

**UNIVERSIDAD METROPOLITANA  
ESCUELA GRADUADA DE ASUNTOS AMBIENTALES  
SAN JUAN, PUERTO RICO**

**PLAN PARA EL MANEJO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS QUE SE DISPONEN EN  
EL VERTEDERO MUNICIPAL DE CAYEY,  
CAYEY, PUERTO RICO**

Requisito parcial para la obtención del  
Grado de Maestría en Planificación con especialidad en  
Planificación Ambiental

Por  
Israel Torres Rivera

17 de diciembre de 2007

## DEDICATORIA

*A mi madre, a mi padre quienes con entereza sembraron en mí el amor a la naturaleza y dedicación al servicio; y a ti Yoli, madre de nuestros hijos, eres admirable y enseñas con responsabilidad que la vida no es vida sin Dios como piedra angular.*

## **AGRADECIMIENTOS**

Mi agradecimiento al Dr. Carlos Padín y al Sr. Carlos Maysonet, quienes desde un principio, y de forma desinteresada, confiaron en mí y ofrecieron sus consejos y conocimientos en el campo de la planificación. Gracias por conducirme por el camino correcto.

Al Sr. Pedro Guevara, Planificador de la Junta de Calidad Ambiental y miembro del proyecto. Tu día a día en las labores del proyecto y tus comentarios asertivos en el campo de la planificación y aspectos económicos fueron claves para la culminación de esta jornada.

Al Ing. Juan C. Mercado, Consultor y miembro del proyecto por su colaboración técnica en la preparación de un desarrollo atemperado a los requerimientos ambientales y en armonía con la realidad operacional de la instalación.

Gracias al grupo de profesionales en el campo Ambiental que formaron parte del Panel de Expertos quienes confiaron y colaboraron de forma desprendida en la iniciativa. A ustedes; Felipe Nazario, Nelson Reyes, Juan Rosario, Maribelle Marrero, René Rodríguez, Raquel Cortés, Jesús Rolón, Antonio Ríos, Raúl Colón y Carmelo Vázquez, siempre estaré agradecido por su disponibilidad y profesionalismo.

Al municipio de Cayey, en particular a la planificadora Victoria Núñez, Directora de la Oficina de Planificación del municipio y al Sr. Edwin Rodríguez, Administrador del vertedero por la gentileza y apertura en ofrecer información valiosa relacionada a los

planes estratégicos, condición operacional y aspectos económicos inherentes al sistema. Sin la cooperación de ustedes, este proyecto no hubiese sido posible.

A todos mis compañeros de la Junta de Calidad Ambiental, en especial a Rosa del Pilar Díaz y Félix J. Colón, funcionarios del Sistema de Información por su cooperación en la toma de coordenadas, análisis y preparación de imágenes. Además, a los señores Víctor J. Matta, Efraín Camis y a la señora María Ortiz del Área Control Contaminación de Terrenos quienes aportaron información relevante sobre las operaciones del vertedero.

Al personal de la Autoridad de Desperdicios Sólidos, en especial Antonio Ríos, Jesús Rolón, Vivian Pérez, Mildred Orona y Sergio Morales quienes siempre dijeron presentes al momento de necesitar de sus conocimientos como especialistas y analistas ambientales de la ADS. Admiro su profesionalismo y compromiso para con nuestro país.

Al Sr. Ernesto Balay, Geólogo, quien nos ayudó a comprender los aspectos funcionales y económicos relativos al manejo de residuos sólidos en la zona de estudio.



## TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE TABLAS .....	vii
LISTA DE FIGURAS .....	viii
LISTA DE APÉNDICES .....	ix
RESUMEN .....	x
ABSTRACT .....	xi
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN .....	1
Trasfondo del problema de planificación .....	1
Problema de planificación .....	3
Justificación del problema de planificación .....	5
Metas y objetivos .....	6
CAPÍTULO II: REVISIÓN DE LITERATURA .....	8
Trasfondo histórico .....	8
Marco conceptual o teórico .....	12
Estudio de casos .....	31
Marco legal .....	35
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA .....	50
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DEL PROBLEMA .....	57
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN DE ALTERNATIVAS .....	65
CAPÍTULO VI: ESTRATEGIAS Y PLAN DE ACCIÓN .....	74
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	85
LITERATURA CITADA .....	89

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Generación de residuos sólidos conforme a la proyección poblacional realizada por la Junta de Planificación de Puerto Rico para agosto de 2006 .....	95
Tabla 2. Sistemas de relleno sanitario existentes en Puerto Rico .....	96
Tabla 3. Plan Integral de Trabajo Proyecto Operación Cumplimiento .....	99
Tabla 4. Nuevas Estaciones de Traslado para el Caso Base .....	100
Tabla 5. Alternativas de manejo de residuos sólidos para el vertedero municipal de Cayey (Criterio Económico) .....	101
Tabla 6. Alternativas de manejo de residuos sólidos para el vertedero municipal de Cayey (Criterio Ambiental) .....	102
Tabla 7. Alternativas de manejo de residuos sólidos para el vertedero municipal de Cayey (Criterio Político-Social) .....	103
Tabla 8. Plan de acción para el manejo de los residuos sólidos que recibe el vertedero municipal de Cayey .....	104

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Imagen del municipio de Cayey y territorios colindantes .....	110
Figura 2. Mapa del vertedero municipal de Cayey .....	111
Figura 3. Diagrama sobre el diseño de un Sistema de Relleno Sanitario bajo el Subtítulo D de RCRA .....	112
Figura 4. Imagen del desarrollo dirigido al cierre preparada en Autocad .....	113

## LISTA DE APÉNDICES

Apéndice 1.	Entrevista preparada al Oficial Administrativo del vertedero municipal de Cayey .....	115
Apéndice 2.	Entrevista preparada a la Directora de la Oficina de Planificación del Municipio de Cayey .....	117
Apéndice 3.	Aprobación de la Oficina de Cumplimiento de la UMET para llevar a cabo el proceso de entrevistas una vez cualificada la investigación por la institución .....	119
Apéndice 4.	Guía Informativa al Panel de Expertos .....	120
Apéndice 5.	Vista aérea del vertedero municipal de Cayey .....	125
Apéndice 6.	Fotos de la entrada al vertedero y el sector comercial localizado al norte de la instalación .....	126
Apéndice 7.	Fotos zona inactiva – Área recreativa .....	127
Apéndice 8.	Fotos zona activa – Área de vertido diario .....	128
Apéndice 9.	Foto zona activa – Área de acopio de material de relleno .....	129
Apéndice 10.	Foto terrenos al este de la instalación .....	129
Apéndice 11.	Fotos zona de futuro desarrollo .....	131
Apéndice 12.	Foto del SRS de Humacao y celda en construcción .....	133
Apéndice 13.	Fotos del taller de embalaje localizado en el vertedero .....	134
Apéndice 14.	Foto del área designada para acumulación de chatarra .....	136
Apéndice 15.	Fotos de la estación de trasbordo del municipio de Cidra .....	137
Apéndice 16.	Fotos del área designada para la producción de composta, planta y área para la recuperación de materiales del SRS del municipio de Carolina .....	138
Apéndice 17.	Fotos de la planta de recuperación de materiales reciclables del municipio de Guaynabo .....	140
Apéndice 18.	Fotos de la estación de trasbordo del municipio de Guaynabo .....	141

## RESUMEN

El vertedero municipal de Cayey opera en el Bo. Beatriz desde el año 1971 mediante el método de área y en un predio de aproximadamente 44 cuerdas de terreno. Durante este período de tiempo las operaciones se han desarrollado conforme a las prácticas rutinarias de disponer y soterrar los residuos sólidos bajo limitadas consideraciones de diseño, construcción y operación según lo requiere la reglamentación local y federal. Al presente, la Agencia de Protección Ambiental estima que el incumplimiento con los requerimientos del Subtítulo D de la Ley para la Conservación y Recuperación de los Recursos (RCRA) es causa suficiente para cerrar instalaciones como la que opera el municipio de Cayey. El vertedero de Cayey ha sido tomado como caso de estudio dada su posibilidad de cierre, ya sea por señalamientos de la EPA o por el agotamiento inminente de su vida útil. Para garantizar la vida útil del sistema conforme a criterios de sustentabilidad y política pública llevamos a cabo un diagnóstico físico y operacional, un análisis de las alternativas potenciales de desarrollo y la selección de un curso de acción. Primero, se evaluaron los planes de manejo, estratégicos y territoriales preparados por el gobierno central y el municipio de donde surgieron las alternativas de expandir el vertedero, desarrollar una nueva instalación, cerrar el sistema y construir una estación de trasbordo, y establecer una instalación para la recuperación de materiales y producción de composta. Una vez identificadas las alternativas se realizaron consultas y entrevistas para valorizar cada una de estas convocando a un Panel de Expertos en el manejo de residuos sólidos. Del análisis se seleccionó una alternativa combinada que atiende las preocupaciones del municipio y la política pública esbozada por las agencias del gobierno con inherencia en el asunto. La alternativa consiste en llevar a cabo un desarrollo dirigido al cierre, a corto plazo, para maximizar un total de siete punto cinco (7.5) cuerdas al sur-suroeste del vertedero en un término de siete (7) años. Al cabo de este término recomendamos que la instalación cierre y opere una estación de trasbordo para la transferencia de los residuos según lo establece el Itinerario Dinámico de la Autoridad de desperdicios Sólidos. Junto con estas estrategias, recomendamos que el municipio implante un programa agresivo para el manejo integral de los residuos reciclables mediante el fortalecimiento de las actividades de recibo y embalaje de plásticos, cartón, vidrio, metales ferrosos y no ferrosos. Un aspecto significativo a considerarse dentro del término de los primeros siete (7) años es el desarrollo de actividades de producción de composta sobre terrenos inactivos del sistema. Los cursos de acción trazados en este proyecto de planificación permiten maximizar el espacio disponible en la instalación, reducir el costo en el transporte de residuos, obtener ventajas económicas, cumplir con todos los requerimientos ambientales, además de considerar aspectos sociales y de política pública. Con el análisis de los componentes que afectan el manejo de los residuos sólidos que recibe un vertedero buscamos crear conciencia de la necesidad de estudiar sus particularidades y proveer alternativas prácticas de beneficio para todas las partes involucradas.

