



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Química

**DISEÑO DEL MANEJO INTEGRAL DE RESIDUOS Y DESECHOS SÓLIDOS
GENERADOS A PARTIR DE EVENTOS MASIVOS DEPORTIVOS EN EL
ESTADIO CEMENTOS PROGRESO**

Moisés Alejandro Molina Cuéllar

Asesorado por el Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta

Guatemala, noviembre de 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DEL MANEJO INTEGRAL DE RESIDUOS Y DESECHOS SÓLIDOS
GENERADOS A PARTIR DE EVENTOS MASIVOS DEPORTIVOS EN EL
ESTADIO CEMENTOS PROGRESO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

MOISÉS ALEJANDRO MOLINA CUÉLLAR

ASESORADO POR EL ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA OCHAETA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO AMBIENTAL

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Oscar Humberto Galicia Nuñez
VOCAL V	Br. Carlos Enrique Gómez Donis
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Angel Roberto Sic García (a. i.)
EXAMINADOR	Ing. Carlos Salvador Wong
EXAMINADOR	Ing. Sergio Alejandro Recinos
EXAMINADOR	Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

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:

DISEÑO DEL MANEJO INTEGRAL DE RESIDUOS Y DESECHOS SÓLIDOS GENERADOS A PARTIR DE EVENTOS MASIVOS DEPORTIVOS EN EL ESTADIO CEMENTOS PROGRESO

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Química, con fecha 6 de junio de 2017.


Moisés Alejandro Molina Cuéllar



Guatemala, 05 de abril del 2018

Universidad San Carlos de Guatemala
Director Escuela de Ingeniería Química
Carlos Salvador Wong Davi
Facultad de Ingeniería

Ingeniero Carlos Wong:

Por este medio hago constar que doy por **Aprobado** el informe final de trabajo de graduación en modalidad de EPS (6 meses) titulado "**Diseño del manejo integral de residuos y desechos sólidos generados a partir de eventos masivos deportivos en el estadio Cementos Progreso**", el cual ha sido elaborado por el estudiante de ingeniería ambiental Moisés Alejandro Molina Cuéllar con registro académico 2011-22806 y se identifica con el Código Único de Identificación (CUI) 2149887590101

Sin otro particular, me suscribo a usted.

Atentamente,



Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta
Asesor
Colegiado No. 2473

Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta
Ingeniero Civil - Hidrogeólogo
Colegiado No. 2473



Guatemala, 24 de agosto de 2018.
Ref.EPS.DOC.705.08.18.

Inga. Christa Classon de Pinto
Directora Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Usac.

Inga. Christa Classon de Pinto:

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Moises Alejandro Molina Cuéllar** de la Carrera de Ingeniería Ambiental, con carné **201122806**, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **DISEÑO DEL MANEJO INTEGRAL DE RESIDUOS Y DESECHOS SÓLIDOS GENERADOS A PARTIR DE EVENTOS MASIVOS DEPORTIVOS EN EL ESTADIO CEMENTOS PROGRESO**.

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta
Asesor-Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Química



c.c. Archivo
MAAO/ra



Guatemala, 24 de agosto de 2018.
Ref.EPS.D.320.08.18.

Ing. Carlos Wong
Director Escuela de Ingeniería Química
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Wong:

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"DISEÑO DEL MANEJO INTEGRAL DE RESIDUOS Y DESECHOS SÓLIDOS GENERADOS A PARTIR DE EVENTOS MASIVOS DEPORTIVOS EN EL ESTADIO CEMENTOS PROGRESO"** que fue desarrollado por el estudiante universitario **Moises Alejandro Molina Cuéllar**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ingeniero Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte del Asesor-Supervisor de EPS, en mi calidad de Directora apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"


Inga. Christa Classon de Pinto
Directora Unidad de EPS



CCdP/ra



Guatemala, 20 de agosto de 2018.
Ref. EIQ.TG-IF.031.2018.

Ingeniero
Carlos Salvador Wong Davi
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Química
Facultad de Ingeniería

Estimado Ingeniero Wong:

Como consta en el registro de evaluación del informe final EIQ-PRO-REG-007 correlativo **049-2017** le informo que reunidos los Miembros de la Terna nombrada por la Escuela de Ingeniería Química, se practicó la revisión del:

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADUACIÓN
-Modalidad Ejercicio Profesional Supervisado con Seminario de Investigación-

Solicitado por el estudiante universitario: **Moisés Alejandro Molina Cuéllar**.
Identificado con número de carné: **2149 88759 0101**.
Identificado con registro académico: **2011-22806**.
Previo a optar al título de **INGENIERO AMBIENTAL**.


Siguiendo los procedimientos de revisión interna de la Escuela de Ingeniería Química, los Miembros de la Terna han procedido a **APROBARLO** con el siguiente título:

DISEÑO DEL MANEJO INTEGRAL DE RESIDUOS Y DESECHOS SÓLIDOS
GENERADOS A PARTIR DE EVENTOS MASIVOS DEPORTIVOS EN EL ESTADIO
CEMENTOS PROGRESO

El Trabajo de Graduación ha sido asesorado por el Ingeniero Civil: **Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta**.

Habiendo encontrado el referido informe final del trabajo de graduación **SATISFACTORIO**, se autoriza al estudiante, proceder con los trámites requeridos de acuerdo a las normas y procedimientos establecidos por la Facultad para su autorización e impresión.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"


Ing. Jaime Domingo Carranza González
COORDINADOR DE TERNA
Tribunal de Revisión
Trabajo de Graduación



C.c.: archivo



Agencia Centroamericana de Acreditación de
Programas de Arquitectura y de Ingeniería





Ref.EIQ.TG.039.2018

El Director de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor y de los Miembros del Tribunal nombrado por la Escuela de Ingeniería Química para revisar el Informe del **Ejercicio Profesional Supervisado (EPS final) de la carrera de Ingeniería Química** del (la) estudiante, **MOISÉS ALEJANDRO MOLINA CUÉLLAR** titulado: **"DISEÑO DEL MANEJO INTEGRAL DE RESIDUOS Y DESECHOS SÓLIDOS GENERADOS A PARTIR DE EVENTOS MASIVOS DEPORTIVOS EN EL ESTADIO CEMENTOS PROGRESO"**. Procede a la autorización del mismo, ya que reúne el rigor, la secuencia, la pertinencia y la coherencia metodológica requerida.

"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Carlos Salvador Wong Davi
Director
Escuela de Ingeniería Química

FACULTAD DE INGENIERIA USAC
ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA
DIRECTOR

Guatemala, octubre de 2018

Cc: Archivo
CSWD/ale



Universidad de San Carlos
de Guatemala

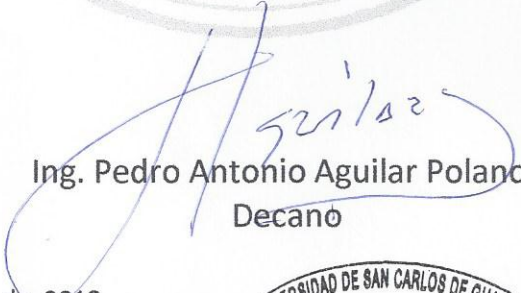


Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 463.2018

El Decano 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 Ingeniería Química, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DEL MANEJO INTEGRAL DE RESIDUOS Y DESECHOS SÓLIDOS GENERADOS A PARTIR DE EVENTOS MASIVOS DEPORTIVOS EN EL ESTADIO CEMENTOS PROGRESO**, presentado el estudiante universitario: **Moisés Alejandro Molina Cuéllar**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano

Guatemala, noviembre de 2018

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

Dios

Por la oportunidad de brindarme vida y salud para culminar mis estudios.

Mis padres

Quienes son los pilares importantes de mi vida, quienes han participado y me han formado en la persona quien soy. Por darme la oportunidad de seguir estudiando a nivel de licenciatura y apoyarme durante toda la carrera.

Mis hermanos

Quienes me brindaron su apoyo incondicional durante todo mi periodo de estudio en la facultad.

AGRADECIMIENTOS A:

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Por ser la casa de estudios donde logre finalizar mi licenciatura.

Facultad de Ingeniería

Por permitirme empezar y culminar mis estudios de ingeniero ambiental.

**Departamento Estratégico
de Gestión Ambiental de
Cementos Progreso**

Por la oportunidad que me brindó para realizar mi ejercicio profesional supervisado (EPS) y darme la oportunidad de involucrarme en diferentes roles que permitieron madurar mis pensamientos, mejorar en experiencia y conocer nuevos campos en ingeniería ambiental que desconocía. Por la confianza que se depositó en mí en la asignación de diferentes actividades.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS.....	VII
GLOSARIO.....	IX
RESUMEN.....	XIII
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN.....	XVII
1. ANTECEDENTES.....	1
2. MARCO TEÓRICO.....	5
2.1. Estadio Cementos Progreso.....	5
2.1.1. Ubicación geográfica.....	5
2.1.2. Ubicación política-administrativa.....	6
2.1.3. Clima.....	6
2.1.4. Factores bióticos.....	6
2.1.5. Flora y fauna.....	7
2.1.6. Personal.....	7
2.1.7. Servicios básicos.....	7
2.1.7.1. Agua.....	8
2.1.7.2. Drenaje.....	8
2.1.7.3. Energía eléctrica.....	8
2.1.7.4. Manejo y disposición final de desechos.....	8
2.2. Gestión integral de los desechos sólidos.....	9
2.2.1. Manejo de desechos y residuos sólidos.....	9

	2.2.1.1.	Generación.....	10
	2.2.1.2.	Recolección.....	11
	2.2.1.3.	Transporte.....	12
	2.2.1.4.	Tratamiento.....	12
	2.2.1.5.	Disposición final.....	17
2.2.2.		Componente legal.....	17
	2.2.2.1.	Acuerdo Gubernativo 281-2015.....	17
	2.2.2.2.	Acuerdo Municipal 028-2002.....	19
2.2.3.		Componente social.....	20
	2.2.3.1.	Compromiso de todas las partes involucradas.....	20
2.2.4.		Educación y capacitación.....	21
2.2.5.		Económico - financiero.....	22
2.2.6.		Institucional.....	23
2.3.		Eventos masivos.....	23
	2.3.1.	Eventos deportivos.....	24
	2.3.2.	Eventos religiosos.....	24
	2.3.3.	Eventos musicales.....	25
2.4.		Gestión para eventos masivos.....	26
	2.4.1.	Pasos para lograr un manejo para evento masivo ..	27
3.		DISEÑO METODOLÓGICO.....	29
3.1.		Variables.....	29
	3.1.1.	Delimitación del campo de estudio.....	29
	3.1.2.	Recursos humanos disponibles.....	29
	3.1.3.	Recursos materiales disponibles.....	30
	3.1.4.	Técnica cualitativa o cuantitativa.....	30
	3.1.5.	Recolección y ordenamiento de la información.....	31
	3.1.5.1.	Consulta bibliográfica.....	31

	3.1.5.2.	Visitas de campo	31
3.1.6.		Tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información	32
	3.1.6.1.	Caracterización.....	32
	3.1.6.2.	Plan para el manejo integral de los residuos y desechos sólidos	32
3.1.7.		Análisis estadístico	33
	3.1.7.1.	Cálculo para el área de depósito y separación de los residuos sólidos	33
	3.1.7.2.	Cálculo del volumen total generado de desechos y residuos sólidos	33
	3.1.7.3.	Personal para la recolección interna....	34
	3.1.7.4.	Producción <i>per cápita</i> (PPC)	34
	3.1.7.5.	Densidad	34
3.1.8.		Composición de la basura	35
3.1.9.		Plan de análisis de los resultados.....	35
	3.1.9.1.	Métodos y modelos de los datos según el tipo de variable.....	35
	3.1.9.2.	Programas a utilizar para el análisis de datos.....	36
4.		RESULTADOS	37
4.1.		Composición y propiedades de los desechos y residuos sólidos del estadio Cementos Progreso	37
4.2.		Plan de manejo de desechos y residuos sólidos para el estadio Cementos Progreso	39
	4.2.1.	Generación	39
	4.2.1.1.	Basureros	39
	4.2.2.	Recolección y transporte	41

4.2.3.	Tratamiento	44
4.2.4.	Empresas de reciclaje	45
4.2.5.	Almacenamiento temporal dentro del estadio	45
4.2.6.	Plan de educación ambiental	46
4.2.6.1.	Dar a conocer el plan de manejo de los residuos y desechos sólidos	46
4.2.6.2.	Tren de aseo	47
4.2.6.3.	Almacenamiento y clasificación de residuos y desechos sólidos.....	47
4.2.7.	Estrategias de comunicación.....	48
4.2.8.	Indicadores de éxito	51
4.3.	Análisis costo-beneficio del proyecto	52
5.	INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	55
6.	LOGROS OBTENIDOS.....	59
	CONCLUSIONES.....	61
	RECOMENDACIONES	63
	BIBLIOGRAFÍA.....	65
	APÉNDICES.....	69
	ANEXO	77

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Depósito del estadio Cementos Progreso	3
2.	Clasificación de tipos de plástico	14
3.	Aplicación de los polímeros.....	15
4.	Composición de residuos y desechos sólidos.....	38
5.	Diseño de buzón de basura	41
6.	Diseño del contenedor para recolección de residuos y desechos sólidos	42
7.	Propuesta de ruta de aseo	44
8.	Ejemplos para rótulos de recipientes de basura	50
9.	Ejemplos de publicidad	51

TABLAS

I.	Ubicación del estadio Cementos Progreso	6
II.	Clasificación de residuos y desechos sólidos	11
III.	Variables dependiente e independiente	29
IV.	Composición de los residuos y desechos sólidos del estadio Cementos Progreso	37
V.	Densidad y PPC.....	38
VI.	Separación sugerida para el manejo de los desechos sólidos.....	39
VII.	Plan de educación.....	48
VIII.	Contabilización del esfuerzo para minimizar desechos.....	52
IX.	Calificando el éxito	52

X.	Análisis costo-beneficio con basureros normal	53
XI.	Análisis costo-beneficio con basureros clasificadores	54

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
ρ	Densidad
PPC	Producción <i>per cápita</i>
TIR	Tasa interna de retorno
VPN O VAN	Valor presente neto

GLOSARIO

Aprovechamiento	Utilizar un material de tal forma para obtener un beneficio.
Análisis costo-beneficio	Técnica que permite valorar inversiones teniendo en cuenta aspectos económicos, sociales y ambientales.
Caracterización	Consiste en determinar la composición de residuos y desechos sólidos que han sido generados en un lugar específico.
Contaminación	Alteración de un parámetro físico o químico que puede provocar daños al ambiente y al ser humano.
Desecho sólido	Material que se genera luego de haber sido utilizado por el ser humano y que no tienen ninguna forma de aprovechamiento (reutilización o reciclaje) o un valor. Este debe ser depositado en un relleno sanitario.
Evento masivo	Congregación de personas a gran escala que se reúnen en un lugar con la capacidad e infraestructura para participar en actividades reguladas en su propósito.

