



UNIVERSIDAD LATINOAMERICANA DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA  
MAESTRÍA PROFESIONAL EN GERENCIA DE PROYECTOS

Proyecto de graduación:

Análisis del costo de construcción de una celda de disposición de  
residuos no valorizables generados en la Gran Área Metropolitana de  
Costa Rica.

Profesora: Vanessa Zamora, MAP

Estudiante: Juan Pablo Castro Alpizar

San José, Costa Rica

Diciembre, 2015

## Tabla de Contenido

Resumen ejecutivo.....	4
Abstract .....	5
Introducción.....	6
Alcances.....	6
Limitaciones .....	7
Marco teórico.....	7
Información de la organización.....	9
Entregables del proyecto.....	11
Administrador del proyecto.....	11
Tiempo estimado del proyecto .....	11
Costo del proyecto .....	11
Patrocinador del proyecto.....	11
Definición del alcance .....	11
Requisitos del proyecto .....	12
Verificar y controlar el alcance .....	13
Metodología de investigación .....	14
Tipo de investigación.....	14
Enfoque de la investigación.....	15
Diseño de la investigación.....	15
Población.....	16
Muestra .....	16
Tipo de muestreo .....	16
Recolección de datos .....	16
Análisis del costo de construcción y operación de un relleno sanitario .....	23
Análisis de los precios que está dispuesto a pagar el consumidor.....	24
Comparación de costos.....	26
Conclusiones.....	27
Recomendaciones.....	28
Anexo A. Comentarios adicionales de la población encuestada .....	31
Anexo B. Acta de Constitución del Proyecto .....	34

Anexo C. Encuesta realizada .....	37
Anexo D. Estructura de Desglose del Trabajo (EDT) .....	39
Anexo E. Diccionario EDT .....	41

### **Tabla de Figuras**

Figura 1. Género de los encuestados .....	18
Figura 2. Edad de los encuestados .....	19
Figura 3. Conocimiento sobre el destino final de los residuos.....	19
Figura 4. Percepción sobre la calidad del servicio .....	20
Figura 5. Conocimiento sobre precios para manejo de residuos.....	21
Figura 6. Precios dispuestos a pagar por un servicio.....	21
Figura 7. Precios dispuestos a pagar por un servicio+ .....	22
Figura 8. Construcción de una celda de disposición .....	23

### **Tabla de cuadros**

Cuadro 1. Metodología de investigación .....	14
Cuadro 2. Procedencia de los encuestados .....	18
Cuadro 3. Precios dispuestos a pagar por un servicio .....	22
Fuente: SurveyMonkey, 2015.....	22
Cuadro 4. Precios dispuestos a pagar por un servicio+ .....	23
Fuente: SurveyMonkey, 2015.....	23
Cuadro 5. Costos del manejo de residuos sólidos .....	24
Cuadro 6. Estimación del precio a pagar por el manejo de residuos .....	25
Cuadro 7. Estimación del precio por tonelada dispuesto a pagar .....	25
Cuadro 8. Comparación de precios y costos a pagar por el manejo de residuos..	26

## Resumen ejecutivo

El manejo integral de los residuos sólidos en Costa Rica ha sido un tema que ha tenido auge en los últimos años, donde cada vez la población toma conciencia sobre la problemática que existe en torno a la contaminación ambiental y las acciones que se deben implementar para mejorar la gestión de los residuos sólidos.

El problema está en que un manejo adecuado de los residuos sólidos implica un costo económico asociado, que los generadores (todas las personas productoras de residuos sólidos) deben afrontar. Para el caso particular de un relleno sanitario que se expone en esta investigación, la cuota que paga un usuario por el servicio de recolección, transporte, disposición y tratamiento final de los residuos sólidos debe ser suficiente para poder completar estas operaciones.

Esta investigación pretende determinar si el precio que está dispuesto a pagar la población de la Gran Área metropolitana (GAM) es suficiente para poder construir y mantener un relleno sanitario mecanizado. Para este efecto se analizaron precios operación y construcción de celdas de disposición, este último mediante una metodología según el PMBOK del PMI para proyectos.

Los precios que la población está dispuesta a pagar por el manejo de residuos sólidos serán determinados a partir de un análisis estadístico, con personas que viven dentro de la GAM, en su mayoría con personas de la generación “Milenio”

Como conclusión principal se determinó que la población analizada está dispuesta a pagar más por el manejo adecuado de los residuos sólidos que los costos requeridos para poder implementar este tipo de sistemas de manejo de residuos sólidos, por lo que hay factibilidad económica de poder desarrollar este tipo de proyectos, a fin de mejorar la situación actual del medio ambiente.

**Palabras clave:** Residuos sólidos, Relleno sanitario, Medio ambiente, PMI

## **Abstract**

The waste management in Costa Rica, has been an issue that has been booming in recent years, where more people become aware of the problems that exist about environment pollution and the actions to get better solid waste management.

The solid waste management involves economic cost that must face by the generators (all persons who produce solid waste). For the particular case of a landfill (exposed in this investigation) the user should pay a fee for the service of collection, transportation, treatment and final disposal of solid waste, and that fee must be sufficient to carry out these operations.

This research aims to determine whether the price that the generators of the Greater Metropolitan Area (GAM, for its acronym in Spanish) are willing to pay is sufficient to build and maintain a mechanized landfill. Prices for which operation and layout cells construction are analyze, the latter are using a methodology according to PMI PMBOK projects.

The prices that people are willing to pay for solid waste management, will be determined from a statistical analysis, with people living within the GAM, mostly with people of the generation "Millennium".

The main conclusion was determined that the analyzed population is willing to pay more for the proper management of solid waste costs required to implement such systems of solid waste, so economic feasibility to carry out such projects, improving the current state of the environment.

**Keywords:** Landfill, Solid waste, Environment, PMI

# CAPÍTULO 1: Introducción

## Introducción

El manejo de residuos sólidos es un tema que relaciona a todos los seres humanos, día con día todo material que ya no va a ser útil, reutilizado o reciclado, se convierte en residuo y por tanto enviado a disposición final.

Los sitios de disposición final cada vez son más tecnificados, los rellenos sanitarios pasan de ser un sitio donde se "entierra basura" a ser sitios controlados para tratar los residuos no valorizables de forma eficiente y sin afectar a la sociedad y al medio ambiente.

Que un sitio de disposición dé un mejor tratamiento a los residuos sólidos no valorizables involucra a su vez a costos asociados mayores, los cuales deben ser afrontados por la población generadora.

En países como Estados Unidos, existe una extensa cantidad de rellenos sanitarios. En el caso de Costa Rica, se están comenzando a implementar en los últimos años rellenos sanitarios tecnificados, ejemplo de ello es el Parque Ecoindustrial Miramar, ubicado en Miramar, Montes de Oro, Puntarenas, ubicado estratégicamente para recibir los residuos sólidos de la Gran Área Metropolitana (GAM) y poder transportarlos a sitios de disposición final más lejanos, inclusive fuera del Valle Central.

La ubicación de este relleno sanitario fue planeada para poder captar los residuos sólidos de la GAM sin estar dentro de ella, debido a las dificultades sociales que implica la ubicación de este tipo de proyecto, esto debido principalmente al crecimiento urbano de la GAM y a la indisposición de la población de aceptar un relleno sanitario en su comunidad.

## Alcances

### Proyecto

- El presente estudio solamente considera residuos sólidos generados en la GAM.
- Los costos considerados son los de construcción de celdas de disposición, y excluye costos de transporte y operación del relleno sanitario.
- El relleno analizado está en Miramar de Puntarenas.
- No se consideran costos por trámites municipales o de entidades públicas.

- Los residuos sólidos en análisis son de carácter ordinario.

### Investigación

- La población consultada vive actualmente en la GAM.
- El estudio evalúa los ejes económicos y sociales del manejo de residuos sólidos.
- La encuesta aplicada va enfocada a estudiantes y profesionales con un nivel académico de al menos bachiller de educación media.
- La investigación considera la opinión actual (año 2015).
- la investigación no considera el efecto que existan otros rellenos sanitarios en la región.

### Limitaciones

- La encuesta aplicada no considera condiciones de género.
- No se evalúa la procedencia de los residuos sólidos al relleno sanitario, siempre y cuando sean generados en la GAM.
- Se utiliza la información que la empresa Manejo Integral Tecnoambiente provea al estudio.
- No se considera variaciones en los análisis por condiciones climáticas.
- La construcción de la celda de disposición se analiza para el verano del año 2016.

### Marco teórico

Según la Ley General de Salud (1973), el estado costarricense debe velar por la salud de su población y uno de los focos más importantes por controlar es la generación de residuos sólidos y su correcto tratamiento.

Los residuos sólidos mal manejados generan múltiples problemas a la sociedad, entre ellos generación de malos olores, descontrol de vectores y focos de enfermedades, daño a la flora y fauna y un impacto visual.