## ABSTRACT

The Cayey Municipal Landfill has been in operation since 1971 using the area method, at a site of approximately 44 acres, located at the Beatriz Ward. During this time, operations have been developed with routine practices of disposal and compaction of solid waste and under limited considerations of design, construction and operation as required by local and federal regulations. Currently, the Environmental Protection Agency has estimated that non compliance with requirements of the Resources, Conservation and Recovery Act (RCRA, Subtitle D) is sufficient cause for closure of facilities such as those operated by the Cayey Municipality. The Cayey Municipal Landfill has been selected as a case study for its possible closure due to EPA findings or the imminent exhaustion of its useful life. To ensure the useful life of the system, in accordance with sustainability criteria and public policy, a physical and operational diagnostic was carried out, as to an analysis of potential alternatives of development and the selection of a course of action. First of all, an assessment was carried out of the management, strategic and territorial plans prepared by the central government and the municipality, where alternatives as per expansion of the landfill, construction of a new landfill, closure of the landfill system and construction of a transfer station or the establishment of a facility for the recovery of material and compost production were presented. Once the alternatives were identified, consultations and interviews were conducted as to enhance alternatives as per a Panel of Experts in solid waste management was convened. Consequently, from this analysis, a combined alternative was selected attending municipality concerns and public policy outlined by those government agencies with jurisdiction. The chosen alternative is to carry out a development leading to the closure, in short term, as to maximize a total of seven point five acres south southwest of the landfill within a seven year period. Ending this term we recommend the closure of the facility and the operation of a transfer station of solid waste as defined by the Dynamic Itinerary of the Solid Waste Authority. Together with these strategies we recommend that the municipality implement an aggressive program for the management of recyclable wastes by strengthening of activities of receiving and packaging of plastics, cardboard, glass, ferrous and non ferrous metals. A significant aspect to be considered within the first seven years period is the development of compost production activities at the inactive portion of the system. The courses of action in this planning project allows to maximize the available space at the facility, reduce transportations costs, obtain economic benefits, comply with environmental requirements, taking into consideration social aspects and public policy. By analyzing the components that affects the solid waste management that a landfill receives, we seek to create awareness of the need to explore its particularities and provide practical alternatives for the benefit of all parties involved.

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

### **Trasfondo del problema de planificación**

Puerto Rico enfrenta un serio problema de generación masiva y disposición inadecuada de residuos sólidos. La estructura de manejo utilizada al presente sirve a 78 municipios con una generación promedio de cuatro (4) millones de toneladas al año o 5.56 libras por cada puertorriqueño diariamente (ADS, 2007a; Tabla 1). En la medida en que la población y el consumismo del país continúe en aumento sin que se materialicen alternativas de manejo de residuos las proyecciones de incremento en la tasa de generación continuarán su ritmo ascendente.

La situación es aún más seria cuando observamos que la tasa tradicional de reciclaje para el 2005 fue de 10.97% con una tasa de desvío calculada en 13% (ADS, 2007a), esto muy por debajo de las estadísticas que presentan jurisdicciones como los Estados Unidos (EE.UU.). Para el 2005, los EE.UU. generaron aproximadamente 245.7 millones de toneladas al año, lo que representó una generación per capita de 4.54 libras por persona por día y una tasa de reciclaje de 23.8% (USEPA, 2006b) (Miller, 2007). Dada la alta tasa de generación de residuos y la baja tasa de desvío se estima que el 86% de los vertederos de Puerto Rico alcanzarán su vida útil dentro de los próximos 10 años (Comité Timón Puerto Rico 2025, 2004).

Tal agravante en la infraestructura de manejo de residuos sólidos es motivo de preocupación para los sectores sociales, económicos y ambientales del país. Ante tal panorama, es imperativo la formulación de nuevas alternativas que atiendan con premura el asunto. Los esfuerzos más recientes encaminados en esta dirección comienzan en el

1993, cuando Puerto Rico obtuvo la delegación de los requerimientos federales instituidos en el Subtítulo D de la Ley para la Conservación y Recuperación de los Recursos (RCRA, por sus siglas en inglés) (USEPA, 1994).

Esta delegación le confirió a la Isla la oportunidad de mejorar las condiciones operacionales de los vertederos existentes y cerrar aquellas instalaciones que no contaban con la capacidad para cumplir con los requerimientos establecidos en la delegación. Como parte del proceso de autorización federal, la Junta de Calidad Ambiental (JCA) emitió órdenes administrativas contra 34 de los 62 vertederos municipales existentes para que cerraran sus instalaciones antes del 8 de octubre de 1993 (JCA, 1993). Los efectos inmediatos del cierre de 34 vertederos municipales fue la imposición de una nueva carga operacional para las restantes 28 instalaciones que asumieron la responsabilidad de recibir los residuos generados por los vertederos cerrados (Tabla 2).

Esto representó una nueva responsabilidad de cumplimiento ambiental para aquellas instalaciones que no contaban con los recursos económicos, técnicos y administrativos necesarios para operar sobre su capacidad tradicional. El resultado fue un incremento desmedido en el recibo de residuos, operación desorganizada, disminución acelerada de su vida útil e incertidumbre en cuanto al futuro cumplimiento con los requerimientos del Subtítulo D de RCRA. Luego de más de una década de obtenida la delegación del Subtítulo D de RCRA, la operación de muchas de las instalaciones de la isla continúan en entredicho.

La JCA ha identificado deficiencias relacionadas a la falta de cubierta de los residuos, generación excesiva de jugos de lixiviación, contaminación de cuerpos de agua superficiales y subterráneos, y la emisión del gas metano, uno de los gases que producen



el efecto invernadero (Bosque, 2007), lo cual es nocivo a la salud y el ambiente<sup>1</sup>. La situación se complicó aún más cuando en el 2006, la Agencia de Protección Ambiental Federal (EPA, por sus siglas en inglés) ordenó el cierre de los vertederos de Aguadilla, Florida, Vega Baja, Toa Baja y Santa Isabel por deficiencias en el diseño, operación y mantenimiento de la instalación. Como resultado, para el 2015 sólo permanecerán en operación 13 vertederos ya que el resto tendrá que cerrar por haber alcanzado su vida útil (Rodríguez, 2007).

### **Problema de planificación**

El municipio de Cayey ejemplifica la situación que encara Puerto Rico en lo referente al problema de generación masiva de residuos sólidos y escasez de alternativas para su disposición. Este municipio está localizado en la región central este, región que ha tenido un aumento significativo de 10.54% del total de la población de Puerto Rico (Municipio de Cayey, 2005). El censo poblacional del año 2000 estima la población para este municipio en 47,370 personas y las proyecciones de la Junta de Planificación establecen que para el próximo censo se incremente a 48,495 habitantes (US Census, 2000).

En términos de generación de residuos sólidos, el municipio de Cayey genera alrededor de 947 toneladas semanales, de las cuales 558 toneladas se disponen en su vertedero (ADS, 2003), el cual recibe sólo residuos locales y es operado por el municipio. De acuerdo a la JCA y a la Autoridad de Desperdicios Sólidos (ADS) el vertedero de Cayey presenta deficiencias de diseño tales como la carencia de revestimiento

---

<sup>1</sup> Conversación personal con el Sr. Víctor J. Matta y la Sra. María Ortiz, Especialistas Ambientales, División de Permisos, Junta de Calidad Ambiental.

geosintético, sistema de recolección de gases, pozos de monitoría y sistemas de control de aguas de escorrentías (Mercado, 2006). Las operaciones diarias de la instalación no se realizan en una celda específica para el vertido de residuos sólidos sino que utilizan el método de área en donde los residuos se reciben, esparcen, compactan y entierran, y en ocasiones se observan al descubierto.

Otra preocupación en el vertedero lo es la generación y manejo inadecuado de lixiviados ya que presentan un riesgo de contaminación a la quebrada que atraviesa el sistema y el Expreso PR-52. La situación se complica debido a que la instalación no posee terrenos para su expansión lateral y su crecimiento se limita al movimiento vertical, o sea, a recibir, compactar y soterrar residuos sólidos sobre áreas mayormente impactadas<sup>2</sup>. De acuerdo a un estudio de la ADS la instalación posee una capacidad estimada de 356,753 mts<sup>3</sup> y una vida útil calculada en 7.2 años (Apéndice 5; ADS, 2004b).

El estudio establece que de implantarse un programa de reducción, reuso y reciclaje el vertedero extendería su capacidad de 7.2 a 9 años, lo cual permitiría su operación hasta septiembre de 2011. Por otro lado, el Plan Estratégico del municipio señala que dentro de los próximos dos (2) años la ciudad deberá identificar y evaluar un nuevo lugar para la disposición de sus residuos sólidos (Municipio de Cayey, 2005). El plan sugiere que la nueva instalación sea ubicada al norte del Expreso PR-52, o sea, cerca de la instalación existente.

Por su parte, la ADS ha considerado la posibilidad de cerrar el vertedero de Cayey e instalar una estación de trasbordo de manera que los residuos sean dispuestos fuera de

---

<sup>2</sup> Conversación personal con el Sr. Víctor Matta y la Sra. María Ortiz, Especialistas Ambientales, División de Permisos, Junta de Calidad Ambiental.

este municipio (Tabla 4). El desarrollo futuro del municipio de Cayey depende de varios componentes de infraestructura, entre los cuales se encuentra el manejo adecuado de sus residuos sólidos. Para el municipio de Cayey es de vital importancia la incorporación, de forma planificada, de alternativas que propendan al manejo adecuado de sus residuos sólidos con el fin de garantizar el desarrollo socio-económico, la protección de la salud, el ambiente y la calidad de vida de sus ciudadanos.