Gestión integral	Conjunto de actividades que están interrelacionadas entre sí con acciones específicas que permiten definir e implementar lineamientos para alcanzar objetivos trazados.
Impacto	Es el efecto que produce la actividad humana al ambiente.
Manejo integral de residuos y desechos sólidos	Incluye un conjunto de planes, normas y acciones a implementar desde la generación, transporte, tratamiento y disposición final de los residuos y desechos sólidos.
Orgánico	Material que proviene de la flora y fauna y que su degradación es en un periodo corto de tiempo.
Producción <i>per cápita</i>	Cantidad de desechos y residuos sólidos que se generan por habitante al día en un espacio determinado.
Reciclaje	La transformación de un residuo sólido por medio de un proceso para que pueda ser utilizable.
Rentabilidad	Se refiere a beneficios que se pueden obtener de una inversión que se ha realizado previamente.
Residuos sólidos	Material que se genera luego de haber sido utilizado por el ser humano y tiene potencial para el aprovechamiento por medio de reutilización o reciclaje.

Tasa interna de retorno	Es la tasa de rentabilidad que ofrece una inversión, o bien, es la tasa que hace que el VAN sea igual a cero.
Valor actual neto	Es un procedimiento que permite calcular el valor presente (hoy) un determinado flujo que ha sido proyectado en el futuro.
Vertedero	Espacio físico donde se vierte basura, residuos o escombros sin ningún tipo de control ambiental.
Vector	Organismo que transmite un agente infeccioso desde los individuos afectados a otros que aún no portan dicho agente infeccioso.

RESUMEN

Este proyecto tiene como objetivo diseñar un plan integral para el manejo de desechos y residuos sólidos que se producen en eventos masivos deportivos dentro del estadio Cementos Progreso; la finalidad es darle un aprovechamiento a los residuos sólidos y disponer únicamente los desechos sólidos al vertedero de la zona 3. El campo de estudio se delimitó a las instalaciones deportivas del estadio.

Para el proyecto se realizó una caracterización utilizando el método Sakurai, con el cual se conoció la composición, densidad y producción *per cápita* de los residuos y desechos que se generan en el estadio.

Con los resultados de la caracterización se procedió a realizar una serie de cálculos que fueron utilizados para el plan de manejo de los desechos y residuos sólidos, el cual está compuesto por: generación, recolección y transporte, tratamiento y disposición final dentro del estadio; también, se incluye un plan de educación para el personal de mantenimiento y administrativo del estadio y estrategias de comunicación.

Por último, se plantea el reciclaje como tratamiento para los residuos sólidos, ya que es un método que reduce el uso de materias primas y desechos generados. Para este tratamiento se realizó un estudio de rentabilidad; se calculó VAN, TIR y costo-beneficio para determinar la viabilidad del proyecto.

Como resultado se diseñó un plan de manejo para residuos y desechos con especificaciones técnicas y se determinó que el proyecto en un periodo de

5 años no es rentable, pero con su implementación brinda una serie de beneficios ambientales directos e indirectos para el establecimiento, los cuales se detallan en este informe.

OBJETIVOS

General

Proponer un plan de gestión integral para los residuos y desechos sólidos que se generan en los eventos masivos deportivos del estadio Cementos Progreso y brindarle un aprovechamiento a los residuos sólidos.

Específicos

1. Estimar la composición de los desechos y residuos sólidos del estadio mediante la caracterización.
2. Plan de manejo integral desde la generación hasta disposición final de los desechos y residuos sólidos dentro del estadio.
3. Determinar una relación costo-beneficio para el aprovechamiento de los residuos sólidos.

INTRODUCCIÓN

El estadio Cementos Progreso fue inaugurado en 1991; desde entonces ha sido la sede de diferentes eventos masivos. Arquitectónicamente, el estadio tiene un sistema tradicional de construcción de mampostería a cielo abierto y no posee ninguna estructura de cierre. El complejo deportivo en sus especificaciones de funcionamiento y construcción ha sido validado para estándares de la Fifa.

En el ámbito de la mejora continua, se propuso abordar el tema de residuos y desechos sólidos para el estadio, a partir de una serie de eventos con alta afluencia de personas, que evidenciaron la necesidad de implementar un plan para su manejo adecuado.

Para ello se realizó un diagnóstico del lugar por medio de una descripción actual de la manera como son recolectados y depositados los materiales que se generan al finalizar el evento. Además, en las inspecciones de campo se realizaron entrevistas al personal: resaltaron la problemática que han tenido que enfrentar en relación al tema. Una limitante para el proyecto, que se demostró con el diagnóstico, es que no se cuenta con ningún tipo de registro o control sobre la generación y composición de los residuos y desechos. Otro factor que limitó la investigación es que los eventos que se realizan, como en todo lugar, tienen una periodicidad muy variada.

Con ello se pretende brindar una propuesta en relación a un manejo integral de residuos y desechos sólidos que se generan a partir de eventos masivos dentro de las instalaciones del estadio Cementos Progreso. Los

objetivos trazados para esta investigación son: generar una línea base sobre los residuos y desechos, a partir de una caracterización; generar un plan de manejo integral para aprovechar los residuos y disponer los desechos sólidos; por último, realizar una relación de costo-beneficio y observar los beneficios económicos que se pueden generar a través del proyecto.

Con la implementación de esta propuesta se espera que se reduzca el volumen de basura que se transporta hacia el vertedero de la zona 3. Sumado a ello, el estadio Cementos Progreso sería el primer estadio en Guatemala y el segundo en un país de Centroamérica en implementar políticas en residuos y desechos sólidos para eventos masivos; se espera que el proyecto sea replicado toda la república para mejorar las condiciones sanitarias del país.

1. ANTECEDENTES

El estadio Cementos Progreso es un complejo deportivo ubicado en la zona 6 de la ciudad de Guatemala. Dentro de las instalaciones del estadio se han realizado eventos masivos de diferentes índoles como: conciertos musicales, eventos religiosos y eventos deportivos.

“Las instalaciones del complejo deportivo tienen la capacidad de albergar, según el EDA”¹ de 14 250 personas ubicadas en el área de graderío. Para eventos no deportivos, el estadio dispone de la pista de atletismo y la gramilla para ubicar personas, lo cual resulta en una capacidad total del estadio de 25 000 personas aproximadamente.

Se estima que al año se llegan a celebrar al menos 12 eventos masivos de tipo deportivo dentro del estadio. En todos estos eventos se generan desechos y residuos sólidos que no son manejados correctamente y únicamente son dispuestos en el vertedero de la zona 3.

El lugar cuenta con servicio de extracción mensual de basura por parte de servicios de recolección privada. Dentro del estadio, el personal de mantenimiento se encarga de realizar el aseo de todo el complejo deportivo y almacenar los desechos y residuos en un depósito hasta que el camión en su ruta de tren de aseo pasa a recolectarlos y los transporta al basurero de la zona 3.

¹ *Diagnóstico ambiental del estadio Cementos Progreso.* <http://www.cempro.com/index.php/quienes-somos/practicas-ambientales>. Consulta: 29 de julio de 2017.

Dentro del complejo deportivo no se cuenta con control ni registro sobre el volumen de desechos que se genera en cada evento; tampoco, se cuenta con asistencia de personas para cada evento. Según datos recopilados en campo, un problema que se registró en repetidas ocasiones es que el depósito general para almacenar los residuos y desechos no se da abasto para la cantidad de material que se genera. Actualmente, dicho depósito tiene una capacidad de 30 m³.

Para el 2016, el estadio Cementos Progreso albergó tres eventos consecutivos en una periodicidad muy corta, el camión del tren de aseo de la zona no recolectó los desechos sino hasta finalizar los 3 eventos. Dichos eventos fueron un religioso y 2 conciertos musicales lo que ocasionó que las bolsas de basura se colocaran fuera del depósito del estadio, ocupando un espacio de parqueo que se ubica cerca de la sala de prensa. Sin tener datos sobre el tema en dicha ocasión, se estima según datos de la organización panamericana de la salud, (OPS), que la cantidad de residuos y desechos que se generó fue de casi 4 000 kg, los cuales fueron depositados en el vertedero de la zona 3.

Como consecuencia de este percance, se tomaron decisiones para no permitir que se repita este tipo de incidentes y que se propongan planes para solucionar dichos incidentes.

Figura 1. **Depósito del estadio Cementos Progreso**



Fuente: elaboración propia.

En la fotografía se observa que el área destinada para almacenar los desechos no fue suficiente, por lo que los encargados de limpieza del estadio tuvieron que apilar en la parte externa las bolsas negras de manera ordenada.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Estadio Cementos Progreso

“El estadio fue inaugurado el 10 de noviembre de 1991; en sus inicios, el estadio llevaba el nombre de Estadio Carlos F. Novella; luego, con el tiempo se nombró como estadio La Pedrera y, actualmente, se conoce como estadio Cementos Progreso”².

El estadio se encuentra ubicado en un terreno en donde se extrajo material (cantera) para la planta de cemento en la finca La Pedrera. El terreno está constituido por el estadio, parqueos, canchas alternas y bosque. Las instalaciones son rentadas a promotores de eventos religiosos, partidos de fútbol, conciertos musicales, etc.

2.1.1. Ubicación geográfica

El estadio se encuentra localizado en la zona 6 del municipio de Guatemala. Sus coordenadas son:

² *Diagnóstico ambiental del estadio Cementos Progreso*. <http://www.cempro.com/index.php/quienes-somos/practicas-ambientales>. Consulta: 29 de julio de 2017.

Tabla I. **Ubicación del estadio Cementos Progreso**

Coordenadas geográficas	Coordenadas UTM
Latitud 14°40'34,38" norte Longitud 90°29'16,28" oeste	Zona 15N 770581,76 este, 1623948,20 norte

Fuente elaboración propia.

2.1.2. Ubicación política-administrativa

El estadio se ubica en la 15 avenida, 28-00, zona 6 del departamento de Guatemala. El acceso está en la calle Martí por la 15 avenida hasta llegar al bulevar La Pedrera; una vez en el bulevar se continúa en el camino hasta encontrar del lado izquierdo la entrada del estadio.

2.1.3. Clima

“La precipitación del área oscila en un promedio de 1 100 a 1 349 milímetros al año. La temperatura promedio está en un rango de 20 °C a 26 °C dependiendo los meses del año”³.

2.1.4. Factores bióticos

Se describe la situación de la flora y fauna actual en el área del complejo deportivo.

³ *Diagnóstico ambiental del estadio Cementos Progreso.* <http://www.cempro.com/index.php/quienes-somos/practicas-ambientales>. Consulta: 29 de julio de 2017.

2.1.5. Flora y fauna

El lugar tiene las especies nativas: pino colorado, casuarina, roble, ciprés y hoja de lija. La parte noroeste se ha reforestado el barranco con pino y casuarinas.

Las especies de fauna que se encontraron en el lugar fueron:

- Aves: pájaro carpintero, tecolote, cenizote de agua
- Mamíferos: conejo, ardilla y comadreja
- Reptiles: víbora, cantil y mazacuata⁴

2.1.6. Personal

Dentro de las instalaciones se cuenta con personal de mantenimiento, seguridad y personal administrativo. Cuenta con 3 administradores del estadio, 13 personas que ayudan a darle mantenimiento y aseo a todo el lugar para mantenerlo en óptimas condiciones y 10 personas se encargan de la seguridad que trabajan por turnos.

2.1.7. Servicios básicos

Las instalaciones cuentan con todos los servicios básicos.