Para mitigar esta problemática, los gobiernos generan legislación actualizada y pertinente, como el caso de Costa Rica son su Ley para la Gestión integral de residuos (N°8839), donde se determina los principales actores en el manejo de los residuos sólidos, desde generadores, gestores y supervisores.

Debido a que cada vez las ciudades están más densificadas se debe invertir en la compra de nuevos terrenos para el tratamiento de residuos, pues estos últimos deben ser transportados cada vez más lejos de las ciudades, lo que implica una mayor logística, costo y control de los residuos.

Sin embargo, los rellenos sanitarios no poseen una aceptación total por parte de la población, debido a que han existido múltiples problemas ambientales con rellenos sanitarios mal operados en el mundo, un ejemplo es Dong, W et al (2015) quien expone un caso concreto de contaminación de las aguas subterráneas con lixiviados en un relleno sanitario en Kaifeng, China. Esta situación no aplica para rellenos sanitarios manejados de forma correcta.

También existen otros tipos de impacto, por ejemplo los sitios de disposición final poseen impactos en los precios de terrenos, tal es el caso del artículo de Wilson, S. E. (2009), el cual hace un análisis de bienes raíces en sitios cercanos a rellenos sanitarios, los cuales perdieron plusvalía por el inicio de un relleno sanitario.

Por el lado económico, los rellenos sanitarios requieren de cantidades significativas de residuos para poder operar. Según Bolton N. (1995), los costos por tonelada recibida de residuos se reducen conforme aumenta el ingreso de residuos al relleno sanitario. Entonces existe un interés sobre recibir más residuos y poder tener precios atractivos para la población.

Es ahí donde nace el interés de comparar el costo de la construcción de una celda de disposición final de residuos sólidos contra el precio que está dispuesto a pagar la población de la GAM, estudio que actualmente no se ha elaborado.

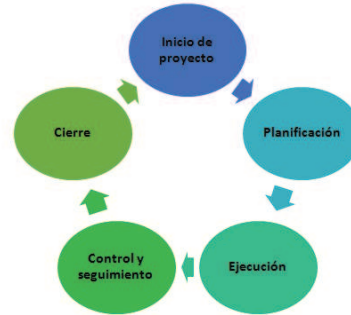
La construcción de una celda de disposición se considera un proyecto y no una actividad particular debido a sus detalles distintivos. Según el Project Management Institute (PMI, por sus siglas en inglés, 2015) un proyecto es un esfuerzo temporal emprendido para crear un único producto, servicio o resultado; es un proceso temporal (tiene una fecha definida de inicio y una fecha esperada de cierre), alcance y recursos requeridos bien definidos.

Un proyecto es único, lo que significa que no hay actividades rutinarias, sino actividades para llegar a una meta en particular. También un proyecto se conforma de diferentes profesionales que no suelen trabajar juntos. Según PMI (2015) la gestión de proyectos, entonces, es la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas a las actividades del proyecto para cumplir con los requisitos del proyecto.

Según la gestión de proyectos, todo proyecto involucra cinco procesos:



- Iniciando
- Planificación
- Ejecución
- Seguimiento y Control
- Cierre



Por otro lado, el PMI define 10 áreas de conocimiento para la ejecución de proyectos, expuestos en el PMBOK (2015):

- |  |                                 |
|--|---------------------------------|
| • Gestión de integración                         | • Gestión de la calidad         |
| • Gestión del costo                              | • Gestión de las comunicaciones |
| • Gestión del recurso humano                     | • Gestión del tiempo            |
| • Gestión del alcance                            | • Gestión de adquisiciones      |
| • Gestión de grupos interesados<br>(stakeholder) | • Gestión del riesgo            |

Para la construcción de una celda de disposición, el proyecto toca las siguientes áreas de conocimiento:

- Gestión del costo: elaboración y análisis de un presupuesto de construcción. Control del flujo de caja durante la ejecución y estimación de costos finales.
- Gestión del tiempo: definición del tiempo requerido para cada actividad, determinación de las fechas de entrega de cada hito.
- Gestión de calidad: control del proceso por desarrollar, definición de parámetros mínimos por cumplir en campo, verificación del cumplimiento de normas nacionales e internacionales.

### **Información de la organización**

La empresa utilizada para la elaboración de esta investigación es Manejo Integral Tecnoambiente, empresa especializada en el tratamiento y disposición final de los residuos sólidos no valorizables, ubicada en Miramar de Puntarenas.

Manejo Integral Tecnoambiente S.A. es una empresa que se encarga del manejo de los residuos sólidos, actualmente opera un relleno sanitario mecanizado, en

este se da el servicio de recolección, tratamiento y disposición de residuos sólidos. Cuenta con una planta de tratamiento de aguas residuales, una báscula para pesaje de camiones, celdas de disposición de residuos, un área de lavado de camiones, un taller mecánico, oficinas administrativas y otra serie de componentes y servicios que lo hacen único en el país. La empresa nace como una solución a largo plazo y respondiendo al crecimiento habitacional, industrial y turístico. Actualmente la cartelera de clientes abarca tanto municipalidades como recolectores particulares y empresas privadas. Se brinda un servicio tecnológico ambientalmente amigable y de protección para la salud pública.

La misión y visión de la empresa son:

- Misión: Brindar la mejor solución ambiental al tratamiento de los residuos sólidos, ofreciendo un servicio de excelencia a nuestros clientes, implementando técnicas y estándares internacionales.
- Visión: Ser la empresa líder en el tema de tratamiento de residuos sólidos de la región, mediante técnicas eficaces y novedosas aplicadas a la conservación del medio ambiente.

# CAPÍTULO 2: Descripción del proyecto

## Entregables del proyecto

El proyecto analizado para esta investigación es la construcción de una nueva celda de disposición para residuos sólidos no valorizables, dentro de los que se encuentran los siguientes entregables:

- Movimiento de tierras
- Impermeabilización del terreno
- Colocación del sistema de drenaje
- Construcción de obras circundantes
- Puesta en marcha del proyecto

## Administrador del proyecto

Ing. Juan Pablo Castro Alpizar

## Tiempo estimado del proyecto

3 meses y 5 días, correspondientes al tiempo requerido desde el inicio del movimiento de tierras hasta el cierre de la construcción

## Costo del proyecto

El costo de la construcción se estima en 357 000 dólares americanos.

## Patrocinador del proyecto

Manejo Integral Tecnoambiente, una empresa especializada en el tratamiento y disposición final de los residuos no valorizables.

## Definición del alcance

El alcance para la construcción de la nueva celda de disposición de residuos sólidos es:

- El proyecto considera una celda de disposición de 10 500 metros cuadrados.

- Se mueve un máximo de 30 000 metros cúbicos de tierra.
- No se consideran movimientos de tierra adicionales, para efectuar las obras circundantes a la celda de disposición.
- La celda está diseñada para albergar los residuos sólidos ingresados en el Parque Ecoindustrial Miramar, en aproximadamente un año de operación.
- El presupuesto máximo es de \$357 000.
- Se espera una capacidad de la celda de 15 400 toneladas de residuos sólidos.
- El movimiento de tierras es ejecutado por la misma empresa que opera el relleno sanitario.
- La impermeabilización de la celda se subcontrata a una compañía especializada en la colocación de geo-sintéticos.
- El proyecto considera las siguientes obras adicionales:
  - Caseta operativa (baños, servicios sanitarios)
  - Humedal de tratamiento de aguas
  - Caseta para vigilante
- No se consideran ampliaciones del área delimitada originalmente.

### **Requisitos del proyecto**

El proyecto, al ser una construcción, sus requisitos responden principalmente a permisos de construcción y a situaciones que se deben contemplar particularmente en construcción, tales como:

- Cumplir con las disposiciones de la Secretaría Técnica Nacional (SETENA) sobre las evaluaciones de impacto ambiental.
- Estar al día con todos los permisos del Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos (CFIA).
- Poseer el aval de la Municipalidad de Montes de Oro.
- Cumplir con los lineamientos del “Manual de Buenas Prácticas Ambientales”.
- Contratar a un profesional responsable de la obra, que se encuentre permanentemente en el sitio de construcción.
- Poseer o contratar mano de obra calificada para la concreción del proyecto, esto puede requerir contratar personal de otras latitudes.
- Poseer o alquilar la maquinaria pesada para la ejecución del movimiento de tierras, entre ellas: vagonetas, excavadoras y tractores de cadenas.
- Por evitar problemas con el clima, la construcción debe efectuarse durante la estación seca.

- Es necesario desarrollar estudios de estabilidad y permeabilidad del suelo.
- Se deben practicar pruebas de presión a todas las uniones de geomembrana, para aseverar que no existen fugas.
- Se deben solicitar los permisos de corta de árboles correspondientes a los sitios de excavación y de depósito.