### **Justificación del problema de planificación**

La carencia de un plan concertado para el manejo de los residuos que se disponen en el vertedero, representa una amenaza a la infraestructura de la ciudad. Entre los factores de mayor importancia que inciden en tal amenaza se encuentran los siguientes;

1. Una población de 47,370 que proyecta incrementos sostenidos hasta el año 2010 (US Census, 2000). En la medida en que aumente la población de la ciudad, aumenta la generación de residuos sólidos y la necesidad de proveer alternativas de manejo.
2. El municipio de Cayey genera 947 toneladas semanales de residuos sólidos. Unas 558 toneladas semanales son dispuestas en su vertedero y de acuerdo a este estimado la vida útil del sistema es de unos 7.2 años, o hasta septiembre de 2011(ADS, 2004b).
3. Recientemente, y en conferencia auspiciada por la EPA, la ADS anunció el cierre de casi otra veintena de instalaciones (USEPA, 2007) como parte del Itinerario Dinámico para Proyectos de Infraestructura, documento que forma parte del Plan Estratégico para el Manejo de los Residuos Sólidos de la ADS. Entre estas instalaciones se encuentra el vertedero del Municipio de Cayey.
4. El vertedero ha operado por los pasados 35 años en el Bo. Beatriz de Cayey y la JCA

ha identificado diversas deficiencias físicas y operacionales que representan una amenaza a la salud y ambiente de la localidad.

5. El Plan Estratégico del municipio de Cayey, *Cayey Ciudad Verde*, establece la necesidad de evaluar la alternativa de un nuevo vertedero para el 2007 (Municipio de Cayey, 2005).
6. La falta de un acuerdo u orden por consentimiento para la puesta en vigor del proyecto *Operación Cumplimiento* en donde el municipio se comprometería con la JCA y la ADS en corregir las deficiencias del sistema en un término de dos (2) años.
7. La incertidumbre sobre un cierre y los costos por acarreo y disposición de residuos en instalaciones distantes del municipio.

Las operaciones actuales del vertedero de Cayey requerirán de la evaluación e implantación estratégica de nuevas alternativas de manejo, de manera tal, que le permitan al municipio atender su problema de infraestructura y garantizar capacidad operacional conforme a la política pública vigente.

### **Meta y Objetivos**

La meta propuesta para este proyecto es la formulación de un plan para el manejo de los residuos sólidos que se disponen en el vertedero municipal de Cayey. El cumplimiento con esta meta se atenderá mediante el logro de los siguientes objetivos:

- 1) Evaluar las condiciones físicas y operacionales del vertedero municipal de Cayey.
- 2) Analizar las alternativas de manejo de residuos sólidos existentes y propuestas por el gobierno de Puerto Rico y el municipio de Cayey.

- 3) Recomendar el curso de acción que mejor garantice la extensión de la vida útil del vertedero tomando en cuenta criterios de sustentabilidad y política pública.

## **CAPÍTULO II**

### **REVISIÓN DE LITERATURA**

#### **Trasfondo histórico**

El municipio de Cayey fue fundado para el año 1773 y se encuentra localizado en el interior montañoso de Puerto Rico. Este colinda por el norte con el municipio de Cidra, al noreste con los municipios de Caguas y San Lorenzo, al sureste con los municipios de Patillas y Guayama, al suroeste con el municipio de Salinas y al noroeste con el municipio de Aibonito (Municipio de Cayey, 2006b; Figura 1). De acuerdo al censo poblacional del año 2000 la ciudad cuenta con unos 47,370 habitantes (US Census, 2000).

Para el 1969, un Comité Cívico del Bo. Buena Vista del municipio de Cayey se reunió con la administración con el propósito de discutir los problemas que le aquejaban la operación de un crematorio en su comunidad. Como resultado, el 15 de octubre de 1971 el municipio inauguró las operaciones de un vertedero en la Carr. Núm. 184 Km. 0.1 del Bo. Beatriz de Cayey. Las operaciones iniciaron en un predio de cinco (5) cuerdas, sin embargo a comienzos del 1980, el vertedero comenzó a mostrar deficiencias de disposición inadecuada de residuos, quema a campo abierto, problemas de malos olores y vectores, aguas acumuladas, falta de equipo pesado y carencia de un permiso de operación.

Dado esto, el municipio autorizó la adquisición de 10 cuerdas de terreno para la expansión del vertedero (Municipio de Cayey, 1980) y así corregir las deficiencias señaladas por la JCA (Municipio de Cayey, 1982; JCA, 1982). En el 1984, el Comité Pro Eliminación del Vertedero Municipal del Bo. Beatriz de Cayey planteó la posibilidad de

otras alternativas al vertedero existente. Como resultado de las conversaciones entre el comité y el municipio, se descartó la ampliación del vertedero y abrió las puertas para que la JCA ordenara la preparación de un plan de cierre; cerrar el vertedero en 60 días y depositar los residuos en otro municipio (JCA, 1984).

En 1985, el municipio preparó un plan de cierre final el cual contenía un itinerario para la clausura de la instalación y la búsqueda de alternativas (Municipio de Cayey, 1985). Con dicho documento, el municipio de Cayey se comprometió al cierre y relocalización de la instalación, además de la disposición de los residuos sólidos en otro lugar. De acuerdo al itinerario, el cierre debió realizarse en un período de nueve (9) meses, sin embargo el vertedero continuó operaciones (JP, 1985).

En 1986, el municipio le informó a la JCA su imposibilidad de cumplir con las actividades estipuladas en el Plan de Cierre y solicitaron una dispensa de tres (3) años para cumplir con los compromisos contraídos (Municipio de Cayey, 1986). El municipio le solicitó a la JCA que dejara sin efecto las decisiones tomadas respecto al cierre del vertedero y que se considerara una nueva propuesta de rehabilitación y expansión del sistema (Municipio de Cayey, 1989). De la controversia la JCA concluyó que el municipio había dado cumplimiento parcial a la orden de cierre del vertedero y recomendó la aceptación de una estipulación en donde el municipio cumpliría con; 1) los requisitos reglamentarios de la JCA, 2) la compactación y relleno de los residuos, el control de acceso y prohibición de depositar residuos peligrosos, 3) la preparación de un documento ambiental y los permisos correspondientes, 4) la prohibición de depositar residuos en las 10 cuerdas donde se operaba el vertedero originalmente, 5) el establecimiento de las colindancias para los terrenos en uso y expansiones posteriores, 6)

la construcción de charcas para la retención de sedimentos y jugos de lixiviación, 7) el desarrollo de un programa de muestreo de las aguas de la quebrada, 8) el desarrollo de una zona verde entre el vertedero y la Autopista PR-52, 9) la adquisición de cuatro (4) cuerdas adicionales para la expansión del sistema y, 10) la protección de la quebrada que discurre al sur del vertedero (JCA, 1991).

El 1994 fue el año en que finalizaron las múltiples consideraciones relacionadas al cierre del vertedero, lo que permitió encausar medidas operacionales dirigidas a mantener el vertedero en el Bo. Beatriz de Cayey. Sin embargo, también fue el año en el cual entraron en vigencia los requerimientos federales del Subtítulo D de la Ley de Conservación y Recuperación de Recursos (RCRA) y el Reglamento para el Manejo de los Desperdicios Sólidos No Peligrosos (RMDSNP) de la JCA (JCA, 1994). La puesta en vigor de una nueva delegación para el manejo de los residuos sólidos en todos los vertederos que operaban en la Isla requirió que el municipio de Cayey, al igual que otros municipios de la isla, sometiera un Plan de Cumplimiento.

Dicho plan debía contener medidas dirigidas a corregir las deficiencias operacionales, además de cumplir con todos los requerimientos de diseño y operación de un sistema, esto según el RMDSNP de la JCA. El vertedero municipal de Cayey continuó operaciones sin que se llevaran a cabo cambios significativos como lo establece la reglamentación estatal y federal. De hecho, uno de los aspectos más relevantes y que requiere atención inmediata lo es definir la huella o área impactada, lo cual permitiría establecer un orden territorial en el vertedero<sup>3</sup>.

Para el 2004, la JCA y la ADS desarrollaron la iniciativa conocida como *Operación Cumplimiento*, esto con el fin de mejorar las prácticas operacionales,

---

<sup>3</sup> Conversación personal con el Sr. Efraín Camis, Especialista Ambiental, División de Permisos, JCA.



administrativas y de cumplimiento con la reglamentación vigente. El proyecto provee asistencia técnica y económica a los municipios y sus vertederos, sin embargo es requisito preparar un plan de cumplimiento y someterlo a la consideración de la JCA para su aprobación. Este plan de cumplimiento deberá incorporar todas aquellas deficiencias o actividades que se pretenden resolver, los términos de tiempo para ejecutar las mismas y los costos estimados (Tabla 3).

Una vez aprobado el plan, se prepara una orden por consentimiento en donde el municipio se compromete a darle seguimiento y cumplimiento a las actividades en un término de tiempo no mayor de dos (2) años (ADS, 2007c). Conforme a lo antes detallado, el municipio de Cayey preparó su plan de cumplimiento. El mismo fue sometido a la JCA como requisito para participar del proyecto (Municipio de Cayey, 2006a) y obtener una asignación de fondos de la ADS de hasta \$400,000 (ADS, 2004c).

Entre las actividades que incorporó el plan se encuentran la preparación de un estudio hidrogeológico e hidrológico, la instalación de pozos de monitoría de aguas subterráneas, establecimiento de sistemas de control de escorrentías, reparación de taludes de residuos al descubierto, establecimiento de pozos de monitoría de gases y la preparación de un plan de cierre. Al mes de noviembre de 2007, aún no se había logrado la firma de una Orden por Consentimiento en donde la JCA y el municipio acordaran realizar mejoras conducentes a mantener la operación del sistema según lo establece el proyecto *Operación Cumplimiento* y la reglamentación vigente. De la revisión a los expedientes de la instalación encontramos que el municipio de Cayey ha lidiado con su problema de manejo de residuos mediante la adquisición de terrenos aledaños a la instalación.