⁴ *Diagnóstico ambiental del estadio Cementos Progreso.* <http://www.cempro.com/index.php/quienes-somos/practicas-ambientales>. Consulta: 29 de julio de 2017.

2.1.7.1. Agua

“Se cuenta con pozo propio con una profundidad aproximada de 1 200 pies, con aforo de 215 galones por minuto. Esta agua se usa para lavamanos, duchas, inodoros, mingitorios, etc.”⁵

2.1.7.2. Drenaje

El sistema de drenajes separa aguas negras de las aguas pluviales. El sistema de recolección de aguas negras utiliza tubería de 12 pulgadas que conduce el agua hacia un sistema de tratamiento y posteriormente a dos pozos de absorción. El sistema de aguas pluviales recolecta el agua de lluvia y la lleva hacia los pozos de visita.

2.1.7.3. Energía eléctrica

“El servicio de energía eléctrica es suministrado por la empresa eléctrica de Guatemala. Se cuenta con un generador marca Caterpillar con el cual se puede abastecer la energía de las torres de iluminación del estadio”⁶.

2.1.7.4. Manejo y disposición final de desechos

Toda la basura que se genera dentro de las instalaciones del estadio es recolectada por servicios de colectores privados (camiones amarillos) autorizados por la municipalidad. Los desechos y residuos son transportados y depositados en el basurero de la zona 3.

⁵. *Diagnóstico ambiental del estadio Cementos Progreso*. <http://www.cempro.com/index.php/quienes-somos/practicas-ambientales>. Consulta: 29 de julio de 2017.

⁶. *Ibíd.*

Los desechos líquidos como aceite y lubricantes no son vertidos en el drenaje de aguas negras, se les da otro uso.

2.2. Gestión integral de los desechos sólidos

Todos los desechos, a su vez, generan impactos económicos importantes relacionados con el tratamiento y su disposición final. Se le conoce gestión de los residuos sólidos al sistema de acciones u operaciones desde el momento de la generación del residuo hasta su disposición final; se deben tener en cuenta las características de los residuos: socioeconómicas y de volumen, su procedencia, costo de emisión y tratamiento, directrices administrativas y posibilidades de recuperación.

“La gestión de los residuos sólidos urbanos presupone la aplicación de técnicas, tecnologías y programas específicos que permitan el logro de los objetivos trazados. Para lograr esto es preciso conocer elementos que condicionan como: la clasificación, sus propiedades y las etapas del ciclo de vida”⁷.

2.2.1. Manejo de desechos y residuos sólidos

El manejo integral de los desechos y residuos sólidos está compuesto por una serie de etapas que abarcan desde la generación hasta la disposición final. El conocimiento del ciclo permite generar políticas para un mejor manejo. El manejo incluye:

⁷ Organización de las Naciones Unidas para el desarrollo Industrial. *Guía para la gestión integral de los residuos sólidos urbanos*. p.13.

2.2.1.1. Generación

Es la primera etapa del ciclo de vida de los desechos y este paso se genera en el hogar, la empresa, la industria, etc. Está muy relacionado con la conciencia de los habitantes y las características socioeconómicas de la población.

Esta es la parte más importante del manejo de la basura. Aquí el individuo debe tener conciencia ambiental en la forma que descarta todo aquello que ya no le es útil. En este punto es importante aplicar las 3 R (reducir, reusar, reciclar); una vez aplicado, entonces, ya se descarta lo que realmente no le sirve por medio de una clasificación de los desechos y residuos.

En la clasificación se separan los residuos y los desechos. Los residuos se pueden clasificar de diferentes formas y criterios, dependiendo de la importancia que le asigne el usuario, la empresa o la entidad. Esto dependerá de la utilización, el tipo de tratamiento a implementar o peligrosidad. Es importante conocer que para la mayoría de los países en Latinoamérica el principal componente en los residuos es orgánico el cual llega a representar entre 50 % - 70 % del total. A continuación, se presenta una tabla de los tipos de residuos y su clasificación.

Tabla II. **Clasificación de residuos y desechos sólidos**

Por su composición química	Orgánicos
	Inorgánicos
Por su utilidad o punto de vista económico	Reciclables
	No reciclables
Por su origen	Domiciliarios
	Comerciales
	Constructivos
	Industriales
	Agrícolas
Por el riesgo	Peligrosos
	No inertes
	Inertes

Fuente: Faculty of Tourism and Hospital Management. *Zero waste guidelines for events and festivals*. p. 16.

2.2.1.2. Recolección

En esta etapa los residuos son retirados del lugar donde se generaron y colocados en el medio de transporte utilizado por los recolectores (camión, carreta, bicicleta, etc). En la recolección es necesario que las unidades cuenten con diferentes compartimientos según los materiales hayan sido clasificados previamente. En muchos casos el proceso falla específicamente en este punto, donde se mezclan los materiales previamente clasificados.

2.2.1.3. Transporte

Esta etapa tiene como función primordial el facilitar el transbordo de lo recolectado hacia un sitio de disposición final. El transporte generalmente se realiza desde el lugar que ha sido servida y se llega hasta el relleno sanitario o sitio donde será tratado y depositado el material. En muchos casos, es necesario transportar la basura distancias mayores de 20 kilómetros.

2.2.1.4. Tratamiento

Esta fase muchas veces se realiza en una estación ubicada dentro de las instalaciones del relleno sanitario. Aquí se separa el material clasificado y se le aplican el tratamiento adecuado. Los métodos para brindarle tratamiento a la basura residen principalmente en su composición. Existen varios métodos que van directamente relacionados a un tipo específico de basura:

- Compostaje

Este es un procedimiento que se aplica a los elementos orgánicos; estos se definen como todo tipo de restos de animales y todo aquel material que proviene de la tierra como plantas, frutas, verduras, etc. El compost se genera a partir de la descomposición de la materia orgánica por vía aeróbica o anaeróbica con presencia de bacterias las cuales ayudan a descomponer los tejidos y al final lo que queda son los restos ya procesados que comúnmente se le llama abono orgánico. Se le denomina abono por la riqueza en nutrientes que posee el compost en su fase final y es muy utilizado para la nutrición de todo tipo de plantas.

- Combustible Derivado de la basura (RDF)

Este es un tipo de clasificación de la basura en donde lo que interesa separar son todos aquellos desechos cuyo poder calorífico es alto para utilizarlo como forma alternativa de combustible en procesos de incineración. Estos son utilizados únicamente en la industria del cemento ya que los hornos de incineración que utilizan sobrepasan los 1 300 °C lo que evita la aparición de dioxinas y furanos. Comúnmente en este proceso los materiales que interesan son:

- Plástico
- Caucho
- Hule
- Aceites
- Combustibles
- Entre otros

Es necesario hacer estudios previos a utilizarlos ya que en el proceso de incineración suelen liberar otros tipos de contaminantes como cloro, CO₂, CO, etc. Para ello es necesario que los incineradores contengan filtros adecuados.

El proceso consiste en separar los materiales a utilizar, cortarlos a un diámetro pequeño, mezclarlos de forma homogénea e introducirlos de manera constante al horno. Esto ayudará a reducir el consumo de combustibles fósiles, a eliminar cierto volumen de basura y mantendrá la temperatura necesaria para el funcionamiento de los hornos.

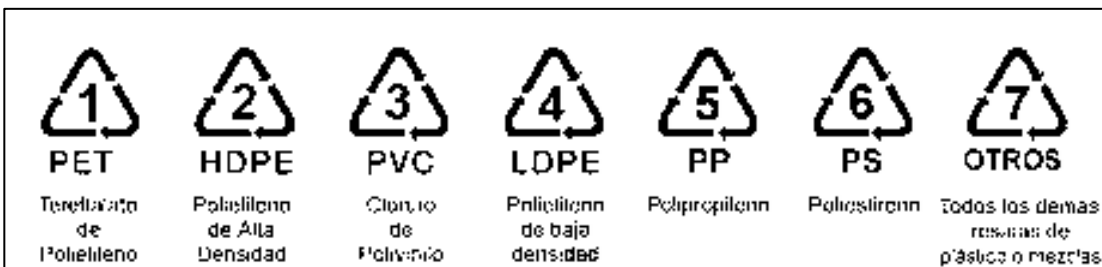
- Reciclaje

El proceso de reciclaje consiste en someter a materiales usados o residuos sólidos a un proceso de transformación o aprovechamiento para que puedan ser utilizados otra vez como materia prima. Los materiales a reciclar son: papel, vidrio, cartón y metales.

- Plástico

El plástico es un material orgánico formado por polímeros los cuales son constituidos por largas cadenas de átomos de carbonos; este material se puede moldear utilizando presión y calor. Según la clasificación de los plásticos, estos pueden ser:

Figura 2. Clasificación de tipos de plástico



Fuente: *Clasificación de los plásticos*. <http://www.recytrans.com/blog/clasificacion-de-los-plasticos/>. Consulta: 10 de junio de 2017.

Las propiedades de cada tipo de plástico pueden tener un uso específico los cuales pueden ser:

Figura 3. **Aplicación de los polímeros**

Polímero	Productos de material reciclado
HDPE	Piezas para la construcción, conductos y fijaciones, film de distintas calidades y láminas, cubos, cajas, embalajes, mobiliario urbano (bancos de parque, señales de tráfico e hitos, barreras acústicas...), macetas
LDPE	Film y láminas para envases, film para construcción, membranas antihumedad, film para agricultura, mobiliario urbano (bancos de parque, señales de tráfico e hitos, barreras acústicas...)
PET	Fibra, flejes, láminas, botellas y otros envases, piezas inyectadas (sector eléctrico y de automoción), resinas poliéster no saturadas.

Fuente: FUENTES, Miranda. *Centro Gracia de Dios de San Pedro Sacatepéquez del departamento de San Marcos*. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/02/02_3530.pdf. Consulta: 10 de junio de 2017.

Para el reciclaje de plástico uno de los métodos más usados es la molienda de plástico la cual consiste en cortar el plástico en piezas entre 8-15 mm con el fin de ser reutilizados para disminuir el consumo de materia prima o darle otro tipo de uso. Generalmente, este proceso se puede dar de forma manual o mecánica.

El proceso consiste de la siguiente manera:

- Separación de la basura.
- Clasificación de plástico según su tipo (HDPE, LDPE, PET).
- Se inserta dentro de la maquina cortadora por medio manual o automática.
- Luego de que es cortado en molienda fina (8 mm) o gruesa (15 mm) se pasa a un proceso de limpieza del plástico.

- Finalmente, se dispone en un recipiente para su secado y posterior uso.
- Vidrio

Es un material inorgánico, frágil y transparente. Este se obtiene a partir de la fusión de arena de sílice con carbonato de sodio y caliza para posteriormente ser moldeado a altas temperaturas. Para efectuar el reciclaje del vidrio es necesario separarlo por color. Una de las grandes ventajas del vidrio es que no tiene límite en la cantidad de veces a ser reciclado.

Para muchas empresas que se encargan de fabricar botellas el 90 % del vidrio utilizado proviene de reciclaje de vidrio. También, puede ser utilizado para realizar nuevos objetos como vasos, recipientes, adornos, entre otros.

- Papel y cartón

Se recolectan, separan y posteriormente se mezclan en la batidora industrial con agua templada la cual se calienta y se tritura el papel o cartón hasta formar una pasta. La pasta de menor calidad se utiliza para fabricar cajas de cartón. Muchas veces se utiliza una porción de pasta reciclada con pasta nueva para elaborar nuevos productos de papel de buena calidad.

- Metales

Los metales ferrosos (hierro y acero) y los no ferrosos (estaño, aluminio, cobre), principalmente, pueden ser reciclados para formar parte de la materia prima. Existen ciertos metales que no pueden ser reciclados: contenedores de pintura, aerosoles, ni metales en contacto con desechos tóxicos.

2.2.1.5. Disposición final

Los desechos sólidos, aquel material que ya no puede ser aprovechado, son depositados directamente en el relleno sanitario. La cantidad depositada en el lugar es una pequeña fracción del volumen total que se ha recolectado, ya que se le ha dado un tratamiento previo a la basura que ha sido recolectada.

2.2.2. Componente legal

Guatemala carece de leyes en el tema ambiental, específicamente, en desechos sólidos. Únicamente se cuenta con una política nacional y reglamentos municipales donde se abordan temas de desechos y residuos sólidos.

2.2.2.1. Acuerdo Gubernativo 281-2015

El Acuerdo Gubernativo 111-2005, *Política nacional para el manejo integral de los residuos y desechos sólidos*, tiene como objetivo reducir los niveles de contaminación de residuos y desechos sólidos en todo el territorio guatemalteco. Los objetivos específicos que propone este acuerdo se dividen en cuatro grandes ejes: político, social, económico y ambiental

- Político-institucional: las instituciones públicas involucradas en el tema, sean capaces de funcionar con eficiencia y eficacia en la administración de servicios municipales y hacer cumplir el marco jurídico y normativo.
- Social: cambiar hábitos de consumo y disposición de los residuos y desechos sólidos. Además de hacer partícipe a la sociedad civil para mantener un ambiente saludable.

- Económico: propiciar una valoración económica a los residuos sólidos y sus servicios por medio de creación y aplicación de instrumentos económicos para mejorar las condiciones. Implementar la participación de la empresa privada en la gestión y manejo integral de los residuos y desechos sólidos.
- Ambiental: adoptar y adaptar tecnologías para la gestión y disposición final de los desechos sólidos. Asimismo, adoptar paulatinamente estándares internacionales para su manejo.

