desechos: cantidad, volumen, peso y propósito para el que va a ser utilizado según su tratamiento.
- Reducir el tiempo y la cantidad de desechos en obra.
- Hacer un listado de empresas con las cuales se tenga convenio de tratamiento o disposición y transportistas a los cuales se le pueda acreditar el traslado de los desechos.

3.4.4. Reutilizar, reciclar y reducir

A continuación, se presentan estrategias de tratamiento en cuanto la reutilización, reciclaje y reducción que puede ponerse en práctica en el contexto nacional.

Laiseca (2016) indica que se debe:

Crear una cultura de utilización de materiales reciclados y la reutilización en: las obras civiles, comerciales, industriales o residenciales. Además, hacer una promoción en cuanto a la incorporación del manejo de estos desechos, en las operaciones de estas, como un requisito a tomar en cuenta desde la planificación del proyecto. Estimular la oferta y la demanda de materiales reciclados a nivel nacional. Establecer especificaciones técnicas para: La reutilización de estos desechos en obras nuevas y para el uso de materiales reciclados. (p. 28)

3.4.5. Disposición final

Se debe hacer una disposición final adecuada para aquellos materiales que no se puedan reutilizar o reciclar. Se propone lo siguiente:

- Disposición final en sitios autorizados.
- Realizar un mapeo de la ubicación de sitios en los cuales se pueda hacer una disposición final adecuada. Con la finalidad de tener una mejor logística de transporte en el traslado de estos desechos.
- Fomentar la creación de lugares formales de disposición final de estos desechos.

3.4.6. Operaciones en obra para el buen manejo de los desechos de materiales de construcción y demolición

Se describe, una serie de operaciones encaminadas a tener una gestión apropiada de estos desechos en una obra en construcción:

- Hacer una caracterización de los desechos en cuanto a la cantidad de los desechos de construcción y demolición generados, peso y volumen. Los cuales deberán ser documentados.
- Hacer una valoración de los desechos para su reciclaje, reutilización, disposición final adecuada y documentarla.
- Acciones y especificaciones de separación de los desechos en obra.
- Tener mobiliario y equipo para el almacenamiento temporal según las cantidades y grupos de materiales, separar los desechos domiciliarios con los de la obra.
- Tener fichas técnicas de control. Para documentar las cantidades, volúmenes y peso según la etapa de manejo.
- Valorar el costo de la gestión de estos desechos, proyectándose en el renglón de materiales del presupuesto.

3.4.7. Seguimiento y evaluación de la propuesta de gestión integral de los desechos de materiales de construcción y demolición

Es conveniente evaluar y dar seguimiento a la propuesta, para ser eficientes en el manejo de estos desechos. Para esto en el subíndice 3.4.6, se propuso tener fichas técnicas para el control de la generación, almacenamiento, caracterización, transporte, tratamiento y disposición final. Esto permitirá tener

indicadores que permitan ver la efectividad de la gestión integral de estos desechos, desde el punto de vista cualitativo.

Para tener indicadores cuantitativos, con base a lo que dice, Ossio, Salinas, Behar, Yáñez y Maluenda (2020), Se propone, hacer un análisis y comparación histórica de proyectos anteriores o de la misma obra en construcción, en cuanto al manejo de estos, para validar o desechar las medidas adoptadas y el impacto que puedan generar.

Se describe tres indicadores:

- Indicador de factor de generación.
- Indicador de valorización.
- Indicador de eficiencia.

Se hace énfasis que, de los tres factores; el factor de generación es el que principalmente se debe de considerar, como herramienta de análisis.

3.4.7.1. Indicador de factor de generación (FG)

Este factor se utiliza para:

- Comparar los metros cúbicos generados con los metros cuadrados de construcción (m^3/m^2).
- Permite comparar los resultados, con los históricos de generación de otros proyectos.

El factor de generación es un dato que es representativo al finalizar el proyecto, su monitoreo se puede hacer mensual, teniendo datos del porcentaje de avance de obra y generación de desechos. El cálculo se hace con la siguiente ecuación:

$$FG = \frac{\text{Cantidad de desechos en disposición final (m}^3\text{)}}{\% \text{ de avance de obra} \cdot \text{m}^2 \text{ totales a construir}} * 100 \quad (\text{Ec. 2})$$

En el caso de estudio se aplica esta ecuación al proyecto ya finalizado. Con base a los datos de la tabla III, sabiendo que es una construcción residencial de 120 m², se obtiene el siguiente factor de generación de la obra:

$$FG = \frac{17.27 \text{ (m}^3\text{)}}{120 \text{ m}^2} * 100 = 14.4 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2}$$

Este dato se compara con el factor de generación conocido, en el caso de estudio se tomó como base, un 8 % de desperdicio en los materiales de construcción utilizados en obra de la tabla III, según gerencia administrativa, lo cual da un factor de generación histórico representativo de la empresa de:

$$FG = \frac{32 \text{ (m}^3\text{)}}{120 \text{ m}^2} * 100 = 26.6 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2}$$

Relacionando estos dos factores, de generación de la obra y el histórico, se obtiene un factor comparativo al finalizar la obra de:

$$\text{Factor corporativo} = \frac{FG \text{ conocido}}{FG \text{ mensual de obra}} * 100 \quad (\text{Ec. 3})$$

$$\text{Factor corporativo} = \frac{26.6 \frac{m^3}{m^2}}{14.4 \frac{m^3}{m^2}} * 100 = 185 \%$$

Si el factor comparativo es mayor a 100 % indica que está generando menos desechos, pero si es menor a 100 % se está generando más que el valor de referencia.