Sin embargo, hoy día la expansión lateral no representa una alternativa viable de desarrollo dada la política pública de la ADS de no más vertederos o expansiones, además de la carencia de espacio horizontal en el sistema. Al presente, el municipio considera el diseño y aplicación de obras de ingeniería que les permita operar sobre los estimados de la ADS y cerrar el sistema conforme a los requerimientos de la JCA y la Agencia de Protección Ambiental<sup>4</sup>.

### **Marco conceptual o teórico**

La planificación es una actividad intrínseca y multidisciplinaria del ser humano que nace en el siglo XX. Poco antes de medio siglo, el Dr. Rexford G. Tugwell se convirtió en gobernador de Puerto Rico (1941-1946) y enfocó sus esfuerzos en la búsqueda de una planificación democrática, comprensiva y de servicio al hombre común, esto con un alto sentido de justicia social y mediante un gobierno con independencia de criterio (Padilla, 1975). Su reforma administrativa más importante fue el establecimiento de un sistema de planificación pública que dio paso a la creación de una junta de planificación local.

De acuerdo a la filosofía de Tugwell, la planificación debía posicionarse paralelamente a las esferas centrales del gobierno con el fin de lograr un progreso adecuado. Tugwell define la planificación como un organismo social al señalar que “el desarrollo de los principios y conocimientos de la planificación son consecuentemente una prueba de la capacidad de nuestra gente para actuar como un organismo social capaz de transformar sus actividades en un bien de utilidad social”. Su objetivo primordial es

---

<sup>4</sup> Conversación personal con el Ing. Juan C. Mercado, Consultor del Municipio de Cayey.

promover la calidad de vida del entorno y lograr un desarrollo sustentable mediante la atención de los problemas de la localidad.

La metodología que desarrollaremos en este proyecto de investigación considerará una combinación de elementos según desarrollados en diversos modelos teóricos y enfocaremos nuestros esfuerzos en la planificación estratégica según definido por José M. Fernández Guell. Utilizaremos además, elementos significativos del modelo incremental tecnicista de Charles E. Lindblom que, entre sus bondades, promulga el desarrollo de escenarios para minimizar los niveles de riesgo y del pluralista Paul Davidoff que establece como imprescindible el insumo de información de la gente.

Finalmente, utilizaremos algunos fundamentos teóricos del desarrollo económico local de Blakely & Bradshaw. En primer lugar consideremos la planificación estratégica moderna la cual se define como una *“forma sistemática de manejar el cambio y de crear el mejor futuro posible. Es un proceso creativo que sienta las bases de una actuación integrada a largo plazo; establece un sistema continuo de toma de decisiones que comporta riesgo, identifica cursos de acción específicos, formula indicadores de seguimiento sobre los resultados e involucra a los agentes sociales y económicos locales a lo largo del proceso”* (Fernández, 1997). Dentro de las características más significativas de la planificación estratégica tenemos las siguientes;

- Asigna recursos disponibles en acciones claves.
- Dentro de lo que es el análisis externo, identifica las fortalezas y debilidades.
- Detecta amenazas y oportunidades previsibles en el futuro. De esta forma se reduce la incertidumbre.

- Enfatiza el proceso de planificación contrario al plan como producto y deja claro que dicho proceso no es uno lineal sino circular.
- Fomenta la participación de los agentes decisorios, lo que promueve la descentralización del poder y la participación de todos los sectores que están involucrados, y
- Otorga importancia a la planificación versus las soluciones parciales o “parcheo”.

El modelo de planificación estratégica moderna, contrario al enfoque tradicional, apunta a lo siguiente:

- énfasis al proceso y permite el establecimiento de un camino sistemático.
- permite la formulación de un modelo integrado para la coordinación horizontal y vertical entre los diversos niveles territoriales-administrativos de planificación.
- se orienta hacia los conceptos y técnicas basadas en la reflexión y gestión estratégica.
- establece criterios de costo-beneficio que evalúan y dan prioridad a sus determinaciones.
- considera la demanda (y no la oferta) de ciudadanos, empresas o visitantes.
- requiere la conformación de municipios concebidos con un amplio abanico de criterios, y
- utiliza un enfoque segmentario y focalizado en el proceso participativo.

El municipio de Cayey opera un vertedero que al 2004 se le diagnosticó una vida útil de 7.2 años. Tanto para el municipio como para la comunidad de Beatriz, lugar donde ubica la instalación, tal situación es motivo de preocupación e incertidumbre, por lo que es de vital importancia involucrarlos en la toma de decisiones relacionadas a

asuntos que se relacionan con su calidad de vida. El municipio deberá iniciar el proceso de identificación de cursos de acción y toma de decisiones significativas dirigidas a resolver el problema de infraestructura que se avecina.

La selección de un curso de acción deberá ponderar criterios económicos, sociales, ambientales e institucionales con el fin de resaltar sus fortalezas y promover oportunidades. Como parte de la planificación estratégica contemporánea el proyecto asimilará la sustentabilidad orgánica y la existencia de un balance entre todos los componentes del entorno urbano. Dentro del desarrollo sostenible los componentes del sistema interactúan entre sí de forma natural, espontánea y flexible, lo que conceptualizamos como un entorno más humano, más orgánico dando prioridad a los problemas sociales y ambientales sobre cualquier prosperidad económica.

En segundo lugar apoyamos el modelo de planificación incremental de Charles E. Lindblom el cual llama al desarrollo de escenarios basados en proyecciones y dirigido a medir y minimizar los niveles de riesgo a través de la gradual incorporación de cursos de acción. El método de las comparaciones limitadas sucesivas, o lo que posteriormente se conoció como incrementalismo, sienta las bases de una sucesión comparativa proveniente del análisis secuencial o cronológico. Dicho análisis incremental se enmarca en un proceso de aproximaciones sucesivas a algunos objetivos deseados que cambian en la medida en que surgen nuevas consideraciones.

El avance es a pasos cortos y de ser exitosos entonces continuamos a otros, lo que implica que la atención se enfoca en la realización de pequeños cambios en las políticas existentes contrario a las innovaciones radicales. Tales cambios son realizados como valores marginales e incrementales (Lindblom, 2003). Como planificadores adoptamos

los fundamentos de la teoría del incrementalismo al lidiar con problemas complejos dirigidos a múltiples intereses, tales como políticos, sociales, económicos y ambientales como lo es el manejo de los residuos sólidos en Puerto Rico (Suazo, 2007).

Este problema de infraestructura representa alto riesgo e incertidumbre para el municipio de Cayey. Con el modelo incremental de Lindblom podemos “fraccionar el asunto” o hacer avances que beneficien pequeñas partes del conflicto, crear una atmósfera positiva y luego trabajar para resolver la amplitud del problema. El plan de acción que desarrollaremos en esta investigación pretende proveerle a los residentes del lugar una alternativa sustentable que minimice tanto el riesgo como la incertidumbre en su entorno.

Los postulados de la planificación pluralista de Paul Davidoff también forman parte de la meta y objetivos de nuestra investigación. Su concepto pluralista representa el medio para considerar futuras condiciones para todos los grupos de la sociedad. Sin embargo, aquellos grupos sociales de escasos ingresos necesitan de la asistencia de un planificador que, en la preparación de sus planes, atienda las necesidades de estos grupos.

Dichos planes deberán enfocarse en combatir la pobreza y proponer programas con nuevas y mejores oportunidades de desarrollo económico y social. El planificador deberá comprender que una ciudad representa a su gente; sus costumbres y sus instituciones políticas, culturales, sociales y económicas, por lo que tiene que comprender y enfrentarse a todos estos factores (Davidoff, 2003). Para Davidoff, el planificador encausa sus valores de servicio a través del proceso político como defensor de los intereses tanto gubernamentales como de otros grupos, organizaciones o individuos preocupados por las propuestas de desarrollo futuro de una comunidad.

Esta defensa tiene como propósito establecer una democracia efectiva en la cual los ciudadanos participen activamente en los procesos decisorios de política pública que afectan su funcionalidad. *Si el proceso de planificación persigue la promoción de un gobierno democrático, entonces operará incorporando al ciudadano en su proceso participativo, esto en vez de excluirlo* (Campbell & Fainstein, 2003). Cuando el gobierno opera bajo un sistema de planificación pluralista permite que el interés público presente sus alternativas de acción independientemente de las discrepancias que puedan existir.

Con mucha probabilidad estas alternativas representan el genuino interés de los proponentes y no sólo un ejercicio académico o fútil a los esfuerzos de mejorar el entorno de los afectados. En el pluralismo la participación ciudadana representa la norma operacional del gobierno del cual forman comunidad. Dentro de aquellas organizaciones participativas del proceso de planificación plural encontramos a los partidos políticos, grupos con intereses particulares sobre la política pública que deberá regir su desarrollo y otros grupos en posición de alguna política propuesta que busque el desarrollo de planes que sirvan de una mejor forma los intereses de la comunidad.

Por años, las organizaciones comunitarias que representan la comunidad Beatriz de Cayey han levantado sus voces buscando una solución al manejo de los residuos sólidos que recibe el vertedero municipal en su vecindad. Su participación en la elaboración de la política pública que regiría los destinos operacionales de la instalación fue muy activa en la década de los '70 y '80. Hoy, ante los cambios radicales en la operación de la instalación es apremiante considerar la participación de aquellas comunidades que se verán afectadas por su futuro desarrollo.

La planificación se deberá ejercer de forma bidireccional para prevenir decisiones adversas que atenten contra los mejores intereses y calidad de vida de los residentes de la comunidad. Por otro lado, los conceptos y teorías del desarrollo económico local de Blakely & Bradshaw complementan nuestro estudio al plantearse como meta primaria la necesidad de un incremento en la cantidad y diversidad de oportunidades de empleo para la gente de la localidad. Para esto, Blakely & Bradshaw toman como base dos variables fundamentales en el desarrollo de cualquier teoría económica; a saber, recursos y capacidades.