Para lograr los objetivos que se ha propuesto en la política, se han planteado programas y actividades estratégicas. Cada una está enfocada para que los sectores público y privado, sumando la participación de los ciudadanos, puedan solucionar la problemática de la basura. Estas estrategias son:

- Fortalecimiento de la Institucionalidad: se refiere a consolidar los procesos administrativos y financieros y a la creación de un marco para la cooperación donde se tengan roles definidos y que utilice instrumentos económicos como base.
- Programa de inversiones: pretende generar espacios de cooperación público-privada para el manejo integral de los residuos y desechos sólidos. Esto pretende brindar facilidades para todas aquellas opciones tecnológicas propias o importadas que den soluciones a la situación actual.
- Programa de comunicación y participación social: crear programas para áreas estratégicas complementarias a los programas de política, que ayuden con buenas prácticas para el manejo integral. Entre ello se

considera brindar una educación social urbana y rural, propiciar mecanismos de participación social y hacer factible la auditoria social sobre cumplimiento de la política.

- Monitoreo de la política: para ello es necesario establecer una línea base de todo el país en temas de residuos y desechos sólidos. Posterior a ello es importante crear indicadores para conocer realmente el avance de la política.

2.2.2.2. Acuerdo Municipal 028-2002

Conocido como *Reglamento para el manejo de desechos sólidos* para el municipio de Guatemala. Dicho reglamento regula el sistema de almacenamiento, limpieza, recolección, reciclaje y disposición final de los desechos sólidos en el municipio de Guatemala

Acorde al artículo 7 del reglamento, el manejo de desechos sólidos comprende:

- Almacenamiento temporal
- Recolección
- Transporte
- Recuperación
- Tratamiento
- Disposición final

El reglamento cuenta con un capítulo específico para cada uno de los literales antes mencionado. Además, brinda lineamientos que deben cumplir todos aquellos que residan en el municipio de Guatemala.

Acorde a lo estipulado en el reglamento, se hace mención de los artículos más relevantes que tienen relación al proyecto.

- Artículo 11: establece que “industrias, hoteles, hospedajes....o establecimientos abiertos al público deben almacenar en recipientes adecuados para los desechos sólidos que se generen”⁸.
- Artículo 13: dictamina que cualquier establecimiento que genere desechos sólidos deberán contar con recipientes separados para aquellos desechos orgánicos, plásticos, latas y vidrio; identificando su contenido.
- Artículo 17: hace mención que en lugares que realicen eventos masivos, tiene la obligación de brindar recipientes para depositar la basura adecuados para el tipo de desecho que se genere.

2.2.3. Componente social

Es importante identificar a los actores que tienen participación directa en la implementación del proyecto. Esto permitirá definir roles y compromisos sobre el proyecto.

2.2.3.1. Compromiso de todas las partes involucradas

- Vendedores: necesitan conocer sobre el proyecto, brindarle la mayor cantidad de información necesaria. Se debe dar a conocer el tipo de clasificación de basura; si en caso se exigiera prohibir el uso de algún tipo de material es importante indicarle. Se debe mantener una brecha de comunicación siempre

⁸ Acuerdo Municipal 028-2002. Reglamento de manejo de desechos sólidos para el municipio de Guatemala. https://leyes.infile.com/index.php?id=182&id_publicacion=24100. Consulta: 29 de julio de 2017.

abierta para brindar ayuda o consejos para que cumplan con lo estipulado en relación a su basura. Se necesita capacitar a todos los vendedores que tienen su puesto fijo dentro del estadio.

- Dueño del lugar: es el encargado de proveer en todas las instalaciones los artículos necesarios para que funcione el proyecto, en este caso brindar recipientes adecuados para la clasificación de la basura, ítems de publicidad, afiches de la clasificación, etc.
- Patrocinadores: debe aceptar las condiciones sobre el manejo de los desechos y residuos sólidos dentro del estadio. Si es posible, solicitarle que anuncie el evento con énfasis en el proyecto ambiental. Si realiza promocionales que sean alusivos al tema y que el material utilizado sea reciclable.
- Contratos de servicios externos (*outsourcing*): si se contrata a un grupo externo para la recolección de los desechos del evento después de finalizado, asegurarse que el servicio que provee la compañía esté alineado con la gestión del lugar.
- Público: el que asiste a un evento es muy variado. Hay eventos que son únicos, como un artista extranjero, equipo de futbol, etc; ocasionan que asistan personas de diferentes zonas, municipios, departamentos o incluso países. Por ello es difícil dar educación ambiental a las personas previas a su asistencia al lugar; por lo cual es necesario siempre tener publicidad donde haga sentir a la gente comprometida con temas ambientales para obtener mejores resultados⁹.

2.2.4. Educación y capacitación

El plan de educación ambiental será dirigido a todas las personas que forman parte de este proyecto. La educación ambiental se enfoca en el por qué se realizará el proyecto, las medidas que se implementarán y cuál es el papel de cada persona dentro del proyecto y hacer énfasis en la ayuda de todos para que esto logre llevarse a cabo. Se debe enfocar la charla según el área atendida.

⁹ Ministry of the Environment of Town Hall. *Toward zero waste initiatives*. <https://council.vancouver.ca/20180516/documents/pspc2a.pdf>. Consulta: 10 de junio de 2017.

Entre los actores a participar en este plan de educación son:

- Autoridades
- Personal de limpieza
- Ventas

Para el personal de limpieza, la información a resaltar es sobre el procedimiento sobre la recolección; la separación *in situ* de los residuos sólidos que se realizará previo a disponer la basura y la disposición final donde solo se dispondrán los desechos sólidos.

Las personas que son parten de las ventas del lugar, es importante que conozcan el tipo de separación entre los residuos y desechos sólidos. También, se debe informar sobre los materiales que se prohíben para utilizar durante un evento, el motivo del desuso y una alternativa como sugerencia sobre dicho material.

Las capacitaciones se deben realizar con una periodicidad anual mínima sobre todo el tema de la basura; incluye nuevas tecnologías a implementar en el proyecto o cambios que se realicen en este.

2.2.5. Económico - financiero

Para implementar cualquier tipo de proyecto siempre es necesario realizar inversiones iniciales para adecuar todos los componentes a utilizar. Entre los costos que se tienen contemplados están los costos de inversión y de mantenimiento. Los ingresos que se pueden obtener por medio de de comercialización de productos aprovechables, ya sea monetario o bien como uso alternativo.

Todo proyecto, según la teoría económica, debe ser rentable para que pueda ejecutarse. Para ello existen diferentes métodos económicos que se utilizan para determinar la viabilidad y factibilidad. Los métodos más conocidos son: valor presente neto (VPN), tasa interna de retorno (TIR) y costo-beneficio. Para cada uno se tienen ciertos parámetros que cumplir para tomar decisiones acerca de la rentabilidad.

2.2.6. Institucional

El estadio Cementos Progreso con este proyecto cumplirá con la legislación nacional; en este caso, únicamente existe el reglamento de la municipalidad de Guatemala 028-2002. Con esto demostrará el compromiso que la administración del estadio tiene con el ambiente y se evidenciará la toma de acciones para mitigar los impactos generados por la basura.

2.3. Eventos masivos

La palabra evento, según la RAE, se define como: suceso importante programado de índole social, académica, artística o deportiva. Evento masivo se conoce como una congregación de público a gran escala que se reúne en un inmueble determinado para realizar alguna actividad en un tiempo determinado. Estos eventos deben cumplir con ciertas condiciones:

- **Ubicación:** es el lugar donde se va a desarrollar el evento, este debe ser de fácil acceso para las personas que asistan al evento.
- **Espacio:** tiene un aforo determinado para la cantidad de personas que asistan al evento, un lugar cómodo para las personas con la ventilación adecuada.

- Seguridad: debe contar con todas las medidas de seguridad posible para el lugar: salidas de emergencia bien establecidas, señalizaciones, etc. Además, contar con personal de seguridad para el resguardo de las personas para que puedan disfrutar del evento con tranquilidad.
- Higiene: el lugar debe estar limpio y en óptimas condiciones para que las personas se sientan cómodas disfrutando del evento.

Los eventos masivos se pueden clasificar en:

2.3.1. Eventos deportivos

Son actividades que se realizan de manera esporádica y tiene impactos principalmente económicos. Los eventos deportivos se realizan en espacios acordes al deporte a practicar, para ello siempre se dispone de lugar para todas las personas, familiares o amigos que deseen apoyar. En un evento deportivo siempre surge un tipo de rivalidad momentánea. Los eventos deportivos desde su historia surgieron como la manera de despejar la mente y pasar un tiempo de diversión. Los tipos de eventos según el deporte son:

- Futbol
- Baloncesto
- Futbol americano
- Rugby

2.3.2. Eventos religiosos

Un evento religioso es la reunión de personas creyentes para celebrar un hecho o acto importante dentro de la ideología del grupo. Estos eventos se

caracterizan por ser un tiempo de reflexión o bien tener un motivo espiritual para celebrar y proclamar la palabra de Dios. Estos eventos, por lo general, son familiares y su duración puede ser desde minutos hasta días. Los eventos religiosos que se realizan en la mayoría de religiones (católica y evangélica, principales en Guatemala) son:

- Bautizos
- Primera comunión (católicos)
- Casamientos
- Navidad
- Retiros religiosos
- Conciertos religiosos
- Ceremonias
- Funerales
- Visitas a santuarios (católicos)
- Entre otros

2.3.3. Eventos musicales

Generalmente, conocidos como conciertos musicales. Consisten en la exposición de obras musicales de diferentes estilos y ritmos a un público específico, ubicado cerca de los músicos. Los conciertos musicales son muy variados no solo por el tipo de música, también, en lo que respecta al tipo de público que presencia el espectáculo, la duración y el espacio donde se desarrolla. Los tipos de música pueden ser:

- Reguetón
- Banda
- Rock

- Pop
- Blues
- Entre otros

2.4. Gestión para eventos masivos

Los lugares donde se desarrollan eventos de concentración de públicos actúan como sistemas abiertos donde se ofrecen productos a los visitantes quienes generan residuos que deben ser manejados de la manera adecuada para evitar problemas ambientales, sanitarios y sociales.

El principio de la gestión de residuos sólidos en eventos masivos es:

- Cultura ciudadana: fomentar en los habitantes actitudes y prácticas favorables en la separación de los residuos.
- Responsabilidad ambiental: reducir los impactos negativos derivados de los grandes volúmenes de desechos sólidos generados en eventos de concentración masiva.
- Corresponsabilidad social: vincular al sistema a todas las partes con influencia en el proyecto (organizadores de eventos, junta directiva, ventas formales e informales, etc.)
- Eficiencia: optimizar gastos y mejorar el servicio al público, lo cual repercute en la imagen de los escenarios y organizadores de evento.

2.4.1. Pasos para lograr un manejo para evento masivo

- Compromiso: “Se debe incluir al sector formal e informal de ventas mediante compromisos donde se vean involucrados y formen parte del proyecto. Es necesario tener acercamientos, pláticas y reuniones para indicarse su rol en el proyecto”¹⁰. Se tiene que poner contratos con cláusulas donde se prohíban y permitan ciertas acciones por parte del sector de ventas, esto se debe llegar por mutuo acuerdo por medio de incentivos.
- Proveer infraestructura: “Se refiere a la implementación de depósitos de basura según la cantidad a clasificar y el tipo de basura a separar. Para ello se deben señalar con color y etiquetas que los identifiquen de manera adecuada. Se necesita calcular los basureros necesarios según el volumen de gente que vaya asistir al evento”¹¹. También, deben considerarse los recipientes donde será depositada toda la basura dentro de las instalaciones. Para ello debe estimarse un volumen adecuado para evitar que la basura se desborde a los lados.
- Educación y publicidad: “Se debe implementar un plan de educación para el personal administrativo, ventas, mantenimiento y otros. Esto es con el fin de demostrarles la importancia de separar los residuos y las ventajas que conlleva en el ámbito ambiental, social y económico. Además de brindar campañas de publicidad para las personas que ingresen al evento para que se relacionen y tengan esa noción del

¹⁰ Gobierno de Australia. *Waste minimization guide events and venues*. http://www.zerowaste.sa.gov.au/upload/event-guidelines/Waste%20minimisation%20guide%20for%20events%20and%20venues_2.pdf. Consulta: 29 de agosto de 2017.

¹¹ *Ibíd.*

proyecto”¹². Es importante tratar de abarcar la mayoría de medios para que a las personas les llegue el mensaje sobre la consideración que debe tenerse al ambiente y el porqué se necesita de su apoyo para lograrlo.

¹² Gobierno de Australia. *Waste minimization guide events and venues*. http://www.zerowaste.sa.gov.au/upload/event-guidelines/Waste%20minimisation%20guide%20for%20events%20and%20venues_2.pdf. Consulta: 29 de agosto de 2017.

3. DISEÑO METODOLÓGICO

3.1. Variables

A continuación, se presentan las variables que fueron consideradas para el proyecto y que tienen una injerencia sobre él, clasificándolas en variables independientes y dependientes.