### **Verificar y controlar el alcance**

El alcance del proyecto es susceptible a cambios, debido a la magnitud del proyecto. Para controlar y verificar el alcance se proponen los siguientes puntos:

- Control de vagonetas mediante un chequeador en campo.
- Llevar un indicador de metros cúbicos de tierra movidos por día y metros cúbicos restantes por mover.
- Mediciones periódicas del sitio mediante topografía para asegurar la posición de todos los sitios por trabajar.
- Registro de avance y flujo de caja con control de avance, costo erogado y valor ganado.
- Supervisión continua del contratista encargado de la colocación de los geosintéticos.
- Revisión de las obras varias, en conjunto con el maestro de obras.

# CAPÍTULO 3: Metodología de la investigación

## Metodología de investigación

El proyecto desea comparar los costos de la construcción de una celda de disposición final de residuos sólidos no valorizables contra la aceptación de la población de pagar una cuota (tarifa) por el manejo de sus residuos sólidos.

La comparación de cada arista de la investigación se muestra en el siguiente cuadro.

**Cuadro 1. Metodología de investigación**

<b>Costos de la construcción de la celda de disposición</b>	<b>Tarifa potencial a pagar por usuarios por el manejo de residuos</b>
Elaboración de la programación de la construcción	Aplicación de una encuesta a la población de la GAM
Seguir los principios de la PMI	Extracción de la información de la encuesta
Obtención del costo final y tiempo requerido	Determinación de la tarifa potencial a pagar
<b>Comparación del costo final contra la tarifa potencial</b>	

Fuente: Autor

Una vez formalizada la comparación del costo final contra la tarifa potencial, se procede a obtener los resultados y conclusiones de la investigación.

## Tipo de investigación

Según Hernández (2010), el diseño es el plan o estrategia que se desarrolla para obtener la información que se requiere en una investigación.

Este tipo de investigación sobre las tarifas y costos del tratamiento de los residuos sólidos no valorizables es una investigación tipo no experimental, transaccional, descriptiva. Donde se trabaja en hechos reales y con el fin de generar un análisis y conclusión interpretada correctamente.

Los datos son recolectados mediante contacto directo con la población en análisis e información que suministra la empresa Manejo Integral Tecnoambiente. Esta investigación es descriptiva, debido a que no modifica la percepción u opinión de la población, sino que se limita a analizar la situación.

### **Enfoque de la investigación**

El enfoque de la investigación es base para determinar cómo se va a completar el proceso de investigación, desde la toma de los datos, hasta el análisis correspondiente.

Según Cauas (2011), existen dos posibles enfoques metodológicos:

- Enfoque cualitativo: cuando la investigación se basa en información cualitativa y descripciones de los fenómenos en cuestión.
- Enfoque cuantitativo: cuando el estudio utiliza información cuantificable o comparable.

Para esta investigación se pretende comparar los costos de un proyecto, contra el dinero que está dispuesta a pagar la población en análisis por el correcto manejo de los residuos sólidos no valorizables, por lo que la investigación tiene un enfoque metodológico cuantitativo.

### **Diseño de la investigación**

Según Hernández et al (2010) El diseño se refiere al plan o estrategia concebida para poder responder a las preguntas de investigación y cubrir todos los objetivos planteados anteriormente.

Según Hernández et al (2010), una investigación no experimental es un estudio donde no se manipula mucho las variables en estudio y más bien se observan y analizan sus fenómenos en su medio natural.

Para el análisis del caso, se plantea una investigación no experimental cuantitativa, donde se va a evaluar las condiciones actuales (sin variar) en los dos siguientes enfoques:

- Los costos de la construcción de una celda de disposición de residuos sólidos no valorizables.
- La tarifa que está dispuesta a pagar la población del Valle Central por el correcto manejo y disposición de los residuos sólidos no valorizables.

Posteriormente, se elaborará un análisis comparando ambos enfoques entre sí, sin modificar variables como la percepción social de los residuos o los costos requeridos para la construcción de la celda de disposición.

Los costos de la construcción se obtienen de la programación de la construcción, expuesta en el capítulo II de esta investigación, mientras que las tarifas que la población está dispuesta a pagar por los servicios de manejo de residuos sólidos se obtiene a partir de la encuesta aleatoria aplicada a la población de la GAM.

### **Población**

La población interesada son las personas que viven permanentemente en la Gran Área Metropolitana (GAM) que generan sus residuos sólidos no valorizables en sus casas y centros de trabajo.

La población no depende del grado académico ni de la edad del encuestado, pero este al menos es mayor de 18 años.

### **Muestra**

La muestra va a contar con un mínimo de 50 personas encuestadas, sea por medios digitales o por contacto directo.

### **Tipo de muestreo**

Para esta investigación se aplica un muestreo probabilístico aleatorio, donde todas las personas de la GAM (área en análisis) tienen la posibilidad de ser parte de la investigación.

### **Recolección de datos**

Según Torres (2000) "Para la recolección de datos primarios en una investigación científica se procede básicamente por observación, por encuestas o entrevistas a los sujetos de estudio y por experimentación".

Para esta investigación, se procede a la recolección de datos por medio de encuestas, las cuales según Torres (2000) son un término medio entre la observación y la experimentación y que posee las siguientes características:



- Es una observación no directa de los hechos por medio de lo que manifiestan los interesados.
- Es un método preparado para la investigación.
- Permite una aplicación masiva mediante un sistema de muestreo -puede extenderse a una nación entera.
- Hace posible que la investigación social llegue a los aspectos subjetivos de los miembros de la sociedad.

# CAPÍTULO 4: Análisis de los datos

Para la elaboración de esta investigación, se encuestó a 54 personas voluntarias, a las cuales se les abordó con 9 preguntas sencillas, relacionadas con el manejo de los residuos sólidos. Las preguntas se enlistan a continuación:

1. ¿Cantón en el que vive actualmente?

**Cuadro 2. Procedencia de los encuestados**

Cantón	Cantidad	Cantón	Cantidad
Belén	1	Palmares	1
Cartago	1	San Isidro Heredia	1
Desamparados	2	San José	4
Escazú	9	San Rafael de Alajuela	1
Goicoechea	2	Santa Ana	20
Heredia	2	Tibás	1
Montes de Oca	3	Vázquez de Coronado	1
Mora	3	Alajuela	1
Moravia	1		

Fuente: Autor

De las 54 encuestas elaboradas, todas fueron aplicadas a personas que viven dentro de la GAM, y existe una fuerte tendencia hacia el occidente del Valle Central (Santa Ana, Escazú, entre otros) que son cantones con un desarrollo económico notable para los últimos años.

2. Género

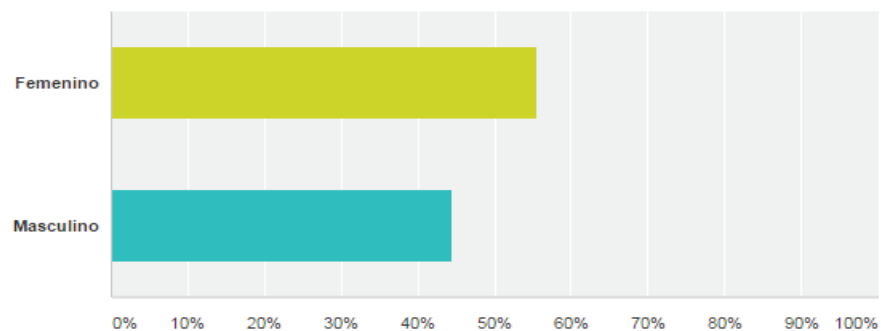


Figura 1. Género de los encuestados

Fuente: SurveyMonkey, 2015

De los encuestados, 56% eran mujeres y 44% eran hombres, en términos generales se obtuvo una encuesta muy distribuida en género (por lo que no se tomará en cuenta el género en el análisis).

### 3. Edad actual

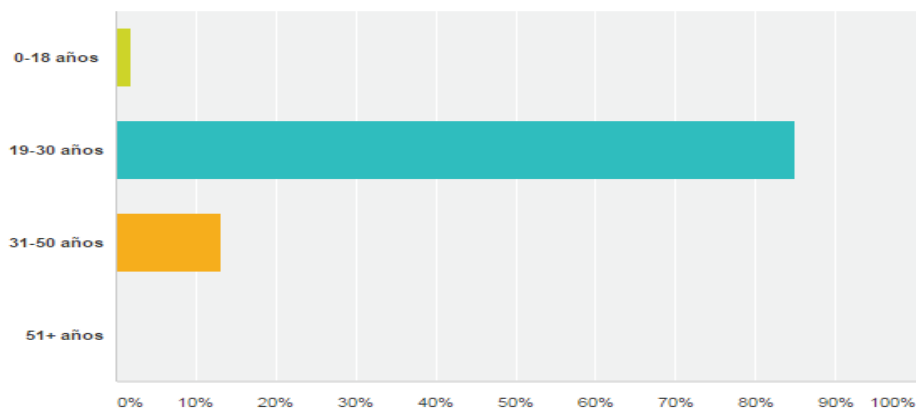


Figura 2. Edad de los encuestados

Fuente: SurveyMonkey, 2015

De los encuestados, menos del 2% eran menores de 18 años y ninguno era mayor a 51 años. La encuesta fue abordada por personas entre 19 y 50 años, con una fuerte tendencia hacia personas jóvenes (la generación “Milenio”) con una participación de 85.19% de las encuestas. Personas entre los 31 y 50 años tuvieron una participación del 12.96%.