En el caso de estudio es mayor a 100 %, con base a lo que dice Morocho (2016), en el subíndice 3.4.1, este dato indica que la empresa tiene que hacer un mejor diagnóstico de las pérdidas de materiales y sus causas, para futuros proyectos. También, puede calcular de mejor manera la cantidad de materiales a utilizar con el propósito de reducir costos de materiales construcción y mano de obra. Por otro lado, los datos descritos en la tabla III, fortalecen los datos históricos de la empresa para mejorar la gestión de estos desechos en futuras obras.

3.4.7.2. Indicador de valorización (IV)

Este indicador muestra el porcentaje de desechos valorizados con respecto al total de los desechos generados, es igual a:

$$IV = \frac{\text{Cantidad de desechos valorizados (m}^3\text{)}}{\text{Desechos valorizados+desechos en disposición final (m}^3\text{)}} * 100 \quad (\text{Ec. 4})$$

Con los datos de la tabla III, se obtiene este indicador:

$$IV = \frac{8.01 m^3}{17.27 m^3} * 100 = 46.38 \%$$

Lo ideal es que este indicador sea lo más cercano a 100 %, con esto se pretende que la generación de los desechos sea mínima o en dado caso nula. Como indica Villoria (2014), este dato indica el potencial de aprovechamiento que tiene la empresa para contribuir a obtener productos renovables. También, para que el material reciclado o reutilizado pueda reincorporarse al flujo económico de la empresa o del país.

Sirve para definir de mejor manera el presupuesto general de una obra y es base para que se pueda determinar con mejor exactitud los costos directos e indirectos de futuras obras que realice la empresa, tratando de llegar al ideal, de que la generación de estos sea mínima.

También, la empresa como parte de su responsabilidad social empresarial, que en su base considera los aspectos sociales y ambientales, sabiéndose que es parte de la sociedad y como tal tiene responsabilidades; y cuyo fin es el de contribuir al bienestar social y ambiental, en donde ejecuta sus proyectos.

Con los datos establecidos en el indicador de generación y de valorización, esta, puede formar alianzas con empresas que ofrecen soluciones de valorización a diferentes tipos de desechos de construcción, permitiendo así, que, en futuros proyectos, exista canales de comunicación, que ayude a resolver de forma simple y rápida el tratamiento y disposición final de estos desechos, de forma controlada.

Con esto se puede generar un beneficio para la sociedad, al medio ambiente y ganancias para la empresa al reducir costos de operación.

3.4.7.3. Indicador de eficiencia (IF)

Este indicador tiene como objetivo ver el desempeño financiero de la gestión de forma mensual. Para esto, se debe de contar con un presupuesto incluido en el renglón de materiales, proyectando la gestión de estos durante el período de la obra. La ecuación es la siguiente:

$$IF = \frac{\text{Presupuesto proyectado obra completa} * \% \text{ de avance mensual}}{\text{Gasto mensual de la gestión de desechos}} \quad (\text{Ec. 5})$$

- Sí, $IF > 1$ se está incrementando el presupuesto asignado.
- Sí, $IF < 1$ se están usando en menor cantidad los recursos asignados.

En el caso de estudio la empresa no cuenta con un presupuesto proyectado para el plan de gestión de estos desechos, desde el inicio hasta la entrega final del proyecto, esto no permite evaluar el desempeño del plan de gestión de estos desechos, en cada etapa de construcción de la edificación.

Según Ossio, Salinas, Behar, Yáñez y Maluenda (2020), estos indicadores varían mes a mes y se tendrá un dato final al finalizar la obra. Como se dijo anteriormente, el objetivo es tener indicadores cuantitativos que permitan mejorar la proyección de gastos de los desechos de materiales de construcción en futuras obras. Con esto, se logra una mejora continua; pudiendo diseñar y proyectar de mejor manera el manejo de estos, en futuros proyectos. Un modelo de la plantilla para ingresar datos y generar estos indicadores se puede ver en la tabla XV, anexo I; y en la tabla XVI, contenida en el anexo II.