Tabla III. **Variables dependiente e independiente**

Variable independiente	Variable dependiente
<ul style="list-style-type: none">• Tipo de evento que se realice en el estadio.• Cantidad de personas que asistan al evento.• Duración del evento.• Diseño integral para desechos y residuos sólidos.	<ul style="list-style-type: none">• Cantidad de desecho y residuo sólido.• Tipo de desecho y residuo sólido.

Fuente: elaboración propia.

3.1.1. Delimitación del campo de estudio

El proyecto se realizará en las instalaciones del estadio Cementos Progreso, ubicado en la zona 6 del municipio de Guatemala del departamento de Guatemala.

3.1.2. Recursos humanos disponibles

Para el proyecto se cuenta con el estudiante profesional (epesista) y también con el apoyo del personal de mantenimiento del estadio Cementos progreso.

3.1.3. Recursos materiales disponibles

El equipo a utilizar en el proyecto es:

- Equipo de cómputo
- Recipiente de 200 L
- Báscula
- Palas
- carretilla
- Cinta métrica
- Cámara fotográfica
- Equipo de protección personal
 - Botas punta de acero
 - Camisa o chaleco refractivo
 - Lentes
 - Mascarilla
 - Casco

3.1.4. Técnica cualitativa o cuantitativa

Para recabar información se utilizó una técnica cuantitativa. El procedimiento para conocer los residuos y desechos sólidos del estadio fue con la caracterización de un evento deportivo. La importancia radica en que no se contaba con ninguna información en relación al tema. También, con base en la caracterización se elaboró el plan de manejo de residuos y desechos del estadio.

3.1.5. Recolección y ordenamiento de la información

La recolección de la información se realizó de dos formas: consultas bibliográficas y visitas de campo.

3.1.5.1. Consulta bibliográfica

Se utilizó el documento *Diagnóstico ambiental estadio Cementos Progreso* para recabar información general sobre el lugar. El documento sirvió de base para conocer datos como: área, capacidad del estadio, personal de mantenimiento, manejo a los desechos, etc.

Se consultó sobre el manejo de desechos para eventos masivos; todas las metodologías se encontraron en idioma inglés, excepto la metodología de la municipalidad de Cali. Asimismo, se indagó sobre el método Sakurai para la caracterización de basura de un lugar, con la finalidad de aplicarlo luego del evento deportivo en el estadio.

El tema legal fue otro punto a indagar para conocer si en la legislación guatemalteca se tienen establecidos procedimientos o lineamientos acordes al tema del proyecto; se encontró únicamente el reglamento municipal 028-2002 donde hay un artículo específicamente para eventos masivos.

3.1.5.2. Visitas de campo

Las visitas de campo se hicieron por dos motivos: conocer las instalaciones y obtener información, así como la apreciación del personal de mantenimiento sobre el tema. En la visita se cuantificó la cantidad y ubicación de los recipientes para basuras actuales, se observaron las dimensiones del

lugar, el depósito de desechos y cómo se realiza la extracción de los residuos y desechos sólidos. Se entrevistó al jefe de mantenimiento del estadio para tener datos sobre la cantidad de eventos masivos que se ejecutan al año en el estadio, cantidad de basura que se genera, cantidad de personas que asisten al evento, etc.

3.1.6. Tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información

La tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información se realizó de la siguiente manera:

3.1.6.1. Caracterización

- Se obtuvo el porcentaje en peso de cada clasificación de residuos y desechos.
- Se graficó cada clasificación.
- Se realizaron cálculos para determinar la densidad y producción *per cápita* de los materiales.

3.1.6.2. Plan para el manejo integral de los residuos y desechos sólidos

- Se propuso la clasificación, acorde a los resultados de la caracterización
- Se realizaron los cálculos que se presentan en la siguiente sección
- Se planteó el manejo de los desechos y residuos sólidos del estadio
- Se realizó un análisis costo-beneficio

3.1.7. Análisis estadístico

3.1.7.1. Cálculo para el área de depósito y separación de los residuos sólidos

$$\text{área} = 4 + \left[\frac{(Gt-0,1)}{(0,15)} \right] * 1 \quad [\text{Ec. 1}]$$

Donde:

- Área = m^2
- Gt = volumen total generado de desechos y residuos sólidos en m^3

3.1.7.2. Cálculo del volumen total generado de desechos y residuos sólidos

$$Gt = \frac{\#per * PPC}{\rho} \quad [\text{Ec. 2}]$$

Donde:

- Gt = volumen total generado de desechos y residuos sólidos en m^3
- #per = número de personas máximo que pueden asistir al evento
- PPC = producción *per cápita* oscila entre 0,08-0,2 kg/persona
- ρ = densidad en kg/m^3

3.1.7.3. Personal para la recolección interna

$$\#operarios = \frac{T * \left(\frac{Gt}{vol\ Recipiente} \right) * \#Rest.}{Tev} \quad [Ec. 3]$$

Donde:

- # Operarios = cantidad de personal mínimo necesario para efectuar la recolección de basura.
- T = tiempo de desplazamiento de 1 operario desde el centro del lugar hasta el lugar de depósito.
- Vol recipiente = volumen del recipiente.
- Tev = duración del evento en minutos.
- Gt = volumen total generado de desechos y residuos sólidos.
- #Rest.= número de estaciones donde están ubicados los basureros.

3.1.7.4. Producción per cápita (PPC)

$$PPC = \frac{Cantidad\ total\ de\ desechos\ y\ residuos\ sólidos\ por\ evento\ (Kg)}{Número\ de\ personas\ que\ asisten\ al\ evento} \quad [Ec. 4]$$

3.1.7.5. Densidad

$$\rho = \frac{Peso\ de\ la\ basura\ (kg)}{Volumen\ del\ recipiente\ (m^3)} \quad [Ec. 5]$$

Donde:

- ρ = densidad en kg/m^3

3.1.8. Composición de la basura

$$\text{Composición} = \frac{\text{Peso (kg)}}{\text{Peso t (kg)}} * 100 \quad [\text{Ec. 6}]$$

Donde:

- Composición = porcentaje en peso
- Peso = peso de un material clasificado
- Peso t = peso total de toda los residuos y desechos sólidos

3.1.9. Plan de análisis de los resultados

A continuación, se presentan los métodos que se utilizarán para analizar e interpretar los resultados de la investigación.

3.1.9.1. Métodos y modelos de los datos según el tipo de variable

Se empleó el método Sakurai para la caracterización en el estadio Cementos Progreso. Esto ayudó a identificar los residuos y desechos sólidos que se generan en los eventos masivos deportivos.

Se utilizó el método de valor presente neto (VPN) para realizar el análisis costo-beneficio de los residuos sólidos y ver su beneficio en cuanto a su aprovechamiento.

3.1.9.2. Programas a utilizar para el análisis de datos

Se utilizó Excel para tablas, gráficas y herramientas de análisis numérico sobre la información recolectada. Además, se emplearon otros softwares como Quantum Gis y Python para elaborar mapa de ubicación del proyecto.

4. RESULTADOS

4.1. Composición y propiedades de los desechos y residuos sólidos del estadio Cementos Progreso

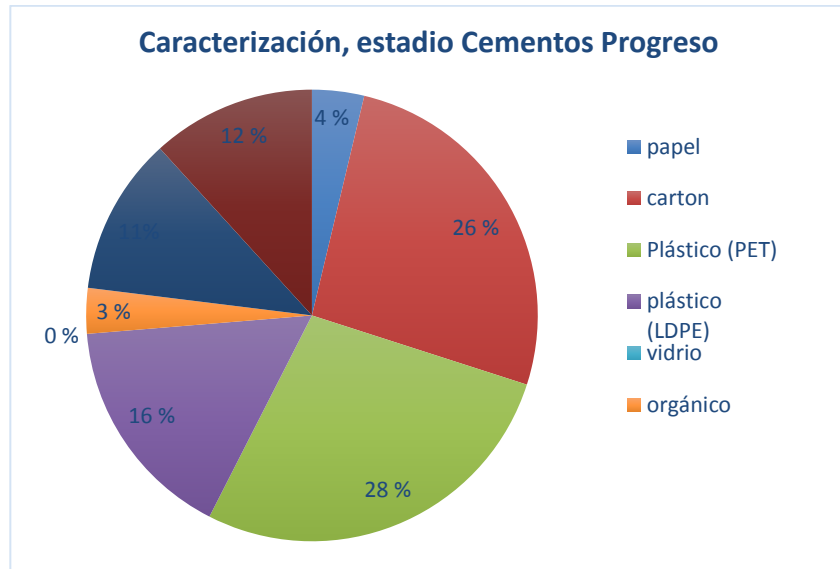
Con base en la caracterización, se determinó la composición de los residuos y desechos sólidos del lugar.

Tabla IV. **Composición de los residuos y desechos sólidos del estadio Cementos Progreso**

Materiales	Peso real (kg)	%
papel	0,676	4 %
cartón	4,758	26 %
Plástico (PET)	4,996	28 %
plástico (LDPE)	2,938	16 %
vidrio	0	0 %
orgánico	0,592	3 %
Duroport	2,048	11 %
Otros	2,232	12 %

Fuente: elaboración propia.

Figura 4. **Composición de residuos y desechos sólidos**



Fuente: elaboración propia.

Con base en los resultados obtenidos, fue posible determinar la densidad y producción *per cápita* en el estadio.

Tabla V. **Densidad y PPC**

Densidad (kg/m ³)	121,97
Producción <i>per cápita</i>	0,0263

Fuente: elaboración propia.

4.2. Plan de manejo de desechos y residuos sólidos para el estadio Cementos Progreso

El plan de manejo de desechos y residuos sólidos se contempló en cada una de sus fases desde la generación hasta la disposición final-

4.2.1. Generación

Dado los resultados de la caracterización del estadio, se recomienda realizar una separación entre los residuos y desechos sólidos. Se propone separar y clasificar de la siguiente manera:

Tabla VI. Separación sugerida para el manejo de los desechos sólidos

Material reciclable	Material no reciclable y orgánicos
Cartón (26 %) Botellas de plástico (PET) (28 %)	Papel (4 %) Plástico (LDPE) (16 %) Orgánico (3 %) Duroport (11 %) Otros (12)

Fuente: elaboración propia.

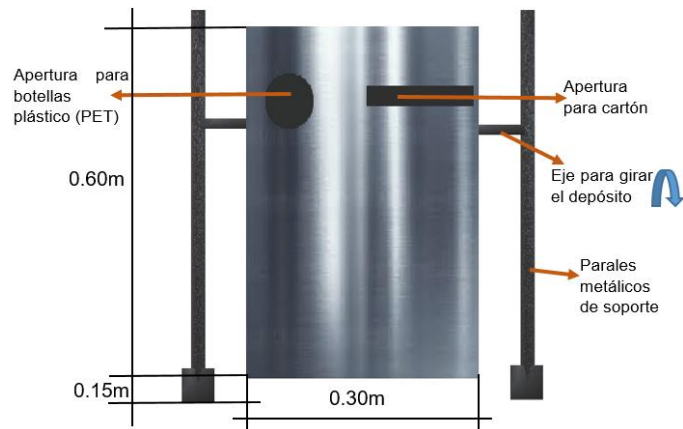
4.2.1.1. Basureros

Las características de los basureros deben cumplir las siguientes especificaciones:

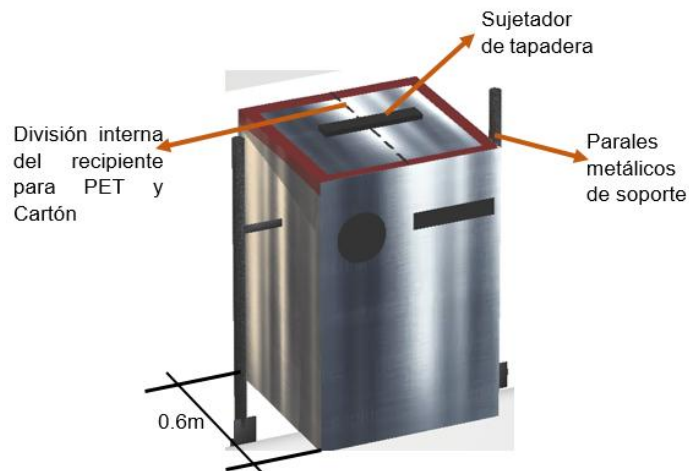
- Volumen de recipientes de basura mayor o igual a 100 L, los que están actualmente en el estadio cumplen con dicho requisito.

- Colocar los recipientes de basura en parejas e identificarlos. Colocar rótulos que identifiquen el tipo de material, con imagen y letras, que expliquen qué se puede depositar.
- Se sugiere que sea de color gris para el material no reciclable (como los ya existentes en el estadio) y un color verde para el recipiente de material reciclable.
- La apertura para el depósito debe tener un ancho de 0,35 m mínimo para evitar la caída del material afuera del recipiente. Deben tener cubierta contra el agua.
- Los recipientes para basura deben ser resistente a golpes, de un material metálico o bien de plástico alta densidad (HDPE).
- La cantidad de recipientes necesarios, según los cálculos, es de 24 recipientes para cada clasificación; en total, 48 recipientes. Actualmente, el estadio ya cuenta con 24 recipientes con cubierta gris en el área de graderíos.
- Se sugiere que las bolsas de los depósitos de basura (si en caso utilizan bolsas) sean transparentes para que sea fácil identificar los materiales a clasificar.
- Se sugiere que en el proyecto se implemente basureros clasificadores que ayuden a una separación adecuada. Con espacios que solo quepa el material adecuado (botellas PET en el círculo y cartón en el rectángulo). Su interior debe estar separado.