### 4. ¿Sabe usted dónde terminan los residuos sólidos (basura) que produce en su casa?

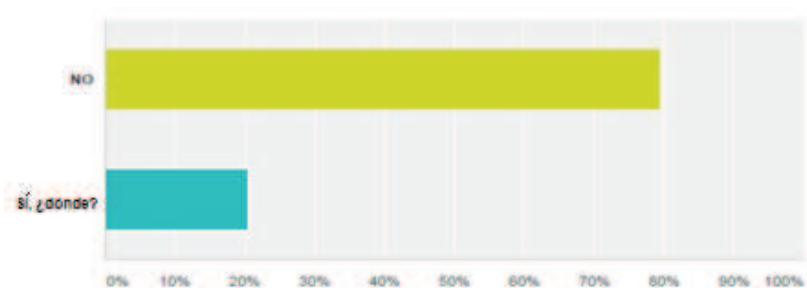


Figura 3. Conocimiento sobre el destino final de los residuos

Fuente: SurveyMonkey, 2015

Casi un 80% de los encuestados no sabe dónde terminan los residuos que producen, lo que implica que no existe una educación adecuada sobre el manejo integral de los residuos sólidos. Aun en el restante 20% de encuestados que afirmó conocer el destino final de sus residuos sólidos. Existen ciertas respuestas sesgadas, debido a que hay respuestas tales como el relleno sanitario Río Azul y relleno sanitario Los Mangos, ambos ya cerrados y que no reciben actualmente residuos sólidos.

5. ¿Cómo considera la gestión de los residuos sólidos en Costa Rica del 1 (pésima) al 5 (excelente)?

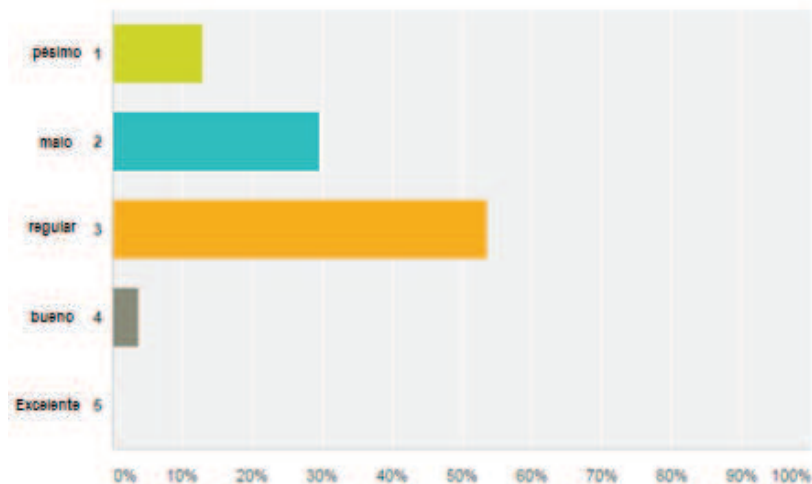


Figura 4. Percepción sobre la calidad del servicio  
Fuente: SurveyMonkey, 2015

En esta pregunta subjetiva existen diferentes opiniones, sin embargo nadie considera excelente (5) la acción de los diferentes entes en el manejo de residuos sólidos. Por otro lado casi un 13% considera pésima la gestión de residuos sólidos y la mayoría de encuestados maneja criterios neutrales, orientada hacia lo negativo: casi 30% con un nivel de servicio malo (2), 53.7%; con un servicio regular (3) y un 3.7% con un nivel de servicio bueno (4).

6. ¿Sabe cuánto paga mensualmente por servicios municipales (recolección de basura)?:

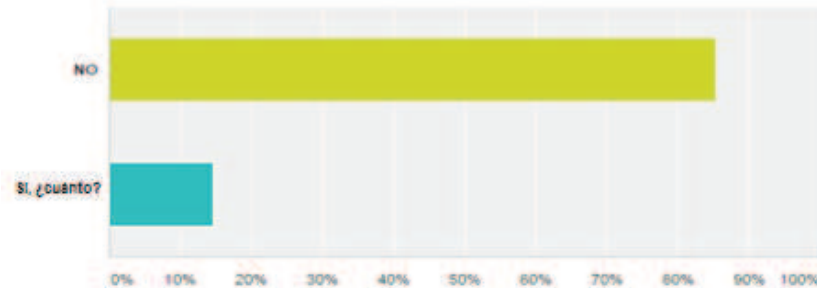


Figura 5. Conocimiento sobre precios para manejo de residuos  
Fuente: SurveyMonkey, 2015

Nuevamente existe un fuerte desconocimiento de la población por los montos que deben pagar por manejo de residuos sólidos en sus comunidades, lo que representa un 85.45% de la población que desconoce la tarifa. Entre las respuestas afirmativas existen montos muy diferentes entre sí, que confirma la falta de conocimiento real de los precios.

7. ¿Cuánto estaría dispuesto(a) a pagar mensualmente por el manejo de basura que produce (¢)?:

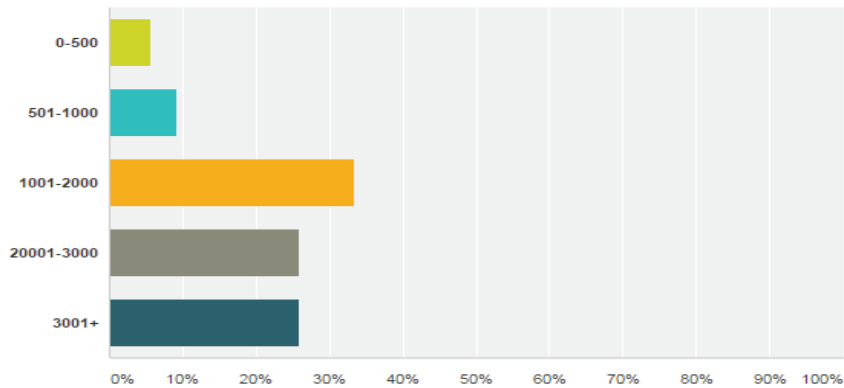


Figura 6. Precios dispuestos a pagar por un servicio  
Fuente: SurveyMonkey, 2015

Existe una fuerte tendencia hacia el precio de 1001-2000 colones mensuales, el cual es un valor bajo para los precios reales. Los datos de esta pregunta son:

**Cuadro 3. Precios dispuestos a pagar por un servicio**

Opciones de respuesta	Respuestas
0-500	5,56%
501-1000	9,26%
1001-2000	33,33%
20001-3000	25,93%
3001+	25,93%
Total	

Fuente: SurveyMonkey, 2015

8. ¿Cuánto estaría dispuesto(a) a pagar mensualmente por el manejo de la basura que produce ( $\phi$ )?, sabiendo que se le va a dar un correcto tratamiento, sin contaminar el ambiente:

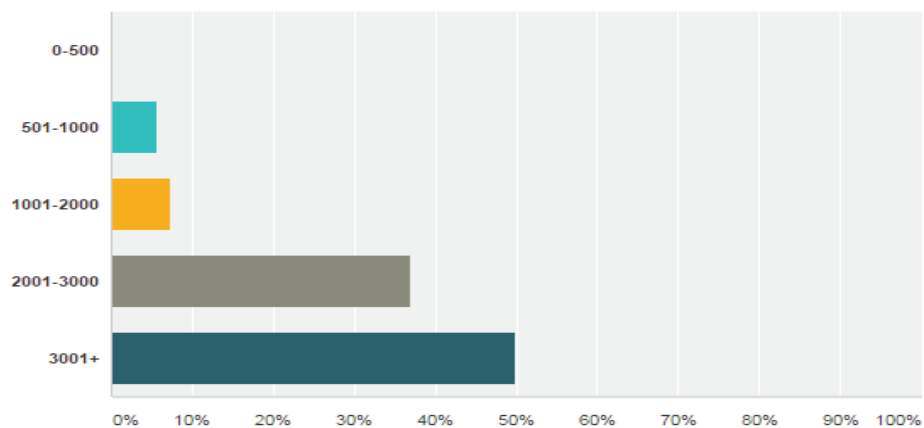


Figura 7. Precios dispuestos a pagar por un servicio+  
Fuente: SurveyMonkey, 2015

Ahora que se conoce que hay un buen manejo de los residuos sólidos, el precio que se está dispuesto a pagar sube hacia el precio que supera los 3000 colones mensuales. Los datos de esta pregunta son:

**Cuadro 4. Precios dispuestos a pagar por un servicio+**

Opciones de respuesta	Respuestas
0-500	0,00%
501-1000	5,56%
1001-2000	7,41%
2001-3000	37,04%
3001+	50,00%
Total	

**Fuente: SurveyMonkey, 2015**

9. ¿Qué recomendaciones aportaría para mejorar la gestión de los residuos sólidos en Costa Rica?