4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

A continuación, se presenta la discusión de resultados que hace un análisis interno, para confirmar la validez de los datos de la investigación, así como, un análisis externo para establecer que tanto el presente estudio, se puede adaptar a otros proyectos de construcción o demolición de una obra. También, una integración de resultados y ver la semejanza o diferencia con la base teórica.

- Análisis interno

Los resultados obtenidos son confiables, ya que se obtuvieron por medio de una encuesta realizada a los colaboradores de la empresa tanto a personal administrativo como en obra. Así como, los datos recabados de la cantidad de desechos generados en el período de construcción, de la edificación en sus diferentes etapas.

La propuesta de gestión surge a partir de la realidad que presenta el manejo de los desechos en obra: Al momento de hacer el estudio, evaluando el manejo de los desechos. A partir las etapas de manejo: generación, almacenamiento, caracterización, transporte, tratamiento y disposición final; tomando como base lo expuesto en el material bibliográfico.

Las limitaciones para considerar en futuros estudios es que este caso, se basó en la construcción de una edificación y no en la demolición de esta, la diferencia es que, en el proceso de demoler una obra, se produce más desechos de materiales, esto según la base bibliográfica genera un valor económico más

alto y por otro lado se obtiene un mayor aprovechamiento de estos desechos para su reciclaje o reúso.

La cantidad de desechos generados varía según la obra a realizar, el cálculo de materiales establecido en el presupuesto según los metros cuadrados a construir, la posición geográfica y los colaboradores en cuanto al rendimiento que se les dé a los materiales que se utilizan en cada etapa de una obra en construcción.

- Análisis externo

El análisis de los desechos de construcción de la edificación en estudio corresponde a la construcción residencial de una obra nueva. Se puede generalizar el estudio a muchas otras construcciones similares o de obra civil, la clave está en cumplir las etapas de manejo en cuanto a: la generación, el almacenamiento, la caracterización, el transporte, el tratamiento y disposición final, buscando valorarlos económicamente y su aprovechamiento medio ambiental para reciclar, reutilizar o reducir el consumo de materia prima por productos renovables.

Esto va en concordancia con Villoria (2014), afirma que el objetivo del manejo es fomentar la reutilización, reciclado y otras formas de valorización, para asegurar que el destino de los desechos de materiales de construcción y demolición reciban un tratamiento adecuado para contribuir a un desarrollo sostenible de la industria de la construcción, evitando la contaminación de suelos, de mantos acuíferos, el deterioro del paisaje y su aprovechamiento para obtener productos renovables.

- Integración

El resultado de la investigación está relacionado con la base teórica. Ya que se analizó la gestión integral en las diferentes etapas de manejo de estos desechos de materiales de construcción, plasmados en el material bibliográfico. Así como, se valoró y determinó su aprovechamiento. Al respecto Zapatas (2016), concluye que lo que se pretende es lograr su aprovechamiento y buen manejo en obra, valorizarlos, caracterizarlos para que se puedan reducir, reciclar, reutilizar o hacer una disposición final en lugares autorizados para este fin.

En los resultados se evidencio que no existe un plan de gestión integral en cuanto a su manejo en obra, por esto no se puede valorar este tipo de desechos, para lograr reinsertarlos al flujo económico de la empresa o del país. Los desechos generados, representan el 4.20 % del total de material utilizado en la construcción, pudiendo integrarse este porcentaje en el presupuesto general, teniendo estas estimaciones.

CONCLUSIONES

1. Los desechos generados su origen es producto de las actividades de construcción de la obra y no producto de demolición, se observó que no existe un plan de gestión integral, tampoco un manejo en el lugar de la obra y no se valora los desechos en lo económico y medio ambiental.
2. Los materiales de desecho que tienen un valor económico son: cable eléctrico, hierro, madera, plástico y PVC, representan el 3.24 % de un 100 %. El valor ambiental lo tienen todos y se tienen que disponer adecuadamente del medio ambiente.
3. El indicador de factor de generación, indica que la empresa tiene que hacer un mejor diagnóstico de las pérdidas de materiales y sus causas. También, calcular de mejor manera la cantidad de materiales a utilizar con el propósito de reducir costos de materiales y mano de obra.
4. Los índices de generación, valorización y eficiencia calculados, evidencia el potencial de aprovechamiento para obtener productos renovables y que es posible, que el material reciclado o reutilizado pueda reincorporarse al flujo económico de la empresa o del país y al medio ambiente.

RECOMENDACIONES

1. Elaborar a partir de los resultados obtenidos, por parte de la administración de la empresa un plan de gestión integral, de los desechos generados en obra, instruir a sus colaboradores a que se lleve a cabo un manejo adecuado, según el plan propuesto.
2. Valorar económicamente los desechos y documentar las gestiones generadas, en la edificación. Permitiendo en futuros proyectos tener una proyección de costos, de la gestión de estos desechos. Esto debe formar parte del presupuesto general del proyecto.
3. Reciclar los desechos después de valorados, se debe reutilizar o una disposición final en un lugar autorizado por la autoridad municipal, para dejar una huella positiva al medio ambiente. Con esto hay un beneficio para la sociedad, el medio ambiente y la reducción de costos para la empresa.
4. Formar alianzas con empresas como parte de la responsabilidad social de la empresa. Ofrecer soluciones de valorización a sus desechos, permitiendo así, resolver de forma simple y rápida el tratamiento y disposición final de estos desechos, de forma controlada.