Figura 5. **Diseño de buzón de basura**



Buzón de basura vista frontal



Buzón de basura vista 3D

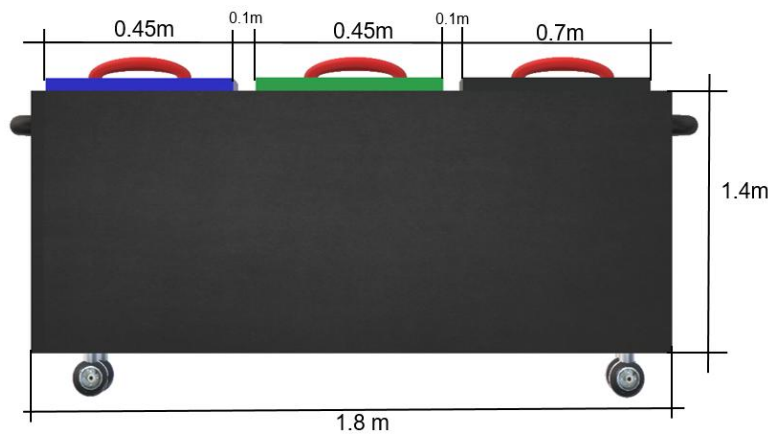
Fuente: elaboración propia.

4.2.2. **Recolección y transporte**

- Según los cálculos realizados (ver anexos) para la recolección de los desechos y residuos sólidos al finalizar el evento, es necesario un mínimo de 12 personas.

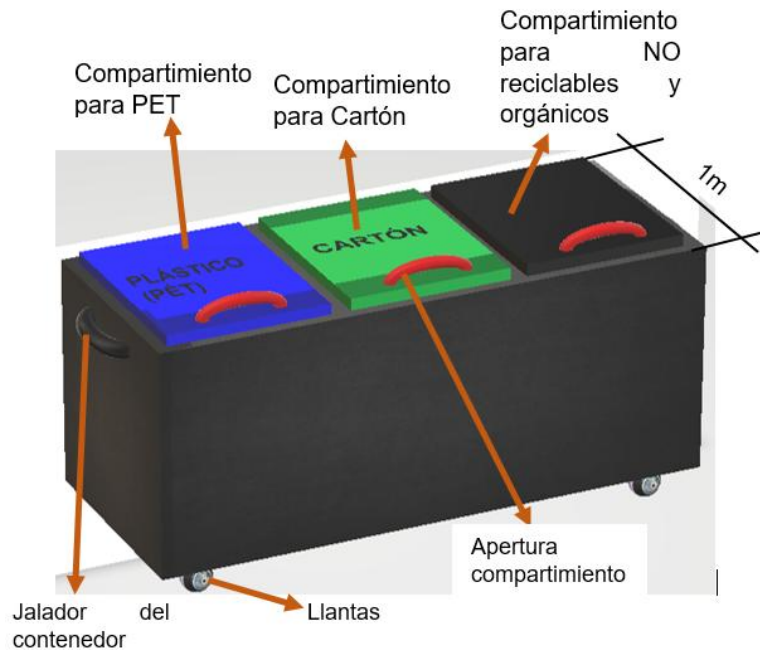
- Para recolectar en cada estación los desechos y residuos sólidos, es necesario utilizar vehículos de tracción humana tipo contenedor que contengan el depósito dividido en su interior, para recolectar material plástico PET, cartón y material no reciclable y orgánico por separado. En el depósito del estadio se guardará el cartón y PET por separado hasta obtener un volumen considerable para su venta.
- Una vez lleno el vehículo, llevar a vaciar los contenidos al área de almacenamiento del estadio de forma separada. Realizar el viaje las veces necesarias con el vehículo para la recolección interna hasta abarcar todas las estaciones de basureros del estadio.

Figura 6. **Diseño del contenedor para recolección de residuos y desechos sólidos**



Contenedor vista frontal

Continuación de la figura 6.



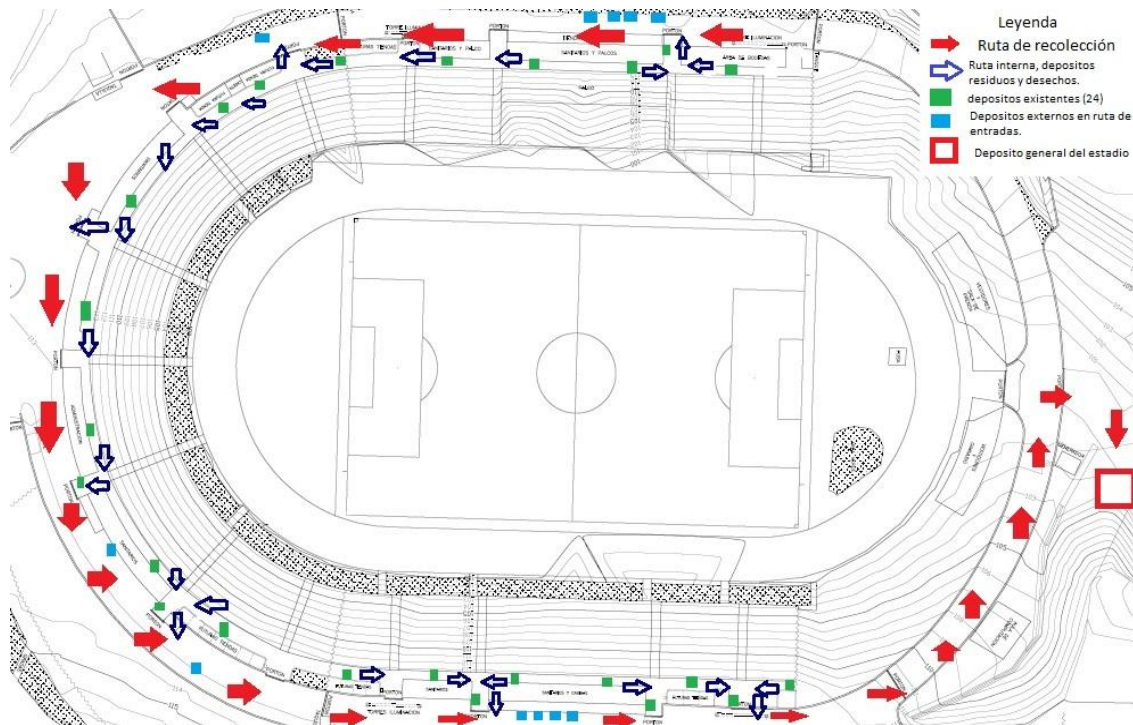
Contenedor vista 3D

Fuente: elaboración propia.

El diseño del contenedor tiene capacidad para recolectar la mitad del volumen total que se puede generar de residuos y desechos sólidos posterior a un evento deportivo masivo. Es decir, se tendrán que realizar 2 viajes para recolectar el total de los 48 depósitos de basura. La cantidad de viajes para recolectar la basura dependerá de su peso, por lo cual no se puede estimar una cantidad fija de viajes que se realizarán con el contenedor para recolectar el material.

A continuación, se presenta una propuesta para la extracción de los residuos y desechos sólidos del estadio hacia el depósito general.

Figura 7. Propuesta de ruta de aseo



Fuente: elaboración propia.

Los cuadros verdes representan los 24 recipientes para basura ubicados en los graderíos. El cuadro rojo indica donde se encuentra ubicado el depósito general del estadio. Los cuadros de color azul son depósitos de basura que se encuentran en el caminamiento de acceso a las diferentes localidades. La flecha de color azul indica el camino adecuado para extraer y movilizar los desechos y residuos sólidos hacia la ruta de recolección (flechas rojas).

4.2.3. Tratamiento

Una vez recolectados y transportados todos los desechos y residuos sólidos del evento masivo al área de almacenamiento, es importante hacer una

separación de lo recolectado del material reciclable. Esto se hará en el lugar y se clasificarán los materiales en: botellas de PET y cartón. Ambos se guardarán por separado en el área de almacenamiento; en su compartimiento correspondiente, se pesará y contabilizarán las unidades para obtener un aprovechamiento económico.

Dentro del compartimiento para el material no reciclable y orgánico se depositarán los desechos sólidos que serán recolectados por el camión de aseo para transportarlo al basurero de la zona 3.

4.2.4. Empresas de reciclaje

- INTERFISA: cartón y plástico
- RECICLEMOS: cartón y PET
- Reciclados de Centroamérica: plástico
- ECOPLAST S,A: plástico
- RECIPA: plástico y papel

El precio promedio por el material de reciclado es de Q 0,80 por libra de PET y Q 0,25 por libra de cartón.

4.2.5. Almacenamiento temporal dentro del estadio

El espacio de almacenamiento del estadio actualmente tiene un área total de 11,73 m². Según lo calculado en el anexo 3, el área que debe tener el almacenamiento debe de ser de 23,5 m² o mayor. Por lo cual se sugiere que se realice una ampliación del lugar de 11,8 m².

Este almacenamiento debe cumplir con ciertas condiciones mínimas:

- Contar con división para almacenar de forma separada los desechos sólidos (material no reciclable y orgánico) y residuos sólidos (material reciclable).
- Los acabados deberán permitir su fácil acceso para el personal y la limpieza al lugar (retirar los residuos y desechos).
- Tienen que estar completamente cerrados, para evitar el acceso y la proliferación de vectores, agua y/o animales domésticos.

4.2.6. Plan de educación ambiental

El plan de educación ambiental se enfoca específicamente para el personal interno del estadio. Se considera necesario debido a que es el personal de mantenimiento quien estará de forma directa en el evento y es necesario que tenga el conocimiento técnico sobre todos los temas del proyecto para que tenga éxito. A continuación, se proponen temas y subtemas que se deben abordar en los diferentes talleres.

4.2.6.1. Dar a conocer el plan de manejo de los residuos y desechos sólidos

Dar a conocer el proyecto de diseño del manejo integral de residuos y desechos sólidos generados a partir de eventos masivos en el estadio Cementos Progreso.

4.2.6.2. Tren de aseo

- Ruta de aseo a utilizar dentro del estadio
- Forma adecuada de recolección y equipo
- Equipo de protección personal

4.2.6.3. Almacenamiento y clasificación de residuos y desechos sólidos

- Material con potencial de reciclaje
- Separación, contabilización y almacenamiento de residuos sólidos
- Registro, control y almacenamiento de desechos sólidos
- Aprovechamiento de los residuos y desechos sólidos

Los requisitos mínimos de la persona que brindará los talleres son los siguientes:

- Conocimientos relacionados con el tema de residuos y desechos sólidos
- Destrezas y habilidades de enseñanza
- Experiencia en planes de manejo

Los talleres deben ser dirigidos hacia el personal administrativo y mantenimiento del estadio. Estos talleres deben ser impartidos de la siguiente manera:

Tabla VII. **Plan de educación**

	Tema	Participantes	Tiempo
Taller 1	Plan de manejo de los residuos y desechos sólidos	Personal administrativo y mantenimiento	2 horas
Taller 2	Tren de aseo	Personal de mantenimiento	2 horas
Taller 3	Almacenamiento y clasificación de residuos y desechos sólidos	Personal administrativo y mantenimiento	2 horas

Fuente: elaboración propia.

Estas charlas deben agendarse y acordarse con el personal del estadio para fijar los horarios y el lugar para realizar los talleres. Se considera que deben tenerse con una periodicidad de 2 veces al año.

4.2.7. Estrategias de comunicación

Se deben considerar estrategias de información y comunicación que se ajusten al presupuesto establecido para promociones y publicidad.

El sistema tiene que ser incluyente con el ciudadano y el público asiste a los eventos, involucrándolos desde la etapa de generación y separación, ya que de ellos depende, en gran parte, la eficacia y eficiencia del proyecto. La información que se brinde a todos aquellos que asisten al evento por medio de la publicidad debe ser forma directa que resalte aspectos como:

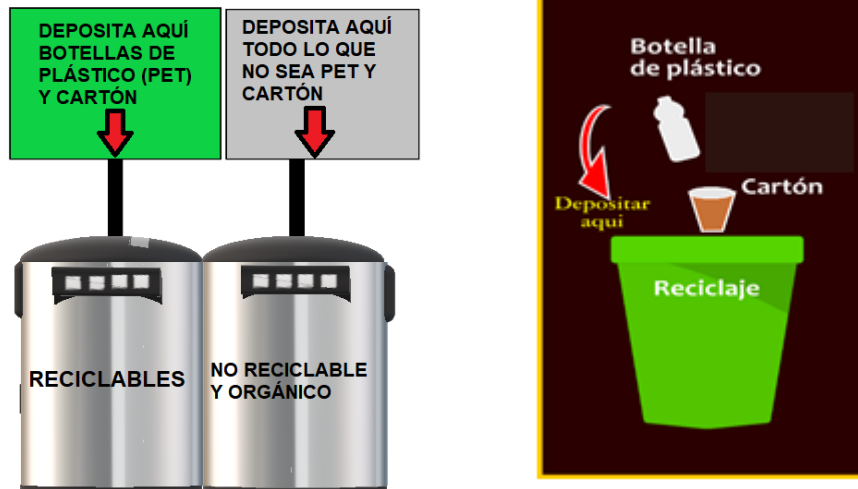
- En el evento hay un proyecto a su servicio para ofrecerle mejores condiciones de bienestar durante su estadía.