Las respuestas ofrecidas se encuentran en el anexo A, donde la mayoría de respuestas se enfocan hacia mejorar la gestión del reciclaje y aumentar la educación/cultura de los residuos sólidos.

### **Análisis del costo de construcción y operación de un relleno sanitario**

Un relleno sanitario posee costos de construcción de las celdas de disposición de residuos sólidos. Estos costos deben ser costeados por el pago recibido por el ingreso de residuos sólidos. El caso particular de esta celda de disposición posee un costo de construcción de \$357 000 y para una capacidad instalada de 15 400 toneladas de residuos sólidos.



**Figura 8. Construcción de una celda de disposición**

*Fuente: SurveyMonkey, 2015*

Pero la construcción no es el único costo, pues existen costos de operación tales como la compactación de los residuos sólidos, planillas, combustibles, tratamiento del lixiviado, tratamiento del biogás, muestreos requeridos, entre otros. Estos costos también deben ser costeados por el pago recibido en el ingreso de los residuos sólidos. Los precios del mercado de disposición y tratamiento de residuos sólidos ordinarios rondan actualmente (año 2015) entre los \$15 y \$40 aproximadamente.

Adicionalmente, se debe considerar el costo de recolección y transporte de los residuos sólidos desde el sitio de generación hasta el sitio de disposición. Este costo es muy variable en cada lugar del país, debido a que básicamente depende de la distancia entre la ruta de recolección y el relleno sanitario, variable para todos los cantones. Para fines de esta investigación se va considerar un costo de 20 dólares por tonelada.

Los costos de cada parte expuesta anteriormente se muestran en el siguiente cuadro:

**Cuadro 5. Costos del manejo de residuos sólidos**

	Costo total (\$)	Capacidad (ton)	precio x tonelada	precio por Kg (\$)
Construcción Celda	357000	15400	23,2	0,023
Operación de relleno sanitario			30,0	0,043
Transporte de residuos sólidos			20,0	0,020

Fuente: Autor

Por lo que los costos por kilogramo (kg) de residuos en este caso particular es de aproximadamente \$0.086 (unos ¢46.3 al tipo de cambio del 29 de noviembre de 2015).

### **Análisis de los precios que está dispuesto a pagar el consumidor**

Para poder determinar los precios que la población está dispuesta a pagar, se utiliza la información recolectada entre la población del Valle Central. En particular las preguntas 7 y 8 de la encuesta fueron clave para determinar cuánto es el valor que se está dispuesto a pagar para el manejo de los residuos sólidos.

Para este caso se van a analizar dos escenarios:

- Servicio: es el valor que está dispuesto a pagar la población por el servicio actual de recolección de residuos sólidos.



- Servicio+: es el mismo servicio de recolección de residuos sólidos, pero conociendo que el servicio incluye un correcto tratamiento a los residuos, sin afectar al medio ambiente.

Considerando los valores intermedios para cada rango propuesto en las preguntas 7 y 8 (y considerando un valor de ¢4000 para el caso de 3000+), se procede a determinar un precio porcentual de todas las respuestas obtenidas y para las dos opciones de servicio. Este precio se calcula como la suma de todos los valores estimados, multiplicados por el porcentaje alcanzado, tal y como se muestra en el siguiente cuadro:

**Cuadro 6. Estimación del precio a pagar por el manejo de residuos**

Valor	Valor estimado	Servicio	Servicio +
<b>0-500</b>	250	5,56%	0%
<b>501-1000</b>	750	9,36%	5,56%
<b>1001-2000</b>	1500	33,33%	7,41%
<b>2001-3000</b>	2500	25,93%	37,04%
<b>3000+</b>	4000	25,93%	50%
<b>Precio porcentual (¢)</b>		<b>2269,5</b>	<b>3078,85</b>
<b>Precio porcentual (\$)</b>		<b>4,20</b>	<b>5,70</b>

Fuente: Autor

Los costos de \$4,2 y \$5.7 determinados en el cuadro anterior corresponden a precios mensuales a los que la población está dispuesta a pagar por el servicio de recolección, según la información que se tenga sobre el manejo de estos.

Según Lara (2015), un costarricense promedio produce un kilogramo (Kg) de residuos sólidos ordinarios por día, lo que significa que aproximadamente son 30 Kg por mes por persona. A partir de esta equivalencia, se puede determinar la información del siguiente cuadro.

**Cuadro 7. Estimación del precio por tonelada dispuesto a pagar**

	Costo mensual (\$)	Kg mensual	precio por Kg
<b>Servicio</b>	4,2	30	\$0,140
<b>Servicio +</b>	5,7	30	\$0,190

Fuente: Autor

Lo que implica que cada persona está dispuesta a pagar 0.14 (aproximadamente ¢75) dólares por el servicio de recolección y hasta 0.19 dólares (aproximadamente ¢102) si este servicio se hace de forma correcta y en armonía con el ambiente.

## Comparación de costos

En el siguiente cuadro se pueden observar los datos obtenidos de la encuesta y del análisis de la celda de disposición (precios en dólares estadounidenses).

**Cuadro 8. Comparación de precios y costos a pagar por el manejo de residuos**

<b>Costos del manejo de residuos</b>	\$0,086
<b>Precio a pagar por el servicio</b>	\$0,140
<b>Precio a pagar por el servicio+</b>	\$0,191

Fuente: Autor

Como se observa en el cuadro anterior, los precios que la población está dispuesta a pagar por el manejo de los residuos son mayores a los costos respectivos del manejo, por lo que sí puede ser viable la construcción de un relleno sanitario adecuado para el manejo de residuos.

Ahora si se compara el precio del servicio contra los costos del manejo de residuos, se puede observar que puede haber más de un 100% de utilidad, lo que significa que es importante mostrar a la población la importancia de un correcto manejo de los residuos y una buena campaña publicitaria para mejorar la percepción pública y poder subir los precios, para mejorar rentabilidad o dar aún un mejor servicio.

# CAPÍTULO 5: Conclusiones y recomendaciones

## Conclusiones

Como se puede observar en el cuadro 8, existe una viabilidad económica del manejo de los residuos sólidos mediante el uso de rellenos sanitarios correctamente operados, esto debido a que la población encuestada está dispuesta a pagar más por el manejo de residuos sólidos que los costos requeridos para la gestión de residuos.

Existe una viabilidad económica en el manejo de los residuos sólidos, lo que implica un mercado emergente que tiene capacidad de generar utilidades sin afectaciones al medio ambiente.

La encuesta tuvo una mayor participación de personas de la generación Milenio, la cual parece tener un mayor interés por los temas ambientales.

A partir de la información obtenida en el cuadro 7, se puede concluir que la población encuestada está dispuesta a pagar aproximadamente un 35% más por los servicios de gestión de residuos sólidos, siempre y cuando conozcan que esta se ejecuta de forma amigable y eficiente con el ambiente.

A partir de la figura 3, se concluye que la población posee poca información sobre el destino final de los residuos sólidos. Principalmente sobre el sitio de disposición donde terminan sus residuos.

Es importante recalcar (como se muestra en el anexo I) que hubo una fuerte tendencia hacia la creación de centros de acopio. La población de la GAM ya ha ido adquiriendo conciencia en temas medioambientales, sin embargo no hay servicios grandes para afrontar este tema.

La población posee una percepción término medio sobre la acción de las municipalidades en el manejo de residuos sólidos. Nadie considera excelente la gestión, aún cuando se posee poca información sobre el manejo correcto de residuos.

## **Recomendaciones**

Se recomienda invertir capital en la promoción de los sistemas de gestión de residuos sólidos (siempre y cuando estos sean ambientalmente adecuados) para mejorar la conciencia de la población y poder influir en las tarifas.

Es recomendable generar conciencia de forma objetiva sobre los sitios de disposición final donde van los residuos sólidos producidos en la GAM.

Sería conveniente elaborar un análisis de sensibilidad sobre la distancia del relleno sanitario al foco poblacional y el precio que la población está dispuesta a pagar adicionalmente por llevar más lejos los residuos.

Se insta al país a fortalecer la gestión de los residuos sólidos valorizables, mediante técnicas novedosas y apoyo a centros de acopio.