*Las comunidades tienen que mercadear sus recursos inteligentemente para ganar ventaja competitiva con el fin de crear nuevas empresas y mantener su base económica. Para esto, necesitan disponer de recursos humanos, sociales, institucionales y físicos con el propósito de construir un sistema económico auto sustentable. Dentro de estos recursos encontramos las escuelas, hospitales, **centros de reciclaje**, iglesias, centros de cuidado, programas dirigidos a la juventud, proyectos de vivienda y organizaciones étnicas, entre otros (Blakely & Bradshaw, 2002).*

De forma acertada, Blakely & Bradshaw presentan una reformulación; una nueva economía mediante el uso de cuatro (4) componentes básicos para el desarrollo económico local, estos son; localización, base económica, recursos humanos y recursos comunitarios. Primero, el sector empresarial fija su atención en los factores físicos, sociales u organizacionales que propendan a una localización y ambiente de calidad, y de confianza para hacer negocios. Segundo, el modelo de base económica persigue la construcción de una nueva relación institucional en donde las comunidades toman control



de su destino económico al manejar la información y los recursos disponibles con el fin de labrar su futuro.

Tercero, en la nueva economía el recurso humano es la razón de ser, lo que implica valorizarlo para mejorar su calidad de vida y por último, la reformulación económica de Blakely & Bradshaw considera como baluartes los recursos comunitarios. La comunidad posee muchas organizaciones que representan diversos intereses y la colaboración e interacción entre estas hacen posible el desarrollo económico local. Al sintetizar los argumentos de Blakely & Bradshaw, sobre este particular, concluimos que el desarrollo económico local es un proceso que enfatiza el uso, en su máxima expresión, de los recursos humanos y naturales existentes para crear empleos y promover calidad de vida.

Conforme a lo antes señalado, los terrenos dedicados a la disposición de residuos sólidos en el vertedero de Cayey constituyen un bien público de gran valor para el desarrollo económico local. Dicho bien público puede utilizarse por más de una persona, no se le asigna derecho de propiedad ni se limita su acceso al consumidor (Klosterman, 2003). Cuando se trata de disfrutar de un ambiente placentero con suelos no impactados, aire limpio y aguas no contaminadas esperamos recibir un beneficio individual del suministro total de bienes sin contribuir a su producción.

El vertedero municipal de Cayey no posee revestimiento geosintético, sistema de recolección de gases y lixiviado, ni sistema para la monitoría de las aguas subterráneas. En este caso esperamos que otros actúen por la protección de dicho bien público sin que esto represente un costo a nivel personal. Esto ocurre, además, con otros bienes cuasi-públicos como lo son la educación, los programas de salud pública, sistemas de

transportación y protección policíaca en donde se proveen beneficios particulares a la sociedad como un todo (Klosterman, 2003).

Los bienes públicos, a los que hemos hecho referencia, están muy bien relacionados al concepto de las externalidades en donde no se toman en consideración los impactos a las aguas, aire y suelo, y sus efectos negativos sobre los costos de salud y ambiente en general. La única solución para mediar con los costos sociales que representan, por ejemplo el manejo inadecuado de una instalación de residuos sólidos lo es la acción gubernamental. Las decisiones gubernamentales relacionadas a las provisiones de bienes públicos y el control de las externalidades se pueden realizar en diversas formas a través de planificadores, oficiales electos por el gobierno o aprobación de política pública relativa al asunto bajo consideración.

El proyecto de planificación que esbozamos persigue la atención a un problema de infraestructura ambiental y de desarrollo socio-económico que representa el manejo de los residuos sólidos en el municipio de Cayey. Como mecanismo de estudio, decidimos formular un plan de acción mediante el escrutinio y selección de alternativas viables para el redesarrollo del vertedero. Este proceso requirió la revisión de documentos, planes, reglamentación y políticas públicas promulgadas por las agencias de gobierno con inherencia en el asunto.

El Reglamento para el Manejo de los Desperdicios Sólidos No Peligrosos (RMDSNP) de la Junta de Calidad Ambiental (JCA) no define el término vertedero. No obstante el “vertedero” que todos conocemos puede definirse como el lugar en donde se disponen residuos sólidos sin los debidos controles físico-ambientales y permiten el impacto a áreas de gran valor natural, zonas de captación, cuerpos de agua superficiales y

subterráneos, terrenos con valor agrícola y que además puede causar contaminación del aire por la quema y emisión de contaminantes. De otra parte, la definición de un Sistema de Relleno Sanitario (SRS), según el RMDSNP, imprime cierta legalidad al concepto vertedero y al lugar de ubicación, sin embargo no considera los avances tecnológicos como parte de los requerimientos necesarios para permitir su operación como una obra de ingeniería.

El RMDSNP define el SRS de la siguiente forma; *cualquier instalación o parte de ella, en la que se disponen desperdicios sólidos no peligrosos. Dicha disposición se realiza mediante el esparcimiento en capas. Cada una es compactada al volumen práctico más pequeño y separada por la aplicación diaria de material de relleno o material alterno aprobado, para reducir al mínimo los riesgos para la salud, la seguridad pública y el ambiente, y minimizar lo que sea desagradable a los sentidos humanos* (JCA, 1997).

Por otra parte, el Reglamento para la Reducción, Reutilización y el Reciclaje de los Desperdicios Sólidos en Puerto Rico de la Autoridad de Desperdicios Sólidos no establece una distinción entre la definición de un desperdicio y un residuo. Para los efectos de nuestro proyecto, utilizaremos el término residuo amparado en el hecho de que todo “residuo” mantiene su potencial de uso, contrario al desperdicio el cual es descartado por su carencia de valor<sup>5</sup>. Sin embargo, es importante comprender la definición que la JCA le otorga al término desperdicio sólido. El RMDSNP define un desperdicio sólido como; *cualquier basura, desecho, residuo, cieno u otro material descartado o destinado para su reciclaje, reutilización y recuperación, incluyendo materiales sólidos, semisólidos, líquidos o recipientes que contienen material gaseoso*

---

<sup>5</sup> Conversación con el Sr. Carlos Maysonet, Comité de Tesis.

*generado por la industria, comercio, minería, operaciones agrícolas o actividades domésticas.*

Una vez comprendidos los términos antes señalados podemos emprender camino hacia la definición de aquellas alternativas identificadas por las agencias gubernamentales y el municipio de Cayey. Es importante reseñar que no existe una alternativa única que pueda resolver todos los problemas relacionados al manejo de los residuos sólidos de una municipalidad, sin embargo cuando diversificamos las tecnologías existentes y segregamos el residuo que recibe la instalación ampliamos su marco de acción y uso integral. A cada una de las alternativas le brindaremos la atención que amerita con el fin de reducir costos o abandono de la instalación y equipo por fallas previsibles del proyecto (USEPA, 1995).

- **Alternativa 1 – Expansión y operación del vertedero de Cayey como SRS por los próximos 15 a 20 años.**

El vertedero de Cayey opera en un predio de aproximadamente 44 cuerdas de las cuales, al día de hoy, se han utilizado alrededor de 30 (Figura 2). La alternativa de expandir el vertedero figura como la propuesta principal planteada por el Plan de Ordenamiento Territorial (POT) del municipio (Municipio de Cayey, 2006b). Esta opción pretende maximizar el uso de la instalación por los próximos 15 a 20 años, sin embargo tal acción requiere de mejoras significativas en las operaciones del vertedero para cumplir con la política pública establecida y los requisitos reglamentarios locales y federales.

La instalación, aunque con limitaciones de espacio, posee potencial de desarrollo hacia el área sur. La propuesta expansión del sistema según el POT requerirá la

reubicación de una atarjea o tubería que recoge las aguas canalizadas de una quebrada en el predio, el rediseño de sus pendientes a razón de 3:1 y la colocación de un revestimiento geosintético en la base del sistema, lo que ampliaría la vida útil del sistema en al menos otros 7 años<sup>6</sup> (Figura 2 y 3). Es importante señalar que la política pública del gobierno de Puerto Rico sobre las nuevas expansiones de vertederos requiere de, al menos, 20 cuerdas para establecer una expansión.

De acuerdo al estudio de vida útil preparado por Vicenty Heres & Lauria para la ADS, la instalación mantiene 11 cuerdas de terreno al lado sur, de las cuáles ocho punto ocho (8.8) poseen potencial de desarrollo. En vista de que cualquier cierre de instalación requerirá de modificaciones físicas dirigidas a cumplir con los requerimientos de cierre y cuidado luego del cierre el estudio recomienda el uso de las 8.8 cuerdas de terreno para realizar mejoras y cerrar el sistema.

- **Alternativa 2 – Construcción y operación de un nuevo Sistema de Relleno Sanitario (SRS).**

El Plan Estratégico *Cayey Ciudad Verde* de 2005 señala que el proceso de identificar y evaluar lugares para establecer un nuevo SRS deberá comenzar en los próximos dos (2) años (Municipio de Cayey, 2005). El Plan establece que una ubicación potencial se encuentra en el Bo. Beatriz, al norte del Expreso PR-52 y cerca al vertedero existente. Para el desarrollo de un nuevo SRS es necesario atender numerosos asuntos de relevancia como lo son los detalles técnicos, la intervención de las comunidades afectadas y el cumplimiento con las reglamentaciones aplicables. El desarrollo considera las siguientes cuatro (4) fases (USEPA, 1995);

1. Información de referencia y consideraciones de ubicación preliminar

---

<sup>6</sup> Conversación personal con Ing. Juan C. Mercado, Consultor del Municipio.