- Motivar al ciudadano a que tenga buenas prácticas ambientales en relación del tema de residuos y desechos sólidos.
- Informar sobre el sistema de clasificación y separación que se realiza en el estadio.
- Brindar mensajes con periodicidad en relación al tema y resaltando los beneficios de un ambiente limpio y sano.
- Utilizar un logotipo, mascota del equipo, personaje, entre otros, que motive al público a realizar las acciones correctas.

Es importante colocar vayas, rótulos, pancartas, entre otros, que sean visibles e impacten al público asistente, sobre la diferencias y externalidades positivas que genera el proyecto dentro del estadio.

Los rótulos sobre los basureros deben especificar los materiales a depositar tanto en letras como con imagen para ayudar a que todas las personas comprendan, esto acorde a la separación que se maneje en el estadio.

Figura 8. Ejemplos para rótulos de recipientes de basura



Fuente: elaboración propia.

La publicidad en el estadio debe estar visible en entradas, parqueos, sanitarios, lugar de ventas, etc. Deben crear ese impacto positivo que motive al asistente a realizar una adecuada separación de sus desechos y residuos sólidos.

Figura 9. Ejemplos de publicidad



Fuente: *Pinterest*. <https://www.pinterest.com.mx/>. Consulta: 29 de julio de 2017.

4.2.8. Indicadores de éxito

Como indicadores de éxito, se pueden realizar ciertas matrices que ayuden a contabilizar los esfuerzos realizados para el evento. Se puede contabilizar el material reciclable obtenido el cual puede ser un indicador de volumen de material que no es depositado en el vertedero de la zona 3.

Tabla VIII. **Contabilización del esfuerzo para minimizar desechos**

Tipo o clasificación de residuo (cartón, PET)	Peso (kg)	Volumen (m ³)	% material reciclable recuperado

Fuente: elaboración propia.

Asimismo, es posible evaluar el éxito del proyecto luego de finalizar el evento con la siguiente tabla.

Tabla IX. **Calificando el éxito**

Tipo	Material	Peso (kg)	Volumen (m ³)
1	Total generado en el evento		
2	Separado para reciclado		
3 (= 2)*	No depositado al vertedero		
4 (3 / 1)*100 **	% recuperado		

Nota: * La cantidad es igual al dato del tipo número 2.

** Dividir dato del tipo 3 dentro tipo 1 y multiplicarlo por 100.

Fuente: elaboración propia.

4.3. **Análisis costo-beneficio del proyecto**

A continuación, se presenta un análisis de costo-beneficio sobre el proyecto de residuos y desechos sólidos del estadio Cementos Progreso.

Tabla X. **Análisis costo-beneficio con basureros normal**

Rubro en años	0	1	2	3	4	5
Caracterización e información	-----					
Rótulos (48) para basureros	Q 1 200,00					
Publicidad (rótulos 1X1m)	Q 720,00					
Obra civil (ampliar bodega)	Q 23 540,00					
Capacitaciones	6 horas/hombre					
Mobiliario (24botes 100L)	Q 3 840,00					
Inversión inicial subtotal	Q 29 300,00					
Egreso						
Costo de transporte a z.3		Q 9 000,00	Q 9 000,00	Q 9 000,00	Q 9 000,00	Q 9 000,00
subtotal		Q 9 000,00	Q 9 000,00	Q 9 000,00	Q 9 000,00	Q 9 000,00
Ingreso						
Venta reciclaje (anual)		Q 2 527,53	Q 2 527,53	Q 2 527,53	Q 2 527,53	Q 2 527,53
total ingresos		Q 2 527,53	Q 2 527,53	Q 2 527,53	Q 2 527,53	Q 2 527,53
total egresos	Q 29 300,00	Q 9 000,00	Q 9 000,00	Q 9 000,00	Q 9 000,00	Q 9 000,00
Utilidad	Q-29 300,00	-Q 6 472,47	-Q 6 472,47	-Q 6 472,47	-Q 6 472,47	-Q 6 472,47
VPN	Q-53 835,75					
TIR	3 %					
VPI	Q 9 581,33					
VPE	Q 57 651,89					
Costo-beneficio	0,17					

VPN= valor presente neto

TIR= tasa interna de retorno

VPI/ VPE = valor presente de ingresos/ valor presente egresos

Fuente: elaboración propia.

Tabla XI. **Análisis costo-beneficio con basureros clasificadores**

RUBRO EN AÑOS	0	1	2	3	4	5
caracterización e información	6 horas/hombre					
48 rótulos para basureros	Q 1 200					
Publicidad (rótulos 1X1 m)	Q 720					
Obra civil (ampliar bodega)	Q 23 540					
Capacitaciones	6 horas/hombre					
Mobiliario (48 recipientes clasificadores de 100 L)	Q 76 800					
Inversión inicial	Q 102 260					
Egreso						
costo de transporte a z. 3		Q 9 000	Q 9 000	Q 9 000	Q 9 000	Q 9 000
subtotal		Q 9 000	Q 9 000	Q 9 000	Q 9 000	Q 9 000
Ingreso						
Venta de reciclaje (asistencia 50,000 personas al año)		Q 2 528	Q 2 528	Q 2 528	Q 2 528	Q 2 528
Total ingresos		Q 2 528	Q 2 528	Q 2 528	Q 2 528	Q 2 528
Total egresos	Q 102 260	Q 9 000	Q 9 000	Q 9 000	Q 9 000	Q 9 000
Utilidad	Q-102 260	-Q 6 472	-Q 6 472	-Q 6 472	-Q 6 472	-Q 6 472
VPN	Q-126 796					
TIR	-29 %					
VPI	Q 9 581					
VPE	Q 123 979					
Costo-beneficio	0,08					

Fuente: elaboración propia.

5. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

La caracterización en el estadio Cementos Progreso fue para un evento deportivo que se celebró un domingo de 12 a 14 horas. A este evento asistieron 1 506 personas.

La parte de resultados se ha identificado la composición de los residuos y desechos sólidos que se genera en el estadio Cementos Progreso para un evento masivo deportivo. En la tabla 5 se observa que la producción *per cápita* es 0,026 kg/visitante-evento, menor en comparación al rango establecido al dato teórico establecido en el *Sistemas de gestión integral de residuos sólidos en eventos masivos* es de (0,083-0,13) kg/visitante-evento. Esto ocurrió por el horario del evento, las personas no generaron tanto consumo de alimentos y bebidas durante el evento para ir a almorzar luego del mismo.

Asimismo, la densidad de los desechos y residuos sólidos, ver la tabla V, es menor en relación a la teórica (250 kg/m^3), debido al tipo de material que se encontró; los materiales con mayor proporción como indica la figura 3 son cartón y plástico que son materiales livianos por lo que su peso influyó directamente en la densidad.

A partir de los datos obtenidos de la caracterización e información de campo se propuso un plan de manejo integral de residuos y desechos sólidos para el estadio. A partir de cálculos realizados (anexo 3) se lograron identificar algunas deficiencias en el estadio, empezando por el área para almacenamiento de los residuos y desechos sólidos; es necesario realizar una ampliación de 12 m^2 para que funcione de mejor manera. Se estimó al personal

necesario para realizar la limpieza posterior a que el evento finalice; fue necesario un mínimo de 12 personas para abarcar el área del proyecto.

La separación de residuos y desechos se tomó con base en los resultados de la caracterización. Se tomó la decisión de clasificar únicamente en 2 recipientes: material reciclable y material no reciclable y orgánico; esta propuesta se adecua a los costos y la infraestructura que se debe emplear en el estadio y para facilitar el proceso de separación a las personas que asisten al evento. Tomando como base la cantidad de recipientes para basura existentes en el estadio, se calculó el volumen mínimo de dichos recipientes para soportar la generación total en el estadio; tomando en cuenta que se deben colocar en parejas para la clasificación entre residuos y desechos sólidos.

Desde un enfoque ambiental, reciclar es una opción viable en cuanto al tratamiento de los residuos sólidos porque con ella se disminuye el consumo de materia prima y la generación de desechos transportados al vertedero. La tabla 8 muestra el análisis de rentabilidad al proyecto con base en darle tratamiento a los residuos sólidos por medio de reciclaje. VPN, TIR y análisis costo-beneficio el proyecto no es viable en 5 años; en otras palabras, la inversión realizada para implementar el proyecto y sus costos de operación no se recuperan en un periodo de 5 años.

La rentabilidad del proyecto no es viable debido a dos razones fundamentales: la primera reside en los bajos precios del mercado en Guatemala que actualmente se manejan para el material con potencial para reciclaje: PET y cartón; la segunda razón es debido a la limitante de materiales con lo que se cuenta; solo dos tiene potencial económico para reciclar los otros no poseen un valor económico importante. Sin embargo, brinda un soporte de ingreso económico que de no hacer nada se perderá.

Según los cálculos con base en un promedio de asistencia de personas al estadio al año, alrededor de unas 50 000 personas; con la venta de reciclaje el estadio tendría un ahorro de Q 2 528 anual en gastos de operación; cada 4 años el costo de operación sería cero quetzales por parte del ahorro generado durante ese periodo de tiempo.

6. LOGROS OBTENIDOS

Uno de los logros obtenidos es tener conocimiento de la composición y las propiedades de residuos y desechos sólidos del estadio Cementos Progreso. Esta información es clave en un diseño sobre el manejo adecuado de la basura que se genera en un lugar.

A partir de conocer la composición de los residuos y desechos se propone una forma de tratamiento para darle aprovechamiento económico a los residuos sólidos. Este aprovechamiento puede generarle un ingreso al estadio que se puede utilizar para disminuir los gastos de operación en relación al tema. Además, reduce la cantidad de volumen de desechos transportados y depositados en el vertedero de la zona 3.

Otro logro es el diseño del plan para el manejo de los residuos y desechos sólidos. De forma muy específica, se brinda información técnica que debe atenderse en relación al mobiliario y el equipo del estadio. En este se detalla la cantidad de recipientes, personal, dimensiones del mobiliario, propuesta de tren de aseo, entre otro, para que el plan funcione de forma adecuada. Asimismo, se plantean temas de educación a nivel interno (talleres) y externo (publicidad) que deben abordarse.

Con el desarrollo de este proyecto se logrará visibilizar el esfuerzo de la institución por atender uno de los problemas ambientales de mayor impacto en Guatemala. Es notorio, que el alcance de su éxito, depende de distintos factores: la educación de los asistentes y la voluntad de realizar la separación entre residuos y desechos. Sin embargo, la señalización por rótulos y

concientización a los individuos permite crear esa conciencia ambiental en tema de los desechos sólidos.

CONCLUSIONES

1. Para el plan de gestión integral de residuos y desechos sólidos se realizó un análisis de la línea base del recinto deportivo; se identificó que no existe ninguna gestión en el tema. Para ello se propuso, con base en una caracterización, un plan para el manejo de residuos y desechos sólidos. A éste plan se realizó un análisis financiero que se muestra que la viabilidad del proyecto a 5 años no es rentable; sin embargo, genera mejoras ambientales y sociales. Por último, en el plan de manejo de desechos y residuos sólidos se proponen métodos de evaluación de resultados para verificar que la gestión del proyecto sea la óptima.
2. Por medio de la caracterización, se logró conocer la composición de los residuos y desechos sólidos del lugar. El plástico clasificación PET y LDPE junto con el cartón son los materiales más significativos que se utilizan y desechan en el lugar. Sumado a ello, se calculó la densidad y la producción *per cápita* cuyo valor es sumamente importante para otros cálculos.
3. El plan de manejo integral para el estadio está compuesto por etapas desde la generación hasta la disposición final dentro del recinto. Este plan evidenció el área del depósito no es suficiente y necesita una ampliación de 11 m². También, logró establecer la cantidad necesaria de 12 personas mínimo para la limpieza del estadio después del evento, a capacidad llena.

4. El proyecto en términos económicos no es viable en un periodo de 5 años, aunque si genera beneficios para el estadio. Acorde a lo calculado, con la venta de material, el estadio tendría un ingreso anual de Q 2 528 con la venta de botellas de plástico clasificación PET y cartón. Además, un beneficio indirecto es que la población reconozca los avances en el tema ambiental y prefiera asistir a los eventos, tanto espectadores como organizadores, dando lugar a una mayor cantidad de eventos dentro del estadio Cementos Progreso.