REFERENCIAS

1. Acuerdo Legislativo 18-93. Guatemala. Constitución Política de la República de Guatemala. Diario de Centroamérica. Guatemala. 17 de Noviembre de 1993.
2. Asensio, E. (2016). *Valorización de Residuos de Construcción y Demolición como Puzolanas Alternativas para Cementos Eco-Eficientes* (Tesis de doctorado). Universidad Complutense de Madrid, España. Recuperado de <https://eprints.ucm.es/36531/1/T36973.pdf>
3. Burgos, D. (2010). *Guía para la gestión y tratamiento de residuo desperdicios de proyectos de construcción y demolición* (Tesis de licenciatura). Universidad Austral de Chile, Chile. Recuperado de <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2010/bmfcib957g/doc/bmfcib957g.pdf>
4. Cáceres, K. (2005). *Estimación de Costos de Proyectos de Infraestructura Municipal* (Tesis de licenciatura). Universidad de Piura, Perú. Recuperado de https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1430/ICI_142.pdf?sequence=3&isAllowed=y
5. Carrasco, R. (2018). *Aplicación de uso de los residuos de construcción para la fabricación de bloques de hormigón en la ciudad de Riobamba, análisis de costo e impacto ambiental* (Tesis de maestría). Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Ecuador. Recuperado de

<http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/14857/TESIS%20MAS%202018%20%28RA%C3%9AL%20CARRASCO%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

6. Cifuentes, R. (2016). *Centro de transferencia y aprovechamiento de fragmentos de ladrillo, block y concreto para el municipio de Guatemala* (Tesis de maestría). Universidad Rafael Landívar, Guatemala. Recuperado de <http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesisjcem/2016/03/12/Cifuentes-Ruben.pdf>
7. Comisión Europea (2016). *Protocolo de gestión de residuos de construcción y demolición en la UE*. Bélgica: Autor. Recuperado de <https://ec.europa.eu/docsroom/documents/20509/attachments/1/translations/es/renditions/native>
8. Córdoba, D. (2013). *Sistematización Contable de Contratos de Construcción a Largo Plazo en una Empresa Constructora* (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
9. Iglesias, G. (2013). *Guía para la identificación y el manejo adecuado de desechos peligrosos generados en proyecto de construcción* (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
10. Laiseca, H. (2016). *Ventajas y Desventajas del Manejo de Materiales y Residuos de la construcción en el Distrito Federal* (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional Autónoma de México, México. Recuperado de

<http://132.248.52.100:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/10242/Tesis.pdf?sequence=1>

11. Leandro, A. (2007). *Administración y manejo de los desechos en proyectos de construcción* (Tesis de licenciatura). Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica. Recuperado de <https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/492/Informe%20final%20Manejo%20de%20Desechos%20enla%20construcci%EF%B F%BD%EF%BF%BDn%20Etapa%20II.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
12. Medina, M., (2015). *Implementación de metodologías para la gestión de residuos de construcción y demolición en edificaciones de vivienda de material noble en Lima* (Tesis de licenciatura). Universidad Ricardo Palma, Perú. Recuperado de <https://docplayer.es/54462950-Implementacion-de-metodologias-para-la-gestion-de-residuos-de-construccion-y-demolicion-en-edificaciones-de-vivienda-de-material-noble-en-lima.html>
13. Mercante, I. (marzo, 2007). Caracterización de residuos de la construcción. Aplicación de los índices de generación a la gestión ambiental. *Revista Científica de UCES*, XI(2), 86-109. Recuperado de http://dspace.uces.edu.ar:8180/jspui/bitstream/123456789/152/1/Caracterizaci%C3%B3n_de_residuos.pdf
14. Mercader-Moyano, P., Olivares, M. y Ramírez, A. (2012). *Los residuos de construcción en edificación y sus alternativas de reutilización*. Sevilla, España: Universidad de Sevilla. Recuperado de <https://pdfs.semanticscholar.org/eba5/ee98b813d69ef05379927f75a523b929783e.pdf>

15. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales de Guatemala (2015). *Política Nacional para la Gestión de Residuos y Desechos Sólidos*. Guatemala: Autor.
16. Ministerio de Finanzas Públicas de Guatemala (2015). *Política de gestión ambiental*. Guatemala: Autor.
17. Morán J., Valdés J., Aguado P., Guerra M. y Medina C. (marzo, 2011). Estado actual de la gestión de residuos de construcción y demolición: limitaciones. *Informe de la Construcción*, 63(521), 89-95. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/50590509_Estado_actual_de_la_gestion_de_residuos_de_construccion_y_demolicion_limitaciones
18. Morocho, T. (noviembre, 2016). Gestión de la calidad en los procesos constructivos. *Revista Construcción*, (222), 40-43. Recuperado de https://issuu.com/construguate/docs/revista_construccion_n_222/43
19. Ossio, F., Salinas, C., Behar, N., Yáñez, P. y Maluenda, P. (enero, 2020). Plan de Gestión de Residuos en Obra Paso a Paso. Corporación de Desarrollo Tecnológico. *Ediciones Técnicas*, (16), 1-48. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/338752586_Plan_de_Gestion_de_Residuos_en_Obra_paso_a_paso
20. Páez C. y Pacheco C. (2019). *Guía para el manejo integral de los residuos de construcción y demolición en ciudad de Barranquilla*. Barranquilla, Colombia: Universidad del Norte. Recuperado de

<http://manglar.uninorte.edu.co/bitstream/handle/10584/8725/9789587891232%20eGuia%20para%20manejo%20de%20residuos%20de%20construccion.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

21. Ramírez, J. (2014). *Instrumentos para el Mejoramiento en la Gestión de la Política de Aprovechamiento de Residuos de Construcción y Demolición en Bogotá D.C. a partir de las Percepciones de los Constructores en Obras Públicas* (Tesis de maestría). Pontificia Universidad Javeriana, Colombia. Recuperado de <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/13514/RamirezTobonJulioCesar2013.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
22. Santos D., Monercillo B. y García A. (2011). *Gestión de residuos en las obras de construcción y demolición*. España: Tornapunta Ediciones. Recuperado de <http://libreria.fundacionlaboral.org/ExtPublicaciones/GestionResiduos2.pdf>
23. Santos, R. (2018). *Reciclaje de Residuos de Construcción y Demolición (RCD) de Tipo Cerámico para Nuevos Materiales de Construcción Sostenibles* (Tesis de doctorado). Universidad Politécnica de Madrid, España. Recuperado de http://oa.upm.es/53564/1/MARIA_DEL_ROCIO_SANTOS_JIMENEZ.pdf
24. Tapias, J. (2017). *Guía de intervención sostenible de los residuos de la construcción*. Colombia: Universidad Santo Tomás. Recuperado de <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/10696>

25. Tchobanoglous, G. (1994). *Gestión Integral de Residuos Sólidos*. España: McGraw-Hill.
26. Villoria, P. (2014). *Sistema de gestión de residuos de construcción y demolición en obras de edificación residencial. Buenas prácticas en la ejecución de obra* (Tesis de doctorado). Universidad Politécnica de Madrid, España. Recuperado de <https://scielo.conicyt.cl/pdf/ric/v31n1/art02.pdf>
27. Zapata, M. (2016). *Importancia de la implementación de los planes de gestión integral de residuos generados en proyectos de construcción y demolición de edificaciones* (Tesis de licenciatura). Universidad Militar Nueva Granada, Colombia.

APÉNDICES

Apéndice 1. Resultado de encuesta acerca del conocimiento del manejo de los desechos de materiales de construcción y demolición

No	Pregunta	Respuesta	Encuestado																	% según alternativa de respuesta	Plan de Gestión				
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17			18	19	20	
1	Sabe usted ¿qué son los desechos de materiales de construcción y demolición?	SI			X					X						X						15%	Plan de Gestión		
		NO	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		85%	
2	¿La empresa tiene un plan de manejo de desechos de materiales de construcción y demolición?	SI																				0%	Plan de Gestión		
		NO	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		100%	
3	¿Cuáles son los materiales de desecho que más se generan en la edificación escoja 3?	Metales	X							X											X	30%	Manejo de desechos de materiales construcción y demolición		
		Mampostería		X	X	X				X		X				X	X	X	X	X	X	X		70%	
		Cerámicos						X	X	X					X										20%
		Madera	X		X	X				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	60%
		Concreto	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	70%
		Suelos		X	X	X	X	X			X				X		X			X		X		X	50%
		Plásticos								X					X										10%
4	¿se hace una clasificación de los desechos de materiales que se generan	SI																					Manejo de desechos de materiales construcción y demolición		
	NO	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	100%			
5	¿Es importante reusar, reciclar, reducir los desechos de materiales de	SI	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	90%			
	NO		X					X														10%			
6	¿Tienen algún lugar específico en obra para almacenar los desechos de	SI			X																	5%			
	NO	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	95%			
7	¿Qué tipo de tratamiento se les da a los desechos de materiales que se generan en la obra?	Se Reúsan														X						5%			
		Se Reciclan																						0%	
		Se Reducen																						0%	
	Ninguno	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	100%			
8	¿La disposición final de los desechos de construcción y demolición se hace en un	SI																				0%			
	NO	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	100%			
9	¿Cree usted que tienen algún valor económico los desechos de construcción	SI	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	65%	Valorización económica y medio ambiental		
	NO		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	35%			
10	¿Es importante para el medio ambiente reusar, reciclar o reducir los desechos de materiales de construcción?	SI	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	100%			
		NO																					0%		