- Estimaciones sobre cantidad de residuos sólidos que se generan
  - Investigar y seleccionar lugares potenciales
  - Identificar requisitos reglamentarios locales y federales
  - Evaluar alternativas para la recuperación de materiales y energía
  - Considerar el uso final para el SRS
  - Determinar la adecuacidad de los lugares
2. Diseño del SRS; monitoría de aguas subterráneas; manejo del lixiviado y gases (Figura 3).
- Diseño del SRS en cumplimiento con las condiciones de permiso
  - Establecer un plan para el manejo de lixiviados
  - Instituir un programa para el monitoreo de las aguas subterráneas
  - Establecer un plan para el manejo de gases
  - Preparar especificaciones para la cubierta final del SRS
  - Obtener los permisos necesarios
3. Aseguramiento financiero y comienzo de operaciones
- Establecer garantías financieras para el cierre y cuidado luego del cierre
  - Operación del SRS.
4. Cierre y cuidado luego del cierre

La alternativa de un nuevo SRS implicaría el cierre de la instalación presente conforme a los requisitos establecidos en la reglamentación local y federal. Muchos de estos requisitos son semejantes a los señalados para un nuevo SRS, estos son;

- Establecer un plan para el manejo de lixiviados y gases

- Instituir un programa para la monitoría de las aguas subterráneas
  - Preparar especificaciones para la cubierta final del SRS
  - Obtener la aprobación para el plan de cierre
  - Establecer el aseguramiento financiero para el cierre y cuidado luego del cierre
  - Operaciones del SRS
  - Cierre del SRS
  - Proveer cuidado luego del cierre
- **Alternativa 3 – Cierre del vertedero y operación de una estación de trasbordo (ET).**

Los aspectos inherentes al cierre de un vertedero fueron discutidos en la alternativa 2, no obstante las consideraciones relacionadas al establecimiento de una estación de trasbordo (ET) se encuentran contenidas en el Itinerario Dinámico para Proyectos de Infraestructura (IDPI) (ADS, 2007a). Dicho Itinerario representa la parte operacional para implantar las estrategias establecidas en el Plan Estratégico para el Manejo de los Residuos Sólidos (PEMRS) (ADS, 2004a). El IDPI dispone que en un escenario Caso Base los vertederos continuarán operaciones hasta que agoten su vida útil y la eventual transferencia de residuos se facilitará a través del uso de una ET.

En el caso particular del municipio de Cayey, el IDPI estima que el vertedero cerrará operaciones y los residuos serán transferidos, mediante una ET, hasta el SRS de Ponce en el 2010 (Tabla 4). Sin embargo, la ubicación de una ET en el vertedero puede variar de acuerdo a los cambios en el flujo y a las modificaciones operacionales (ADS,

2007a). El establecimiento de una ET requiere del pleno conocimiento de aquellos factores que determinarán la adecuación de la tecnología.

Entre estos podemos mencionar la ponderación de costos y ahorros asociados con la construcción y operación de una ET (USEPA, 1995). Los beneficios de una ET comprenden costos más bajos de recolección de residuos, reducción en los costos de combustible y mantenimiento de camiones, oportunidad de recobrar materiales reciclables o compostables en el lugar donde se instale la ET y la oportunidad de triturar o embalar los residuos previo a su disposición. Estos beneficios tienen que considerarse contra los costos de desarrollar y operar una instalación (USEPA, 1995).

Según la EPA, la distancia mínima para viabilizar la ubicación de una ET depende de las condiciones económicas locales, no obstante los expertos entienden que el lugar de disposición debe estar al menos entre 10 y 15 millas del área de generación. La construcción de una ET deberá tomar en consideración las siguientes variables (USEPA, 1995);

- Capacidad requerida y cantidad de espacio para el almacenamiento de residuos
- Tipos de residuos recibidos
- Procesos necesarios para la recuperación de materiales o preparativos para la trituración o embalaje de los residuos
- Tipos de camiones de recolección que utiliza la instalación
- Tipos de camiones de trasbordo que pueden acomodarse en la instalación de disposición
- Topografía del lugar y accesos

La EPA también ha establecido tres (3) categorías de ET que son;



- Capacidad pequeña (menos de 100 ton./día)
- Capacidad mediana ( entre 100 y 500 ton./día)
- Capacidad grande (más de 500 ton./día)

En el caso del municipio de Cayey, el vertedero recibe 558 toneladas de residuos a la semana, por lo que se calcula que unas 112 toneladas diarias, además de la consideración de variables de desvío de materiales reciclables, composta y otras modificaciones la ubicarían en el rango de una ET con capacidad mediana. Tanto los criterios de ubicación como el diseño son factores vitales para el establecimiento de una ET. El estudio de un lugar y el diseño de una ET requieren del entendimiento de factores tales como el manejo eficiente de los residuos, la durabilidad de las estructuras físicas y el equipo, un esquema simple para las operaciones y flexibilidad para modificar las instalaciones.

Al seleccionarse un lugar para la ubicación y diseño de una ET es necesario que se consideren los siguientes factores (USEPA, 1995);

- Proximidad al área de recolección de residuos para maximizar los ahorros y reducir distancia y tiempo
- Accesibilidad a vías primarias para reducir el tiempo de transportación y el impacto potencial en residentes y comercio de la comunidad
- Minimizar el impacto visual mediante el análisis del movimiento vehicular, necesidades de almacenamiento, áreas de amortiguamiento, capacidad y planos de la estación
- Los requisitos de diseño y zonificación del área confirmarán que el uso propuesto reúne los requerimientos reglamentarios; y

- Proximidad a servicios de infraestructura tales como agua, electricidad, teléfono, servicios sanitarios y alcantarillado pluvial

Otro factor importante que deberá considerarse lo es el tamaño de la ET. La instalación deberá tener la capacidad suficiente para manejar los residuos sólidos que se esperan durante su vida útil. De acuerdo al IDPI de la ADS la ET de Cayey tendrá una capacidad de manejo de 130 toneladas diarias.

La determinación del tamaño apropiado de la ET deberá considerar (USEPA, 1995; Apéndices 15 y 18).

- La capacidad de los vehículos de recolección que utilizará la instalación
- La capacidad de almacenamiento de residuos sólidos en la instalación (número de días)
- El tiempo requerido para descargar los vehículos de recolección
- El número de vehículos que utilizará la ET y requerimientos de capacidad en horas pico
- La segregación o procesamiento de residuos en la planta
- La capacidad del camión de transferencia
- El horario de operación de la ET
- La disponibilidad de los camiones de transferencia de residuos para su carga
  
- **Alternativa 4 – Operación del vertedero de Cayey como SRS, la ubicación de una planta de recuperación de materiales (MRF) y la producción de composta.**

La alternativa 4 combina la operación de un SRS con programas de reciclaje mediante el uso de tecnologías que promuevan la reducción en la disposición de residuos y maximización de la vida útil del sistema. La operación del SRS cumplirá con los requerimientos locales y federales, tal y como se detalló en la alternativa 2, sin embargo la instalación jugaría un papel de prominencia para la disposición de residuos no reciclables y no compostables. De hecho, el SRS constituiría el plan de contingencia para momentos en que las operaciones de una planta de recuperación de materiales (MRF, por sus siglas en inglés) y composta no puedan operar, ya sea por mantenimiento, roturas u otras razones.

El MRF ofrece las ventajas de recuperar y desviar materiales valiosos para su reciclaje y optimización del manejo de los residuos sólidos (Apéndices 16 y 17). Cuando colocamos todos los materiales reciclables en un mismo contenedor llevamos a cabo una operación conocida como “*single-stream MRF*”. La recolección mediante un “*single-stream MRF*” es mucho más rápida y eficiente, además incentiva la participación comunitaria cuando lo comparamos con el uso de varios contenedores para segregar los materiales reciclables.

Este método de reciclaje ha aumentado la participación de los residentes hasta en un 70% (MSW, 2006), lo que reduce la disposición de residuos y extiende la vida útil del SRS. El éxito del diseño de cualquier MRF está en la determinación previa del origen de los residuos a ser procesados (papel, plásticos, metales, cartón, madera, etc.). Sin embargo, la operación de un MRF es costosa, por lo que el operador de la instalación concentrará sus esfuerzos en procesar periódico, cartón y aluminio los cuales mantienen un alto valor en el mercado (MSW, 2006). La operación de un MRF también puede

considerar la inclusión de otros residuos tales como artefactos electrónicos, tubos de rayo catódico, teléfonos celulares, materiales de construcción y demolición, entre otros.

Uno de los elementos claves en la alternativa lo es la recuperación del material orgánico vegetal mediante el desarrollo de actividades de compostaje. El RMDSNP de la JCA define la composta como un *material útil para el acondicionamiento del terreno obtenido a través de la transformación bioquímica de un sustrato orgánico mediante un proceso que ocurre naturalmente o es controlado de manera artificial*. Cualquier material orgánico que pueda ser biológicamente descompuesto es “compostable”, de hecho, el proceso de compostar residuos es un medio beneficioso de reciclar materiales orgánicos y no un medio de disposición de residuos (USEPA, 1995; Apéndice 16).

Los residuos sólidos municipales contienen hasta 70% por peso de materiales orgánicos, por lo que la producción de composta reduce, en gran manera, los residuos que recibe una instalación (USEPA, 1995). Del estudio realizado por la Sra. Adaliz Martínez en el municipio de Cayey se encontró que más de la mitad, o sea el 54% de los residuos que recibe la instalación son orgánicos y el 29% se pueden reusar o reciclar, por lo que un 83% puede desviarse del flujo de residuos que recibe el vertedero (Martínez, 2002). La composta ofrece ventajas económicas para comunidades en donde los costos por utilizar otra opción de manejo resultarían muy altos, sin embargo dicha opción es viable si existen los mercados para su salida.

Los retos que encara cualquier comunidad para establecer un programa de composta exitoso son los siguientes (USEPA, 1995);

- Identificar las metas y alcance del proyecto
- Obtener apoyo político para modificar el manejo de los residuos en la comunidad

- Identificar lugares potenciales y factores ambientales
- Identificar usos y mercados potenciales
- Iniciar un programa de educación pública
- Preparar un inventario de los materiales disponibles para compostar
- Visitar programas de composta exitosos
- Finalizar arreglos para el uso de la composta
- Obtener del gobierno los permisos y endosos necesarios
- Preparar un presupuesto final y establecer los arreglos financieros, además de incluir un fondo de contingencia
- Construir las instalaciones de composta y comprar el equipo de recolección necesario
- Iniciar las operaciones de composta y evaluar los resultados

### **Estudios de casos**

El desvío de residuos sólidos de un SRS, a través del reciclaje y compostaje de materiales, constituye una política pública de relevancia para maximizar las operaciones y extender la vida útil de cualquier instalación. Estudios realizados en territorios de Europa y Norteamérica muestran resultados muy positivos en el desvío de residuos sólidos del SRS. Nuestro primer caso de estudio presenta la región de los Flanders en Holanda, territorio situado al centro de Europa y rodeado de países tales como Bélgica, Francia, y Alemania.