# Bibliografía

Bosello, F., Campagnolo, L., Eboli, F., & Parrado, R. (2012). Energy from waste: generation potential and mitigation opportunity. *Environmental Economics & Policy Studies*, 14(4), 403-420. Doi:10.1007/s10018-012-0043-5

Decreto ejecutivo N° 38928-S. Reglamento sobre rellenos sanitarios. San José, Costa Rica. 14 de noviembre de 2014.

Decreto ejecutivo N° 39136-S- MINAE. Reglamento sobre condiciones de operación y control de emisiones de instalaciones para coíncineración de residuos sólidos ordinarios. San José, Costa Rica. 15 de junio de 2015.

Dong, W., Lin, X., Du, S. y., Zhang, Y., & Cui, L. (2015). Risk assessment of organic contamination in shallow groundwater around a leaching landfill site in Kaifeng, China. *Environmental Earth Sciences*, 74(3), 2749-2756.

García, Daniela. (Marzo, 2013). Costa Rica solo recicla el 0,4% de los desechos que produce. Crhoy.com. Recuperado de: <http://www.crhoy.com/costa-rica-solo-recicla-el-04-de-los-desechos-que-produce/>

Hernández, R.; Fernández, C. y Batista, P. (2010). Metodología de la investigación. México, D. F.: McGraw-Hill Interamericana.

Lara, Juan. (Junio, 2015). Ticos duplicaron producción diaria de basura en 14 años. La Nación. Recuperado de: [http://www.nacion.com/vivir/ambiente/Ticos-duplicaron-produccion-diaria-basura\\_0\\_1491850819.html](http://www.nacion.com/vivir/ambiente/Ticos-duplicaron-produccion-diaria-basura_0_1491850819.html)

Ley N°5395. Ley General de Salud. San José, Costa Rica. 30 de octubre de 1973.

Ley N°8839. Ley para la gestión integral de residuos. San José, Costa Rica. 13 de julio de 2010.

Neal Bolton. (1995). The Handbook of Landfill Operations. California: Blue Ridge Services.

PMI. (1 de setiembre, 2014). La Guía PMBOK., de PMI Recuperado de: <http://www.pmi.org/PMBOK-Guide-and-Standards.aspx>

Torres, M. (2000). Métodos de recolección de datos para una investigación. México: Universidad Rafael Landívar: Boletín electrónico N° 3. Recuperado el 1 de noviembre de 2015 de: [http://www.tec.url.edu.gt/boletin/URL\\_03\\_BAS01.pdf](http://www.tec.url.edu.gt/boletin/URL_03_BAS01.pdf)

Wilson, S. E. (2009). Evaluating the Potential Impact of a Proposed Landfill. *Appraisal Journal*, 77(1), 24-36.

# Anexos

## Anexo A. Comentarios adicionales de la población encuestada

- Tener rellenos sanitarios adecuados.
- Evitar la incineración, promover la reutilización. Además de que los rellenos lleven un buen control e inventario de basura entrante para conocer la curva de descomposición para eventual utilización de biogás.
- Dar una remuneración económica por la basura que se recicle. Cobrar bolsas plásticas en supermercados. Hacer compostaje comunitario. Poner impuesto ambiental a los recipientes no reutilizables.
- Que exista voluntad política para que los municipios implementen los planes de manejo Integral de residuos, pues a pesar de existir una ley específica para su gestión, actualmente no se está cumpliendo de la mejor manera. Que exista una multa específica para las personas que dispongan inadecuadamente de los residuos o que no fomenten la jerarquización de los residuos, pues solamente si se toca el bolsillo, es como los ciudadanos costarricenses entienden y atienden la ley, esa es la triste realidad.
- Brindar más información sobre el tema al público en general para concientizar y ayudar a un mejor manejo.
- Reciclaje, reutilización, responsabilidad de las empresas de que sus productos sean biodegradables y amigables con el medio ambiente.
- Más información sobre el correcto manejo de residuos sólidos.
- Un mejor manejo de la basura post recogida de los inmuebles, tratarla, procurar no echarla sin tratarla a la naturaleza.
- Que las personas separen la basura en sus casas para que el camión de la basura no se lo revuelva cuando la recogen.
- Poner basureros por calle para depositar residuos reciclables.
- Un tratamiento efectivo, que produzca energía con su eliminación.
- Que todas las municipalidades tuvieran gestión en los materiales que se pueden reciclar.
- Que las municipalidades recojan los desechos de forma desagregada.
- Habilitar la separación y reciclaje a nivel municipal o regional, implementar incineradores de desechos sólidos bien manejados.
- Promover a la población para que reciclen y separen el reciclaje como debe ser. Los residuos orgánicos podrían ser aprovechados creando algún tipo de mini

compostaje a nivel del hogar. Dar realmente un tratamiento eco amigable de los residuos sólidos y no como se maneja en ciertos lugares en lo que todo va a un terreno baldío.

- Me gustaría que en verdad la basura sea depositada en lugares adecuados, evitar la contaminación, cuidar el ambiente y reciclar.
- Fomentar el reciclaje y el tratamiento de los desechos biodegradables en la casa de cada persona por medio de composteras para reducir la cantidad de desechos. Utilizar los desechos para producir energía.
- Mejores programas de reciclaje, mejor educación de la población.
- Informar a la población sobre el manejo de la basura que se realiza actualmente y organizar campañas para mejorar este proceso.
- Programas más fuertes de reciclaje inclusive en las comunidades, para que muchos de los residuos ya vayan correctamente dispuestos.
- Aumentar el reciclaje.
- Incentivar la clasificación de residuos.
- Clasificación de residuos y adecuado tratamiento.
- Maximizar la cultura de reciclaje, así como facilitar la gestión de desecho electrónico reciclable y no reciclable, con una cultura informativa respecto al tema.
- Implementar programas e incentivos municipales para que los ciudadanos contribuyan a mejorar la gestión de los residuos sólidos.
- Abonos y reciclaje.
- Realicen charlas en las comunidades sobre el manejo de residuos y que se implementen mejores medios de comunicación sobre los servicios de reciclaje existentes.
- Fomentar la educación.
- Una mayor campaña en el tema de reciclaje...
- Incentivar en los habitantes el reciclaje, que se dé una separación de residuos por parte de empresas encargadas del tratamiento de residuos.
- Ampliar el servicio de recolección de reciclaje a todas las provincias, por lo menos una vez al mes. En este momento son contados los cantones donde pasa un camión de recolección de reciclaje por las casas.
- Incentivar el reciclaje en las comunidades con la municipalidad o compañías privadas y sino promover el manejo adecuado de separación de los residuos.
- Se debe concientizar a la población acerca de la importancia de disminuir la cantidad de basura producida.
- Crear una cultura diferente y responsabilidad social.
- Impulsar las políticas y campañas de reciclaje en el país.



- Generación de electricidad con desechos sólidos y un sistema de captura de gases.
- Campañas de reciclaje, separación de residuos.
- Mayor conciencia a los que recolectan los residuos y capacitación.
- Incentivar a las familias que reciclan y buscan bandera azul con descuentos en los pagos de impuestos de las municipalidades.
- Trabajar fuertemente en la motivación del reciclaje y atraer la mayor cantidad de basura a precios accesibles que motiven a la gente a pagar y no contaminar.
- Compromiso con el reciclaje y el buen trato de la basura.

## Anexo B. Acta de Constitución del Proyecto

### Nombre del proyecto

Análisis del costo de construcción de una celda de disposición de residuos no valorizables generados en la Gran Área Metropolitana de Costa Rica.

### Objetivo principal del proyecto

Evaluar la factibilidad económica y social de la construcción de una nueva celda de disposición de residuos sólidos en el Parque Ecoindustrial Miramar.

### Objetivos específicos del proyecto

- Analizar la viabilidad económica de la construcción de una celda de disposición final de residuos en el Parque Ecoindustrial Miramar.
- Determinar el interés de la población de la Gran Área Metropolitana (GAM) por el correcto manejo de los residuos sólidos ordinarios que producen.
- Conocer la noción pública sobre el manejo de residuos sólidos no valorizables.

### Justificación del proyecto

Históricamente, el manejo de los residuos sólidos ha sido un tema polémico en las sociedades, debido a que la población desea que los residuos sólidos no se traten cerca de su lugar de habitación, pero que tampoco que esta genere costos elevados por transporte, tratamiento y disposición final.

El problema de la disposición final de los residuos sólidos por métodos tradicionales (vertederos de basura) es una potencial inconformidad de la población por externalidades generadas (malos olores, residuos volátiles, vectores y plagas). Adicionalmente a esto, muchos cantones de Costa Rica, dentro de su plan regulador no permiten la construcción de nuevos rellenos sanitarios, lo que vuelve poco probable tramitar un sitio de disposición final de residuos sólidos en sitios cercanos a la población.

La construcción de sitios adecuados para el manejo de los residuos sólidos no valorizables, implica un costo asociado que no siempre la población está dispuesta a

pagar, es ahí donde este estudio pretende evaluar los costos reales contra los precios que están dispuestos a pagar los generadores de residuos sólidos.