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Apéndice 2. **Observaciones de los resultados de la encuesta a cerca del conocimiento de los desechos de materiales de construcción**

	No.	Pregunta	Possible respuesta	%	Observaciones
Plan de Gestión	1	Sabe usted ¿qué son los desechos de materiales de construcción y demolición?	SI	15%	Se puede observar que todos los colaboradores de la empresa en un 100% manifiestas que la empresa no tiene una plan de manejo de estos desechos, también que el 85% desconoce la terminología que se usa para nombrar a estos desechos.
			NO	85%	
	2	¿La empresa tiene un plan de manejo de desechos de materiales de construcción y demolición?	SI	0%	Se puede observar que todos los colaboradores de la empresa en un 100% manifiestas que la empresa no tiene una plan de manejo de estos desechos, también que el 85% desconoce la terminología que se usa para nombrar a estos desechos.
			NO	100%	
Manejo de desechos de materiales construcción y demolición	3	¿Cuáles son los materiales de desecho que más se generan en la edificación escoja 3?	Metales	30%	Los 3 materiales de desecho que más se generan, según los colaboradores son: un 70% de mampostería, un 70% de concreto, un 60% de desechos de madera.
			Mampostería	70%	
			Cerámicos	20%	
			Madera	60%	
			Concreto	70%	
			Suelos	50%	
			Plásticos	10%	
			Otros		
	4	¿se hace una clasificación de los desechos de materiales que se generan en la obra?	SI		Un 100% de los encuestados, manifestó que no se hace una clasificación de los desechos generados. Con este resultado podemos observar, que no se hace una clasificación en cuanto a conocer sus cantidades y volúmenes.
			NO	100%	
5	¿Es importante reusar, reciclar, reducir los desechos de materiales de construcción?	SI	90%	Un 90% cree importante darles un tratamiento a los desechos ya sea para reciclar, reutilizar o reducir la utilización de materia prima.	
		NO	10%		
6	¿Tienen algún lugar específico en obra para almacenar los desechos de materiales?	SI	5%	El 95% manifestó que no hay un lugar específico dentro de la obra en construcción, para un almacenamiento temporal.	
		NO	95%		
7	¿Qué tipo de tratamiento se les da a los desechos de materiales que se generan en la obra?	Se Reúsan	8%	El tratamiento de un material consiste en la transformación, para un uso diferente de este desecho; esto en el caso del reciclaje. La reutilización tiene que ver con su aprovechamiento, sin transformarlo para su uso en diferentes fases de la obra y la reducción que consiste en reducir el consumo de materia prima. Un 100% de los colaboradores declaro que no se les da ningún tratamiento a los desechos.	
	Se Reciclan	0%			
	Se Reducen	0%			
	Ninguno	100%			
8	¿La disposición final de los desechos de construcción y demolición se hace en un lugar autorizado por las autoridades municipales?	SI	0%	La disposición final de estos desechos no se hace en su totalidad, en un lugar autorizado por la autoridad municipal. Ya que no se cuenta con algún lugar para su depósito adecuado por esta entidad. El 100% de los desechos no se disponen adecuadamente.	
		NO	100%		
Valorización económica y medio ambiental	9	¿Cree usted que tienen algún valor económico los desechos de construcción y demolición?	SI	65%	El 65% de los sujetos manifestó que si tienen valor económico estos desechos.
			NO	35%	
10	¿Es importante para el medio ambiente reusar, reciclar o reducir los desechos de materiales de construcción?	SI	100%	El 100% de los encuestados cree que, si es importante para el medio ambiente reusar, reciclar o reducir los desechos generados. Con esta respuesta se observa que si hay una valoración medio ambiental de estos.	
		NO	0%		

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Apéndice 3.

Matriz de partes interesadas del proceso de manejo de desechos de construcción y demolición