Los Flanders se considera una región próspera y con éxito en lograr una reducción

progresiva en la generación de residuos sólidos. A comienzo de la década de los '90 la generación de residuos sólidos en los Flanders se estimó en 330 Kg/persona/año. Un plan estratégico inicial esbozado a cinco (5) años (1997-2001) estableció como meta la reducción en la generación de residuos a 220 Kg/persona/año (WMW, 2004).

Esta meta fue alcanzada antes de que finalizara el tiempo proyectado, lo que motivó nuevas proyecciones de reducción en un segundo plan estratégico pautado del 2003 al 2007 (150 Kg/persona/año). Con una generación de residuos estimada en tres punto tres (3.3) millones de toneladas de residuos, los Flanders alcanzaron un incremento en el desvío de 18% en el 1991 y a casi un 70% en el 2002. Estos niveles de desvío provocaron una disminución en los niveles de disposición en SRS de un 40% a un cuatro por ciento (4%). El éxito en el programa de desvío resultó de una estrategia balanceada de reducción progresiva de residuos sólidos mediante altos niveles de reciclaje y una participación significativa de la incineración (WMW, 2004).

El éxito alcanzado por la región de los Flanders se debió a la combinación de elementos claves tales como instrumentos efectivos de política pública, impuestos, reglamentaciones a los SRS e incentivos financieros, entre otros (WMW, 2004). El segundo caso de estudio lo es Austria donde la tasa de reciclaje y composta ha tenido un desarrollo vertiginoso. De 1989 a 1999 la tasa de reciclaje se disparó de un 14% a un 50%, lo que se considera como una de las tasas de reciclaje más altas de Europa (WMW, 2004).

En vista del incremento en las actividades de reciclaje y composta la cantidad de residuos sólidos dispuestos en los SRS disminuyó de un 63% a un 29%. Al momento, Austria posee más de 500 instalaciones de composta con una capacidad anual combinada

de uno punto uno (1.1) millones de toneladas y cumple con los requerimientos para SRS, según establecidos por la Unión Europea. Las cinco (5) ciudades más grandes de Austria generan entre 450 y 500 Kg/persona/año de residuos sólidos con un margen de reciclaje y composta de entre 47% y 54% (WMW, 2004).

Entre estas, Innsbruck mantiene las mejores tasas (54% y 263 Kg/persona/año) seguida de Graz, Linz y Salzburg con porcentajes que oscilan entre los 45 y 50%, esto es 220 a 240 Kg/persona/año. La ciudad de Vienna, por su parte, es la excepción ya que es mucho más grande (1.6 millones de personas) y sus tasas de reciclaje y composta son más bajas con un estimado de 39% (178 Kg/persona/año). Para el 1989, la cantidad de residuos dispuestos en los SRS de Austria se estimó en un 75% y disminuyó a un 43% en el 1999, cumpliendo así con las proyecciones para el 2016 de la Unión Europea (WMW, 2004).

El caso de la ciudad de Nueva York es de sumo interés por la magnitud en generación y la inversión en recursos humanos y económicos para la implantación de un programa de reciclaje. El manejo de los residuos sólidos en esta ciudad le corresponde al Departamento de Sanidad quien es responsable de recoger sobre 12,000 toneladas diarias de residuos reciclables y no reciclables en sectores residenciales e institucionales. Además, el comercio neuyorquino genera otras 13,000 toneladas de residuos al día que son recolectadas por el sector privado.

Por más de 50 años estos residuos se dispusieron en el *Fresh Kills Landfill* localizado en el litoral oeste de Staten Island. Sin embargo, esta instalación cerró operaciones en el 2001, lo que obligó a la ciudad de Nueva York a exportar los residuos que no son reciclables o compostables a otros territorios fuera de su jurisdicción. Para el

2003, y dadas las largas distancias y costos de transporte, la ciudad utilizó estaciones de trasbordo de sectores privados para el manejo de hasta tres punto ocho (3.8) millones de toneladas de residuos. El reciclaje en Nueva York comenzó en el 1986, en un distrito de Manhattan, con el recogido de papel periódico y al día de hoy se ha convertido en el programa de reciclaje más grande de los EE.UU. que sirve hasta tres punto dos (3.2) millones de personas.

Para el 1989, la ciudad estableció como mandatorio el reciclaje de periódico, revistas, cartón corrugado, metales, vidrio y plástico. En 1995 el programa fue expandido para introducir papel mezclado, envases de bebida y otros metales. El sistema de recogido de materiales reciclables utilizado por la ciudad se conoce como *dual-stream commingled* en donde el residente se responsabiliza en colocar los residuos reciclables en un contenedor.

En el 2001, la ciudad generó cerca de cuatro punto dos (4.2) millones de toneladas de residuos sólidos de las cuáles 743,300 toneladas fueron recicladas y tres punto cinco (3.5) requirieron disposición. En el 1997, primer año que el “reciclaje expandido” fue implantado la tasa de reciclaje aumentó a 13%. Tal porcentaje se incrementó a un 21% para el año 2000, sin embargo el mismo se ha estabilizado a un 20% y no se esperan cambios significativos al respecto (WMW, 2004).

Nuestro último caso de estudio lo es el Condado de San Lucie en Florida el cual representa un ejemplo de planificación estratégica al problema de asegurar su infraestructura de residuos sólidos ante el rápido crecimiento poblacional. El Condado de San Lucie construyó una instalación para el procesamiento de residuos de construcción y demolición y otra para el reciclaje y embalaje de material no reciclable.



Ambas extendieron la vida útil del vertedero por 20 años dada la recuperación de material reciclable y el aumento en la densidad de los residuos dispuestos.

Las proyecciones del Condado de San Lucie, una vez cierre la instalación, es convertirla en una estación de trasbordo ahorrándole millones de dólares en costos de capital por la construcción de una nueva estación en un lugar que no sea el vertedero (Grotke, 2006). La EPA promueve la utilización de estrategias como estas; estrategias que enfatizan, sobretodo, la jerarquía de manejo basada en la reducción y el reciclaje, y como alternativa final la disposición. En Puerto Rico, los SRS de Carolina y Guaynabo trabajan de forma similar. Ambas instalaciones son operadas por la compañía Landfill Technology y poseen mecanismos para el reciclaje de residuos y embalaje de aquellos residuos que requieren disposición final<sup>7</sup> (Apéndices 16 y 17).

### **Marco legal**

El atender los asuntos inherentes al manejo de los residuos sólidos en Puerto Rico requiere de la intervención de agencias tales como la JCA, la Autoridad de Desperdicios Sólidos (ADS), los municipios, la Oficina del Comisionado de Asuntos Municipales (OCAM) y la empresa privada. Sin embargo es la ADS quien recomienda la política pública en términos del desarrollo de alternativas de manejo. Para esto, y desde sus comienzos en el 1978, la ADS ha preparado planes de manejo de residuos sólidos.

Uno de los planes que revistió gran relevancia en la política pública del gobierno de Puerto Rico lo fue el Plan Regional de Infraestructura para el Reciclaje y Disposición de los Desperdicios Sólidos de Puerto Rico de 1995, conocido como el Plan Regional de 1995 (ADS, 1995b). Este Plan Regional figuró como un esfuerzo de la ADS por atender

---

<sup>7</sup> Conversación personal con Rey Contrera, Landfill Technology.

la creciente generación de residuos sólidos en Puerto Rico e incorporó tecnologías de manejo como la construcción de menos vertederos con mayor capacidad de recepción y una nueva distribución de instalaciones enmarcadas en un esquema regional de control de flujo. El Plan Regional impartió prioridad a la ubicación de plantas de combustión en el área norte de la isla lo cual encontró oposición inmediata por parte de la ciudadanía.

Además, contó con la Orden Ejecutiva OE-1997-18 que declaró el Plan Regional como el documento que viabilizaría la política pública en cuanto al reciclaje, manejo y disposición de los residuos sólidos de la Isla (ADS, 1997). Esta determinación tuvo el efecto de requerir que cualquier propuesta de manejo de residuos sólidos tendría que evaluarse a la luz de lo esbozado en el Plan Regional y en conformidad con la ADS. Para el año 2000, surge un cambio de administración gubernamental en el país y como resultado se revisó toda la política pública relacionada al manejo de los residuos sólidos.

La revisión tuvo como resultado la nueva Orden Ejecutiva OE-2001-58A, que sustituyó la política pública enunciada en la orden ejecutiva de 1997. Dicha orden estableció la necesidad de enfatizar el desarrollo de la infraestructura e incentivos dirigidos a fomentar el reciclaje; evaluar tecnologías para la recuperación de energía de los residuos sólidos y expandir los vertederos existentes bajo el cumplimiento con la reglamentación vigente (ADS, 2001). La nueva política pública estableció como base la jerarquía de métodos, o sea, los beneficios asociados con la reducción, reuso, reciclaje y composta de nuestros residuos sólidos.

Además, limitó la consideración de cualquier tecnología para la recuperación de energía de residuos sólidos a sólo materiales que no puedan ser reutilizados, reciclados o compostados y sólo si las mismas garantizan la seguridad humana y ambiental. Un

aspecto relevante de la orden lo es el endoso a las expansiones de los vertederos existentes que cuenten con la capacidad de alargar su vida útil por un período entre 20 y 30 años. Como parte de lo antes señalado, la ADS publicó un nuevo plan conocido como el Plan Estratégico para el Manejo de los Residuos Sólidos (PEMRS) (ADS, 2004a).