#### **Factores críticos de éxito**

- Se considera que la construcción se hace de la forma más eficiente, sin desperdiciar recursos.
- El relleno sanitario debe recibir la cantidad de residuos sólidos para poder generar rentabilidad.
- La población debe aceptar el traslado de los residuos sólidos desde la GAM hasta el Parque Ecoindustrial Miramar.
- Los encuestados durante el desarrollo de este estudio deben dar información veraz.

#### **Exclusiones del proyecto**

- No se considera en los análisis económicos los costos de mantenimiento de los equipos (camiones recolectores, camiones de transferencia, etc.).
- No se considera la operación del relleno sanitario ni la recolección de residuos sólidos.
- No se analiza los casos de residuos sólidos de manejo especial (según decreto N° 38272-S) ni los residuos peligrosos industriales (según decreto N° 27001-Minae)
- No se analiza el tratamiento o valorización de productos reciclables.

#### **Asunciones del proyecto**

- Debido a la naturaleza del relleno sanitario, se considera que todos los residuos sólidos que ingresan son no valorizables.
- Se asume que los residuos sólidos son debidamente tratados y colocados en celdas de disposición final para residuos.
- El relleno sanitario cumple con la Ley para la gestión Integral de Residuos (decreto N°8839) y el reglamento para rellenos sanitarios (N° 38928-S).
- Se considera que un precio por litro de diesel es de 457 colones costarricenses, precio vigente al día 21 de octubre de 2015.
- Toda la población en análisis produce residuos sólidos de forma constante.
- Los residuos sólidos se manejan de forma adecuada, sin afectar el medio ambiente.

- Los costos utilizados en la construcción de la nueva celda de disposición se basa en registros históricos de la empresa, actualizando los precios al año 2016.

#### **Administrador del proyecto**

Juan Pablo Castro Alpízar

#### **Tiempo estimado del proyecto**

3 meses y 5 días, correspondientes al tiempo requerido desde el inicio del movimiento de tierras hasta el cierre de la construcción.

## Anexo C. Encuesta realizada



La presente es una encuesta para determinar variables vinculadas con el manejo de residuos sólidos en la Gran Área Metropolitana. La investigación va dirigida a analizar el área de manejo de los residuos sólidos en Costa Rica, tema con poca información actual y se debe trabajar para mejorar el tratamiento de los residuos sólidos.

Son nueve preguntas sencillas, Se agradece la ayuda completándolas con información veraz. La encuesta no toma más de tres minutos.

1. ¿Cantón en el que vive actualmente?: \_\_\_\_\_
  
2. Género:    \_\_\_\_\_ Masculino.    \_\_\_\_\_ Femenino.
  
3. Edad actual:    \_\_\_\_\_ 0-18.    \_\_\_\_\_ 19-30.    \_\_\_\_\_ 31-50.    \_\_\_\_\_ 51+.
  
4. ¿Sabe usted dónde terminan los residuos sólidos (basura) que produce en su casa?:  
\_\_\_\_\_ SÍ    \_\_\_\_\_ NO    ¿Dónde?: \_\_\_\_\_
  
5. ¿Cómo considera la gestión de los residuos sólidos en Costa Rica del 1 (pésima) al 5 (excelente)?  
\_\_\_\_\_ 1.    \_\_\_\_\_ 2.    \_\_\_\_\_ 3.    \_\_\_\_\_ 4.    \_\_\_\_\_ 5.

6. ¿Sabe cuánto paga mensualmente por servicios municipales (recolección de basura)?:

\_\_\_ SÍ    \_\_\_ NO    ¿Cuánto (¢)?: \_\_\_\_\_

7. ¿Cuánto estaría dispuesto(a) a pagar mensualmente por el manejo de basura que produce (¢)?:

\_\_\_ 0-500.    \_\_\_ 501-1000.    \_\_\_ 1001-2000.    \_\_\_ 2001-3000.    \_\_\_ 3001+.

8. ¿Cuánto estaría dispuesto(a) a pagar mensualmente por el manejo de la basura que produce (¢), sabiendo que se le va a dar un correcto tratamiento, sin contaminar el ambiente?:

\_\_\_ 0-500.    \_\_\_ 501-1000.    \_\_\_ 1001-2000.    \_\_\_ 2001-3000.    \_\_\_ 3001+.

9. ¿Qué recomendaciones aportaría para mejorar la gestión de los residuos sólidos en Costa Rica?

---

---

---

---

## Anexo D. Estructura de Desglose del Trabajo (EDT)

1

Actividades previas
Compra de pala 320B (aprox. 1995)
Reunión aprobación proyecto
Entrevista de contratistas
Selección de contratistas
Impresión de planos constructivos
Aclaración de dudas de contratistas

2

Movimiento de suelos
Preparación de la superficie de relleno
Determinación de los vértices de celda
Retiro de la cobertura vegetal
Movimiento de tierras
Compactación de rellenos
Topografía
Preparación de la superficie
Conformación de diques
Prueba de densímetro nuclear a diques
Prueba de espesor de capa inferior

3

Colocación de la impermeabilización
Entrega de materiales 1
Revisión y limpieza de piedras
Colocación de geotextil 1
Colocación de geomembrana 1
Trincheras de anclaje
Entrega de materiales 2
Colocación de geotextil 2
Colocación de geomembrana 2
Uniones por extrusión
Pruebas de presión
Reparación de fisuras

4

Colocación coyolillo fase 1
Colocación de geotextil superior 1
Preparación del punto de descarga
Descarga de coyolillo
Distribución de coyolillo
Chequeo de niveles

5

Tubería lixiviado
Entrega del material
Excavación de la trinchera
Colocación de la tubería
Empate con geomembrana
Empate con caja de registro y llave
Tubería y encamisado al pie de talud (drenaje)
Drenaje
Colocación chimeneas

6

Alcantarillado
Alcantarillado 1
Alcantarillado 2
Alcantarillado 3
Revisión alcantarillas

7

Protección contra sedimentos
Sarán - fibra de coco
Enrocados
Bajantes
Sedimentadores

8

Obras varias
Tuberías bajantes de agua
Protección al vertido inicial
Caseta baños
Caseta vigilante
Mega humedal
Cierre



## Anexo E. Diccionario EDT

Diccionario del EDT del proyecto					
Nº	NOMBRE	DESCRIPCIÓN	DURACIÓN (Días)	COSTOS ESTIMADOS	CRITERIOS DE CALIDAD
1.1	Compra de pala 320B (aprox. 1995)	Compra de una excavadora para el movimiento de tierras, modelo aproximado 1995.	0 días	\$50,000.00	Revisión mecánica, pruebas de funcionamiento.
1.2	Reunión aprobación proyecto	Reunión interna administrativa para ver los puntos de la construcción realizada en horas laborales ordinarias (previo al inicio de obra).	0 días	\$0.00	Determinación de las actividades operativas por ejecutar, distribución del personal.
1.3	Entrevista de contratistas	Determinación de choferes, contratistas, operadores. Realizada en horas laborales ordinarias.	0 días	\$0.00	Revisión de currículos.
1.4	Selección de contratistas	Determinación de choferes, contratistas, operadores. Realizada en horas laborales ordinarias.	0 días	\$0.00	Revisión de currículos.
1.5	Impresión de planos constructivos	Impresión final de planos constructivos. Realizada con la impresora ya pagada en proyectos anteriores.	1 día	\$0.00	Tamaño tipo plano (mínimo 1 metro de ancho).
1.6	Aclaración de dudas de contratistas	Determinación de choferes, contratistas, operadores. Realizada en horas laborales ordinarias.	1 día	\$0.00	Determinación de las actividades operativas por efectuar, distribución del personal.
2.1	Preparación de la superficie de relleno	Elaboración de una correcta superficie en el sitio de depósito, para la colocación de la tierra excavada.	1 día	\$160.00	Revisión de la capa vegetal, chequear ubicación.
2.2	Determinación de los vértices de celda	Ubicación en campo de los linderos por excavar. Realizada en horas laborales ordinarias.	1 día	\$0.00	Revisión de la capa vegetal, chequear ubicación.