MATRIZ DE PARTES INTERESADAS																			
Información de identificación				Información de evaluación					Clasificación de los interesados			Alcance e impacto del proyecto	Estrategias para la gestión		Procedimiento para actualizar y refinar el plan de gestión				
Nombre	Puesto	Organización / Empresa	Ubicación	Rol en el proyecto	Información de contacto	Requisitos principales	Estrategias principales	Grado de influencia	Grado de interés	Fase de interacción	Interno / Externo	Partido	Partido	Operador	Neutro	Partido	Líder	Grado de interacción	Frecuencia para revisar el registro
Gerente	Administrador de proyectos	Empresa Inmobiliaria	San Lucas Sacatepéquez	Administrador de todo el proyecto operativo, financiera y de calidad.	lucmasa@banalc.com	Rentabilidad	Generar y mantener la inversión	Alto	Alto	Fase de desarrollo del proyecto	Interno	Partidario	Partidario				C	Mantener Satisfacción	Trimestral
Encargado de ejecución y supervisión de proyectos	Encargado de ejecución y supervisión de todo el proceso	Empresa Inmobiliaria	San Lucas Sacatepéquez	Ejecución y supervisión de todo el proceso	lucmasa@banalc.com	Productos de calidad con cumplimiento de requisitos del producto	Abastecimiento, calidad y tiempos de entrega	Positivo	Alto	Planificación y ejecución	Externo	Partidario	Partidario				D	Comunicar Adecuadamente	Semanal
Colaboradores	Varios	Empresa Inmobiliaria	San Lucas Sacatepéquez	Mantener la operación y la ejecución de los proyectos. Ejecución	luc@banalc.com	Completar con cumplimiento de asignadas	Ejecución del proyecto cumpliendo estándares	Positivo	Medio	Ejecución	Interno	Neutro	Neutro				D	Comunicar Adecuadamente	Quincenal
Municipalidad y Municipios Regales	Administración del Municipio y Regales	Pública	San Lucas Sacatepéquez	Administración municipal en materia de licencias de construcción, licencias sanitarias, Compañías de desecho	lucmasa@banalc.com	Licencias, permisos y registros	Autorización para la operación	Positivo	Alto	Inicio del proceso de planificación	Externo	Partidario	Partidario				D	Mantener Informado	Anual
Residenciales	Ciudadanos	Empresa Inmobiliaria	Escuela	Compañías de desecho	lucmasa@banalc.com	Proveer de servicio de desecho, adaptación, adecuación del terreno y traslado de los desechos	Adquisición de desechos	Positivo	Alto	Ejecución	Externo	Partidario	Partidario				D	Mantener Satisfacción	Semanal
Consumidor final	Ciudadanos	Venta	San Lucas Sacatepéquez	Desecho de bienes inmuebles	Usuario	Adaptación del terreno y traslado de los desechos	Adquisición de producto final	Positivo	Alto	Ejecución	Externo	Partidario	Partidario				D	Mantener Satisfacción	Semanal

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Apéndice 4. **Matriz de riesgos del manejo de desechos de materiales de construcción**

Matriz de Riesgo de Desechos de construcción										
Identificación				Análisis cualitativo			Análisis cuantitativo			
Riesgos	Consecuencias	Soporte	Causas	I	P	PR	VME	Planes de respuesta	Sintomas	Responsable del riesgo
Generación de desechos sin control	Aumento de costos	Observación de prácticas de manejo de desecho en la construcción	Falta de plan de manejo de desechos de construcción	Medio	Medio	Medio	Sin valor estimado	Contar con un plan de manejo de desechos de construcción	Aumento de costos	PM y colaboradores
Lugar inapropiado de Almacenamiento	Afecta movilidad de trabajo	Observación de prácticas de manejo de desecho en la construcción	Falta de plan de manejo de desechos de construcción	Medio	Medio	Medio	Sin valor estimado	Contar con un plan de manejo de desechos de construcción	Falta de movilidad	PM y colaboradores
Transporte no adecuado	Aumento de costos en la logística de transporte de desechos	Observación de prácticas de manejo de desecho en la construcción	Falta de plan de manejo de desechos de construcción	Medio	Medio	Medio	Sin valor estimado	Contar con un plan de manejo de desechos de construcción	Aumento de área de almacenamiento de desechos	PM y colaboradores
Carencia de Tratamiento	Perdida de integración al medio ambiente	Observación de prácticas de manejo de desecho en la construcción	Falta de plan de manejo de desechos de construcción	Alto	Alto	Alto	Sin valor estimado	Contar con un plan de manejo de desechos de construcción	Disposición final en lugares no autorizados	PM y colaboradores
Lugar no autorizado de Disposición final	Contaminación medio ambiental	Observación de prácticas de manejo de desecho en la construcción	Falta de plan de manejo de desechos de construcción	Alto	Alto		Sin valor estimado	Contar con un plan de manejo de desechos de construcción	Contaminación ambiental	PM y colaboradores
Oportunidades	Consecuencias	Soporte	Causas	I	P	PR	VME	Planes de respuesta	Sintomas	Responsable del riesgo
Generación de desechos con control	Ahorro en costos	Observación de prácticas de manejo de desecho en la construcción	Se cuenta con un plan de manejo	Medio	Medio	Medio	Sin valor estimado	Contar con un plan de manejo de desechos de construcción	Actividad de bajo costo	PM y colaboradores
Almacenamiento adecuado de desechos	Orden en el lugar de trabajo	Observación de prácticas de manejo de desecho en la construcción	Se cuenta con un plan de manejo	Bajo	Bajo	Bajo	Sin valor estimado	Contar con un plan de manejo de desechos de construcción	Mobilidad de colaboradores en obra sin obstáculos	PM y colaboradores
Transporte adecuado de desechos	Ahorro de costos de transporte	Observación de prácticas de manejo de desecho en la construcción	Se cuenta con un plan de manejo	Bajo	Bajo	Bajo	Sin valor estimado	Contar con un plan de manejo de desechos de construcción	Área de almacenamiento estandarizada	PM y colaboradores
Alternativas de Tratamiento	Opción de tener productos renovables	Observación de prácticas de manejo de desecho en la construcción	Se cuenta con un plan de manejo	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Sin valor estimado	Contar con un plan de manejo de desechos de construcción	Nuevos productos para usos varios	PM y colaboradores
Disposición final en lugar autorizado	Gestión integral del medio ambiente	Observación de prácticas de manejo de desecho en la construcción	Se cuenta con un plan de manejo	Bajo	Bajo	Bajo	Sin valor estimado	Contar con un plan de manejo de desechos de construcción	Disposición final en lugar autorizado	PM y colaboradores