RECOMENDACIONES

1. Verificar el plan de gestión integral de residuos y desechos sólidos con el fin de observar puntos de mejora y hacer más eficiente todo el plan.
2. Adecuar el plan de manejo de residuos y desechos sólidos, una vez se tenga la caracterización de otros tipos de eventos masivos que se celebran dentro de las instalaciones.
3. Dentro del plan de manejo integral para el estadio, considerando otros tipos de eventos masivos que se celebren en el lugar, se recomienda tener una alternativa el coprocesamiento para reducir el volumen de desechos sólidos que se envíen al vertedero de la zona 3.
4. Tomando en cuenta otros tipos de eventos masivos, realizar un análisis costo-beneficios con posibles nuevos materiales reciclables que tengan valor en el mercado. Esto puede demostrar una mejoría en la rentabilidad del proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

1. Alcaldía de Jasper, Canada. *Toward zero waste events*. [En línea]. <<https://www.jasper-alberta.com/2264/Toward-Zero-Waste-Events>>. [Consulta: 29 de abril de 2017].
2. BELTRAN, Oscar. *Eventos religiosos*. [En línea]. <<https://prezi.com/kgbewyankvw/eventos-religiosos/>>. [Consulta: 5 de junio de 2017].
3. Departamento de Ambiente y Conservación NSW. *How to make your event Waste Wise*. [En línea]. <<https://www.epa.nsw.gov.au/-/media/epa/corporate-site/resources/warrlocal/070056-waste-wise-events.pdf>>. [Consulta: 5 de junio de 2017].
4. Faculty of Tourism and Hospital Management. *Zero waste guidelines for events and festivals*. Croacia, Unión Europea: Universidad de Rijeka, 2011. 122 p.
5. FUENTES, Miranda. *Centro Gracia de Dios de San Pedro Sacatepéquez del departamento de San Marcos*. [En línea]. <http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/02/02_3530.pdf>. [Consulta: 10 de junio de 2017].
6. Gobierno de Australia. *Waste minimization guide events and venues*. [En línea]. <http://www.zerowaste.sa.gov.au/upload/event-guidelines/Waste%20minimisation%20guide%20for%20events%20and%20venues_2.pdf>. [Consulta: 29 de agosto de 2017].

7. Inforeciclaje. *Reciclaje de vidrio*. [En línea]. <<http://www.inforeciclaje.com/reciclaje-vidrio.php>>. [Consulta: 5 de junio de 2017].
8. MADRIGAL, Rebeca; MEZA, Sergio. *Plan de gestión integral de residuos sólidos en eventos masivos en un estadio*. [En línea]. <<https://es.slideshare.net/remadr/plan-de-gestin-integral-de-residuos-slidos-en-eventos-masivos-en-un-estadio>>. [Consulta: 3 de abril de 2017].
9. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. *Acuerdo Gubernativo 281-2015. Política nacional para la gestión integral de los residuos y desechos sólidos*. [En línea]. <<http://www.marn.gob.gt/Multimedios/4041.pdf>>. [Consulta: 3 de abril de 2017].
10. _____. *Diagnóstico ambiental estadio Cementos Progreso*. [En línea]. <<http://www.cempro.com/index.php/quienes-somos/practicas-ambientales>>. [Consulta: 29 de abril de 2017].
11. Ministry of the Environment of Town Hall. *Toward zero waste initiatives*. [En línea]. <<https://council.vancouver.ca/20180516/documents/pspc2a.pdf>>. [Consulta: 10 de junio de 2017].
12. Municipalidad de Guatemala. *Reglamento de manejo de desechos sólidos para el municipio de Guatemala. Acuerdo COM. No.028-2002*. [En línea]. <https://www.ficem.org/normas/Guatemala/acuerdo_028.pdf>. [Consulta: 5 de abril de 2017].
13. Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial. *Guía para la gestión integral de los residuos sólidos urbanos*. [En línea].

- <file:///C:/Users/ASUS/Downloads/1419-Texto%20del%20art%20C3%ADculo-6131-1-10-20150320.pdf>. [Consulta: 20 de mayo de 2017].
14. OSPINA GÓMEZ, Jorge Iván. *Implementación de sistemas de gestión integral de residuos sólidos en eventos masivos*. Colombia: Alcaldía de Santiago de Calí, 2008. 52 p.
 15. SAKURAI, Kunitoshi. *Programa regional de mejoramiento de la recolección, transporte y disposición final de residuos sólidos*. [En línea]. <<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/scan/011982.pdf>>. [Consulta: 20 de mayo de 2017].
 16. *Tecnología de los plásticos*. [En línea]. <<http://tecnologia-delosplasticos.blogspot.com/2012/09/reciclado-mecanico-de-poli-etileno.html>>. [Consulta: 3 de abril de 2017].
 17. *Tipos de eventos*. [En línea]. <<https://federicogalvis.wordpress.com/tipos-de-eventos-definiciones/>>. [Consulta: 5 de junio de 2017].
 18. VALVERDE, Jason. *Propuesta metodológica de un sistema para el manejo integrado y comercial de residuos sólidos generados por eventos masivos*. [En línea]. <http://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/3023/Informe_Final.pdf?sequence=1>. [Consulta: 30 de mayo de 2017].
 19. ZELEDON, Garay. *Clasificación y características de los eventos masivos*. [En línea]. <https://prezi.com/h-hgapxdfpz_/clasificacion-y-caracteristicas-de-los-eventos/>. [Consulta: 4 de junio de 2017].

APÉNDICES

Apéndice 1. Fotos de la caracterización del estadio

- Fotografía previo a la caracterización

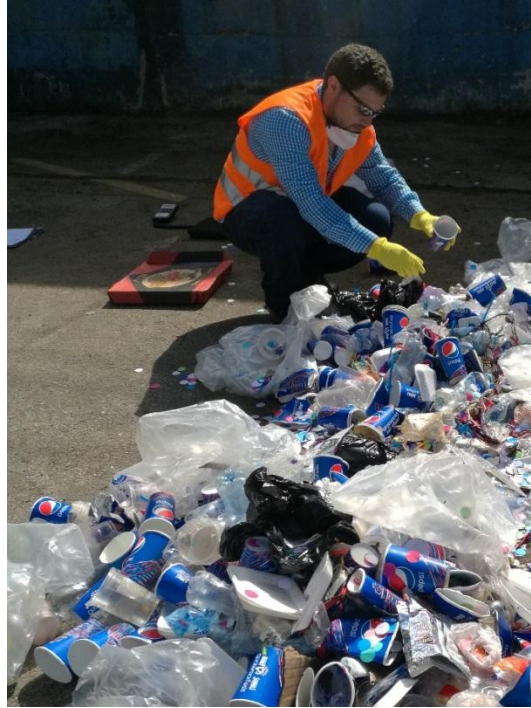


- Personal que ayudó con la caracterización



Continuacion del apéndice 1.

- Inicio del proceso de clasificación



- Guardando toda la basura de nuevo en bolsas plásticas



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. **Formato usado en campo para clasificar los materiales durante la caracterización**

Estadio Cementos Progreso				
Tara del recipiente				
Producción <i>per cápita</i>	Total peso basura			
	Cantidad personas			
Densidad	Peso basura + Recip.			
	Volumen recipiente			
Composición física	Circulo 1 m X 1 m x 1 m			
	Cuarteo, extremos opuestos			
	Peso en kg			
Papel				
Cartón				
Plástico duro (HD)				
Plástico suave (LD)				
Vidrio				
Orgánico				
Otros				
Total				

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3. Formato de entrevista

Nombre: _____ Puesto: _____

Entrevista

Tiempo de trabajar en el estadio Cementos Progreso

¿Han tenido algún problema relación al tema de la basura?

¿Qué manejo le dan actualmente a los desechos y residuos sólidos que se generan en cada evento?

¿Cuánto personal emplea para realizar la limpieza?

¿Cómo realizan el proceso de limpieza?

¿Qué tipos de eventos se celebran en el estadio?

¿Cuentan con datos en relación a la basura que generan?

¿Conocimiento de que materiales (basura) se genera en los eventos?

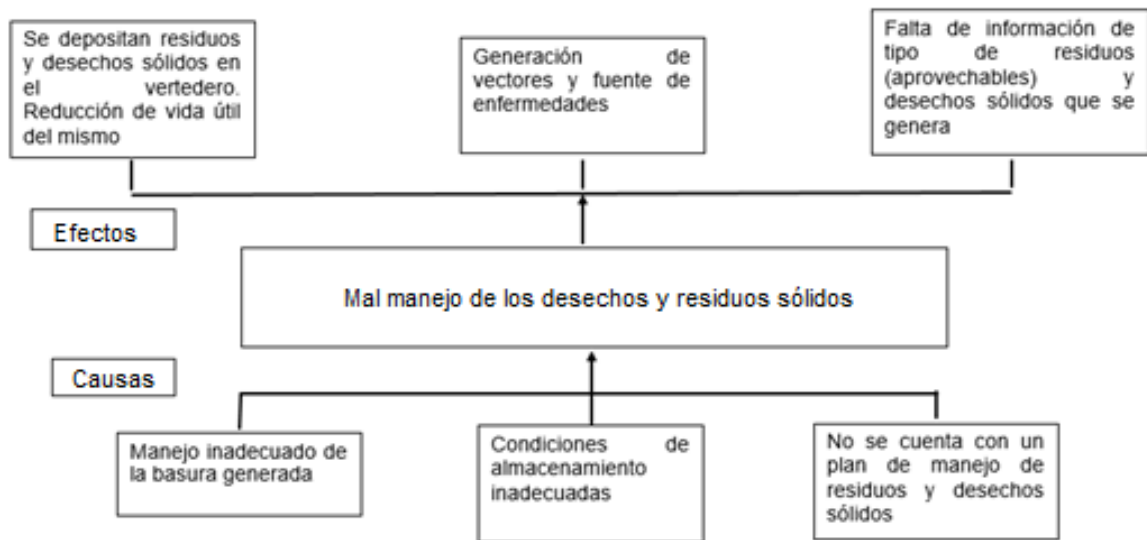
Fuente: elaboración propia.

Apéndice 4. **Características del evento deportivo**

Tipo de evento		Deportivo
# personas que asistieron		1 506
Horario del evento		12:00 – 14:00
Horario de caracterización		14:30 – 16:00
Peso total de residuos y desechos del evento	39,67 kg	

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 5. **Árbol de problemas**



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 6. Datos calculados

- Producción *per cápita*

$$ppc = \frac{39,670kg}{1\ 506\ personas} = 0,0263\ kg/persona/evento$$

- Densidad

$$\rho = \frac{7,074\ kg}{0,058\ m^3} = 121,97\ kg/m^3$$

- Cálculo del volumen total generado de desechos y residuos sólidos a capacidad llena

$$Gt = \frac{14\ 022\ personas * 0,0263\ kg/pers/event}{121,97\ kg/m^3} = 3,02m^3$$

- Área para depósito

$$\acute{a}rea = 4 + \left[\frac{(3,02 - 0,1)}{(0,15)} \right] * 1 = 23,5\ m^2$$

- Personal para recolección interna

$$\#operarios = \frac{2,5\ min * \left(\frac{3m^3}{0,1\ recipiente} * 24\ Rest \right)}{150\ min} = 12\ operarios\ m\acute{i}nimo$$

Continuación del apéndice 6.

- Composición de la basura

$$papel = \frac{0,676}{47,139} * 100 = 4 \%$$

Fuente: elaboración propia.

ANEXO

Anexo 1. **Método Sakurai**

El Dr. Kunitoshi Sakurai creó una metodología para el análisis de residuos sólidos; ofrece un método sencillo para dicho análisis de manera que facilite el conocimiento de la cantidad y las características de la basura en ciudades.

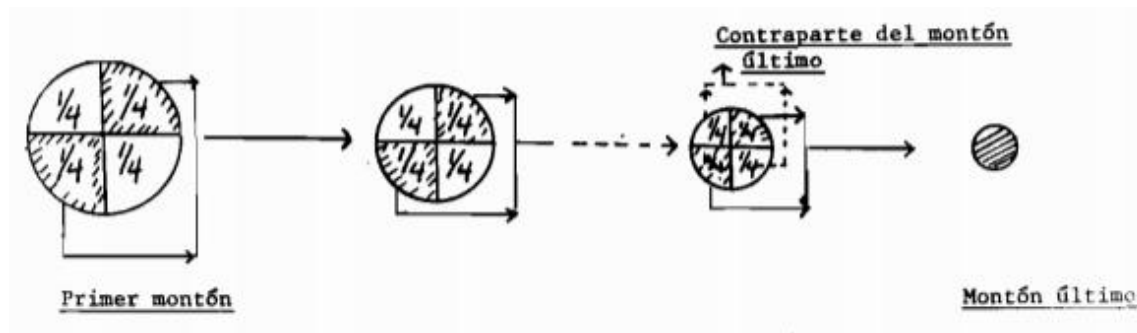
- Prueba de composición física

La prueba se realiza de la siguiente manera.

- Se toma la muestra alrededor de 1m^3 l y se lleva lugar pavimentado.
- Se rompen las bolsas y se cortan piezas grandes para conseguir tamaño de 15 x 15 cm.
- Se homogeniza la muestra.
- La muestra se divide en 4 partes y se escogen dos opuestas para formar otra muestra representativa y se vuelve a mezclar. Se repite el procedimiento hasta tener una muestra de 50 kg de basura o menos.

Continuación del anexo 1.

Figura 1A. Prueba de composición física de Sakuai



- Se separan los componentes del montón y se clasifican según sus características.
- Los componentes se clasifican en cilindros pequeños.
- Tarar los cilindros y pesarlos con la basura. Determinar el peso de basura por la diferencia con la tara.
- Se saca porcentaje de los componentes.

Fuente: *Análisis de residuos sólidos*. <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/scan/011982.pdf>.

Consulta: 5 de junio de 2017.