2.3	Retiro de la cobertura vegetal	Corte con tractor de la capa superior de tierra, que puede ser utilizada para revegetar el área de depósito.	2 días	\$320.00	Revisión de la capa vegetal, chequear ubicación.
2.4	Movimiento de tierras	Mover la tierra del sitio de excavación al sitio de depósito, mediante el uso de tractores de cadenas, excavadoras y vagonetas.	21 días	\$105,000.00	Metros cúbicos movidos por día, distancias de acarreo.
2.5	Compactación de rellenos	Densificación de los sitios de depósito para mejorar las características geotécnicas.	10 días	\$320.00	Densidades mayores al 90% al ensayo del Proctor estándar, pruebas con representatividad.
2.6	Topografía	Visitas del ingeniero topógrafo para definir espacialmente todos los sitios del proyecto.	2 días	\$320.00	Revisión de la ubicación de todos los puntos de interés.
2.7	Preparación de la superficie	Completar el acabado final a los taludes internos y piso del sitio de excavación.	2 días	\$320.00	Determinación de la ausencia de vértices punzocortantes, pendientes finales según topografía establecida, revisión de compactación final.
2.8	Conformación de diques	Creación de diques, dique de suelo para el soporte de los geosintéticos.	10 días	\$640.00	Densidades mayores al 90% al ensayo del Proctor estándar, pruebas con representatividad.
2.9	Prueba de densímetro nuclear a diques	Determinación, mediante pruebas de laboratorio, de la densidad final de los diques construidos.	1 día	\$600.00	Densidades mayores al 90% al ensayo del Proctor estándar, pruebas con representatividad.
2.10	Prueba de espesor de capa inferior	Determinación del espesor de estrato rocoso inferior de la celda de disposición, mediante pruebas físicas.	1 día	\$600.00	Determinación de espesores mayores a 3 metros, densidades mayores al 90% al ensayo del Proctor estándar, pruebas con representatividad.
3.1	Entrega de materiales 1	Llegada de la primer mitad de geosintéticos (geotextil y geomembrana).	1 día	\$33,000.00	Revisión de los pesos entregados contra la facturación, revisión de la calidad del producto.
3.2	Revisión y limpieza de piedras	Segunda revisión de la superficie del sitio de excavación.	1 día	\$0.00	Determinación de la ausencia de vértices punzocortantes.

3.3	Colocación de geotextil 1	Colocación de la primera mitad del geotextil en campo.	10 días	\$3,900.00	Inspección visual de la continuidad del producto, determinar la ausencia de puntos con ausencia de material.
3.4	Colocación de geomembrana 1	Colocación de la primera mitad de geomembrana en campo	10 días	\$3,900.00	Inspección visual en busca de perforaciones.
3.5	Trincheras de anclaje	Creación de los puntos de anclaje de la geomembrana y geotextil en la parte superior de los taludes.	2 días	\$256.00	Anchos de 30 centímetros, revisión de la correcta elaboración.
3.6	Entrega de materiales 2	Llegada de la segunda mitad de geosintéticos (geotextil y geomembrana).	1 día	\$34,950.00	Revisión de los pesos entregados contra la facturación, revisión de la calidad del producto.
3.7	Colocación de geotextil 2	Colocación de la segunda mitad del geotextil en campo.	10 días	\$3,900.00	Inspección visual de la continuidad del producto, determinar la ausencia de puntos con ausencia de material.
3.8	Colocación de geomembrana 2	Colocación de la segunda mitad de la geomembrana en campo.	10 días	\$3,900.00	Inspección visual en busca de perforaciones.
3.9	Uniones por extrusión	Unión entre paños de geomembrana mediante extrusión.	3 días	\$2,000.00	Inspección visual en busca de perforaciones, revisión de extrusiones defectuosas.
3.10	Pruebas de presión	Revisión de fugas en las uniones por extrusión, mediante la incorporación de aire a presión a las uniones.	3 días	\$0.00	Pruebas de presión de al menos 5 minutos cada una.
3.11	Reparación de fisuras	Reparación de todas las fisuras existentes en la geomembrana.	2 días	\$500.00	Inspección visual en busca de perforaciones.
4.1	Colocación de geotextil superior 1	Colocación de una capa superior de geotextil para proteger la geomembrana de la piedra drenaje	2 días	\$15,450.00	Inspección visual de la continuidad del producto, determinar la ausencia de puntos con ausencia de material.
4.2	Preparación del punto de descarga	Preparación del sitio donde se va a descargar la piedra drenaje (coyolillo).	1 día	\$1,250.00	Determinación de la capacidad máxima de descarga, revisión de anclajes superiores, inspección visual en busca de perforaciones.

4.3	Descarga de coyolillo	Descarga en el sitio de excavación de la piedra de drenaje (coyolillo).	4 días	\$37,080.00	Determinación de la capacidad máxima de descarga, revisión de anclajes superiores, inspección visual en busca de perforaciones.
4.4	Distribución de coyolillo	Distribución de la piedra de drenaje descarga a lo largo del sitio de excavación, mediante el uso de un backhoe.	4 días	\$640.00	Revisión de los espesores aplicados.
4.5	Chequeo de niveles	Revisión de la nivelación final de la piedra de drenaje mediante puntos de control.	3 días	\$0.00	Revisión de los espesores aplicados.
5.1	Entrega del material	Entrega de la tubería para la conducción de lixiviados.	1 día	\$500.00	
5.2	Excavación de la trinchera	Excavación del sitio donde se van a colocar las tuberías para lixiviado.	2 días	\$640.00	Chequeo de niveles, pruebas de flujo, revisión de uniones entre tubos.
5.3	Colocación de la tubería	Colocación de la tubería de encamisado y tubería para transporte de lixiviado.	2 días	\$3,750.00	Chequeo de niveles, pruebas de flujo, revisión de uniones entre tubos.
5.4	Empate con geomembrana	Unión entre la geomembrana del sitio de excavación con la tubería de lixiviado.	1 día	\$500.00	Chequeo de niveles, pruebas de flujo, revisión de uniones entre tubos.
5.5	Empate con caja de registro y llave	Unión entre la llave de control con la tubería de lixiviado.	2 días	\$500.00	Chequeo de niveles, pruebas de flujo, revisión de uniones entre tubos.
5.6	Tubería y encamisado al pie de talud (drenaje)	Unión de la tubería de encamisado y el drenaje de la celda.	2 días	\$1,250.00	Chequeo de niveles, pruebas de flujo, revisión de uniones entre tubos.
5.7	Drenaje	Colocación del drenaje principal que se conduce hacia la piedra coyolillo.	3 días	\$435.00	Chequeo de niveles, pruebas de flujo, revisión de uniones entre tubos.
5.8	Colocación chimeneas	Construcción del pie de chimeneas, mediante el uso de muros de gavión.	2 días	\$600.00	Chequeo de ubicación, revisión de empedrados.
6.1	Alcantarillado 1	Tuberías para el control de aguas pluviales en los alrededores de la celda.	2 días	\$500.00	Chequeo de niveles, pruebas de flujo, revisión de uniones entre tubos.
6.2	Alcantarillado 2	Tuberías para el control de aguas pluviales en los taludes de la celda.	2 días	\$250.00	Chequeo de niveles, pruebas de flujo, revisión de uniones entre tubos.

6.3	Alcantarillado 3	Tuberías para el control de aguas pluviales en el camino a la celda.	2 días	\$250.00	Chequeo de niveles, pruebas de flujo, revisión de uniones entre tubos.
6.4	Revisión alcantarillas	Revisión final de todas las alcantarillas.	1 día	\$0.00	Chequeo de niveles, pruebas de flujo, revisión de uniones entre tubos.
7.1	Sarán - fibra de coco	Colocación de sistemas para la protección del talud contra la erosión.	6 días	\$4,000.00	Revisión visual del sistema.
7.2	Enrocados	Colocación de sistemas para la protección del talud contra la erosión.	6 días	\$576.00	Revisión visual del sistema.
7.3	Bajantes	Colocación de sistemas para la protección del talud contra la erosión	2 días	\$0.00	Revisión visual del sistema.
7.4	Sedimentadores	Lagunas para el control de sedimentos y no se afecte los ríos cercanos.	5 días	\$480.00	Chequeo de niveles, áreas y colocación de corona de concreto.
8.1	Tuberías bajantes de agua	Sistemas para control de exceso de lixiviado en la celda.	3 días	\$1,200.00	Chequeo de niveles, pruebas de flujo, revisión de uniones entre tubos.
8.2	Protección al vertido inicial	Colocación de un sistema extra, para proteger la celda de la primera descarga de residuos.	1 día	\$1,250.00	Revisión visual del sistema.
8.3	Caseta baños	Baños para el personal operativo, cercanos a la celda de disposición.	15 días	\$15,000.00	Cumplimiento de las normas ASTM para calidad de concreto, supervisión mediante topografía e inspecciones de obra civil.
8.4	Caseta vigilante	Casa para personal de seguridad y operación del relleno sanitario.	15 días	\$21,000.00	Cumplimiento de las normas ASTM para calidad de concreto, supervisión mediante topografía e inspecciones de obra civil.
8.5	Mega humedal	Sistemas para el tratamiento de aguas.	6 días	\$5,940.00	Cumplimiento de las normas ASTM para calidad de concreto, supervisión mediante topografía e inspecciones de obra civil.
8.6	Cierre	Finalización de la etapa constructiva.	1 día	\$0.00	Revisión final, conclusión de todas las obras.