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

ANEXOS

Anexo 1. Indicadores de desempeño en gestión de desechos de construcción y demolición

Antecedentes Generales del Proyecto

EMPRESA: <input style="width: 90%;" type="text"/>	PROYECTO U OBRA: <input style="width: 90%;" type="text"/>	
TIPO DE OBRA: <input style="width: 90%;" type="text"/>	SUPERFICIE PROYECTO <input style="width: 90%;" type="text"/>	PRESUPUESTO O RCD <input style="width: 90%;" type="text"/>
FECHA DE INICIO <input style="width: 90%;" type="text"/>	FECHA DE TÉRMINO <input style="width: 90%;" type="text"/>	DURACIÓN PROYECTO: <input style="width: 90%;" type="text"/> 0 DÍAS

Factor de Comparación

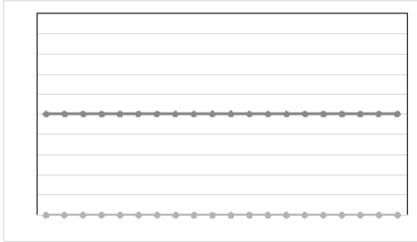
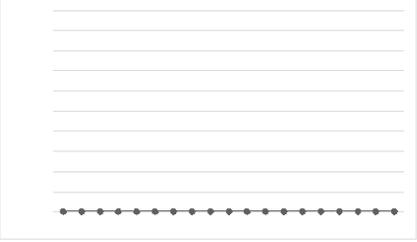
¿Cuál es el Factor de Generación Histórico de la Empresa? <input style="width: 90%;" type="text"/>	¿Cuál es el Factor de Generación de RCD con que se desea comparar? <input style="width: 90%;" type="text"/>	¿Cuál su Factor de Generación de RCD meta? <input style="width: 90%;" type="text"/>
--	---	---

Registros Mensuales

MES	Actividades en Ejecución (Si o No)			Avance Mensual de Obra (%)	Gasto Mensual en Plan de Gestión	RCD enviados a disposición final	RCD enviados a valorización (m3)	Factor de Generación Mensual (m3/m2)	Índice de Valorización Mensual (%)	Variación con FG de referencia (%)	Variación con FG meta (%)	Observaciones
	Obra Gruesa	Instalaciones	Terminación									
1								#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	
2								#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	
3								#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	
4								#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	
5								#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	
6								#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	
7								#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	
8								#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	
9								#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	
10								#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	
11								#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	
12								#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	
13								#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	
14								#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	
15								#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	
16								#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	
17								#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	
18								#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	
19								#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	
20								#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	

Fuente: Ossio, Salinas, Behar, Yáñez y Maluenda. (2020). *Plan de Gestión de Residuos en Obra Paso a Paso.*

Anexo 2. Factor de generación Comparativo

Factor de Generación Comparativo	
<p>Un factor comparativo superior a 100% indica que estamos generando menos RCD que nuestro dato de comparación. Al contrario, si el resultado es menor a 100% quiere decir que estamos generando más RCD que el valor de referencia.</p>	
Indicador de Valorización	
<p>El indicador de Valorización (M) muestra el porcentaje de Residuos valorizados versus el total de RCD (valorizados + los dispuestos en vertederos autorizados). El ideal de este indicador es que esté lo más cercano a 100%, así la generación de RCD será mínima y en el mejor de los casos nula.</p>	
Indicador de Eficiencia	
<p>Se refiere al desempeño financiero que lleva el plan de gestión de forma mensual. Si el valor del IE es mayor a 1 quiere decir que se está incurriendo en un gasto mayor al presupuestado. Al contrario, si es menor a 1, entonces no se están usando todos los recursos asignados al Plan de Gestión de RCD según el presupuesto.</p>	

Fuente: Ossio, Salinas, Behar, Yáñez y Maluenda. (2020). *Plan de Gestión de Residuos en Obra Paso a Paso*.