Contrario al enfoque de regionalización y ubicación de instalaciones promulgado con fuerza en el Plan Regional de 1995, el PEMRS dirigió sus esfuerzos a formular metas, objetivos y actividades de acuerdo a la jerarquía de métodos y a imprimirle atención primaria a la reducción de residuos sólidos. Por medio del PEMRS la ADS trabaja en la identificación de lugares para el desarrollo de nuevas tecnologías, expansión de los SRS con capacidad de operar conforme a la orden administrativa y en el fortalecimiento de las condiciones operacionales de estos sistemas. La implantación de las estrategias comprende un período de 20 años y su ejecución se divide a corto, mediano y largo plazo.

Como parte de las estrategias, el PEMRS considera el uso de tecnologías para incrementar la vida útil de los vertederos y recuperar materiales con potencial de ser reciclados o reutilizados para devolverlos a la economía como productos o materia prima. La publicación de una nueva orden ejecutiva conocida como el Boletín Administrativo OE-2004-41 del 21 de julio de 2004 tuvo un efecto muy parecido al de la orden OE-1997-18 (ADS, 2004d). En esta ocasión se adoptó el PEMRS como el Plan que viabilizaría la política pública en cuanto a las estrategias a seguir para la utilización de tecnologías para la reducción, reuso y reciclaje de residuos sólidos.

Esta determinación tuvo el efecto de autorizar la evaluación e implantación de nuevas tecnologías para reducir la generación de residuos sólidos y endosó la

investigación y análisis de alternativas al uso intensivo de los vertederos, esto dentro de la jerarquía esbozada en la OE-2001-58A.

Uno de los objetivos principales del PEMRS es reducir aún más el número de vertederos que al día de hoy se encuentran en operación. Para el 2007, la ADS presentó un Itinerario Dinámico de Proyectos de Infraestructuras (IDPI) en donde establece que se llevarán a cabo 26 proyectos de envergadura con una inversión privada del 95% de los costos, para un total de 1.9 billones de dólares (USEPA, 2007). De acuerdo al IDPI, para el año 2030, la Isla contaría con un nuevo esquema de manejo de residuos sólidos en donde las instalaciones se reducirían a tan sólo siete (7) y el municipio de Cayey operaría con una estación de trasbordo.

La adopción de nuevas estrategias que atiendan con premura el manejo de los residuos sólidos en el municipio de Cayey requerirá, además del análisis de la política pública establecida, la comprensión del marco legal que ha evolucionado desde mediados de la década de los sesenta. Dicho trasfondo legal se encuentra intrínsecamente ligado a leyes federales que poseen la misma fuerza y efecto que en los EE.UU. Esto es así a menos que el estatuto establezca su inaplicabilidad a la isla; o las condiciones particulares de Puerto Rico hagan el estatuto inaplicable localmente (González & Rodríguez, 2003).

### **Ley sobre Disposición de los Desperdicios Sólidos.**

En 1965, el Congreso de los EE.UU. promulgó la *Ley sobre Disposición de los Desperdicios Sólidos* con el fin de mejorar las prácticas de disposición de residuos sólidos a través de la nación (USEPA, 1999). Este primer estatuto concentró sus esfuerzos en mejorar los métodos de disposición de residuos, además de ofrecer

incentivos económicos a los estados y territorios para el establecimiento de unidades de planificación, efectuar estudios sobre el problema de los residuos sólidos y preparar planes de manejo (Rohena, 2006).

### **Ley Sobre Política Pública Ambiental**

El 18 de junio de 1970, se promulgó la Ley Número 9, Ley Sobre Política Pública Ambiental la cual creó la Junta de Calidad Ambiental (JCA, 1999). Con la aprobación de esta Ley se transfirieron las funciones fiscalizadoras relacionadas al manejo de los residuos sólidos del Departamento de Salud a la JCA. Esta Ley tuvo como fin establecer una política pública que estimulara una deseable y conveniente armonía entre el hombre y su medio ambiente.

Con la creación de la JCA, la política pública en cuanto a la disposición de los residuos sólidos se reenfocó dando paso a la modificación en la operación de crematorios, o quemado a campo abierto, a vertederos municipales. Esta modificación tuvo el propósito de erradicar la práctica de quemar los residuos, lo que constituyó un avance significativo para nuestra calidad de vida. No obstante, la falta de planificación y aplicación de tecnologías adecuadas encaminadas a prevenir la contaminación de cuerpos de agua superficiales y subterráneos incrementó el incumplimiento con los requisitos de diseño y operación.

La Ley Núm. 416 sustituyó y derogó la Ley Núm. 9 de 18 de junio de 1970 (JCA, 2004). El Artículo 9 de esta ley establece los fundamentos legales necesarios para el desarrollo de nuestra investigación y las facultades y deberes de la JCA al momento de implantar el programa para el control de los residuos sólidos en Puerto Rico. El inciso

B(1)(j) trata sobre la planificación ambiental y desarrollo de política pública y señala que la JCA llevará a cabo las funciones necesarias y razonables de planificación y desarrollo de política pública en torno a los problemas de residuos sólidos en Puerto Rico. El inciso B(4)(a) establece la facultad para adoptar, promulgar, enmendar y derogar reglas y reglamentos para la disposición de residuos sólidos y para fijar los sitios y métodos para la disposición de estos residuos.

Por otra parte, el Artículo 8 (A)(18) establece que la JCA podrá preparar y desarrollar proyectos y programas de beneficio para el ambiente, para la conservación de nuestro ambiente y recursos naturales y para la contaminación por ruidos y disposición adecuada de los residuos sólidos en conformidad con lo dispuesto en la Ley Núm. 70 de la ADS y la Ley Núm. 81 conocida como Ley de Municipios Autónomos del Estado Libre Asociado de Puerto Rico de 1991. Finalmente, el inciso B(3)(e) faculta a la JCA a adoptar reglas y reglamentos para establecer un mecanismo de permisos y licencias que regule el control de la contaminación por residuos sólidos. A través de esta política pública el gobierno reconoce que la salud del ser humano ya no es un asunto circunscrito a las leyes de la salud, sino que requiere de enfoques multidisciplinarios en donde se integren disciplinas tales como las ciencias naturales, sociales y el desarrollo económico (López, 1999).

### **Ley de Conservación y Recuperación de Recursos (RCRA)**

El segundo período significativo en el manejo de los residuos sólidos comenzó en el 1976 cuando en un esfuerzo por controlar el aumento acelerado en la generación de residuos el Congreso de los Estados Unidos promulgó la Ley de Conservación y Recuperación de Recursos (RCRA) (USEPA, 2006a). La aprobación de esta ley tuvo

como propósito proteger la salud humana y el ambiente del peligro potencial de la disposición de residuos, y conservar energía y recursos naturales. La Ley RCRA se compone de 10 Subtítulos de los cuales seis (6) son estipulaciones generales y administrativas que definen el rol y las responsabilidades del Administrador de la EPA y otras agencias federales en cuanto a la ley.

Los restantes cuatro (4) Subtítulos (C, D, I y J) establecen programas operacionales para los cuales la EPA desarrolló reglamentación y estableció las guías, criterios y políticas públicas necesarias para hacer cumplir los reglamentos promulgados (USEPA, 2006a). Para el logro de la meta y objetivos trazados concentraremos nuestros esfuerzos en el Subtítulo D de RCRA.

- **Subtítulo D de RCRA**

El Subtítulo D de RCRA faculta al administrador de la EPA a delegar en los gobiernos locales y estatales poderes para el desarrollo de sus propios planes integrales de manejo de residuos sólidos. En el caso de los planes estatales para el manejo de los residuos sólidos no peligrosos el Subtítulo D establece que dichos planes;

- Identificarán las responsabilidades del estado y autoridades locales y regionales en la implantación del Plan.
- Prohibirán el establecimiento de nuevos vertederos abiertos “open dumps” y establecerán requisitos de que todos los residuos sólidos serán, primero, utilizados para la recuperación de materiales y, segundo, dispuestos en el vertedero de forma segura.
- Proveerán para el cierre o mejora de todos los vertederos existentes conforme a los requisitos de la Ley RCRA.

- Proveerán para la conservación, o recuperación de recursos, o disposición de residuos en el vertedero, o cualquier combinación de las prácticas mencionadas que sea necesaria para usar o disponer de los residuos en una forma ambientalmente segura.

La EPA a través del Tomo 40 del Código de Reglamentaciones Federales (CFR), Parte 257 estableció los criterios mínimos para las instalaciones de manejo de residuos sólidos, “*Criteria for Classification of Solid Waste Disposal Facilities and Practices*”, (USEPA, 2006a). Estos criterios prohíben el establecimiento de nuevos vertederos al aire libre y ordena el cese de operaciones de aquellos existentes para octubre de 1991. En el caso de aquellos vertederos que se mantuvieran bajo operación luego de octubre de 1991, la EPA requirió el cierre antes de octubre de 1993 bajo unos requerimientos específicos de cómo llevar a cabo el cierre.

Cualquier vertedero o expansión lateral operado después de octubre de 1993 debía cumplir con los requisitos reglamentarios contenidos en el Tomo 40 del CFR, Parte 258. Los criterios contenidos en el Tomo 40 del CFR, Parte 258 “*Criteria for Municipal Solid Waste Landfills*” aplican a todo vertedero nuevo o la expansión lateral de vertederos existentes. Los estándares de ejecución se basan en aspectos tales como;

- Localización – Prohibición de ubicación en áreas inundables, humedales, zonas de impacto sísmico, inmediaciones de cuerpos de agua superficiales, acuíferos, terrenos de valor agrícola, áreas habitadas por especies en peligro de extinción, etc.
- Criterios de diseño y operación.
- Monitoreo de aguas subterráneas.



- Acciones correctivas.
- Cierre y mantenimiento luego del cierre.
- Seguridad financiera a largo plazo.

Estos criterios constituyeron una nueva forma de manejar los residuos sólidos en beneficio a la salud y al ambiente, y abrieron paso a un mayor énfasis en el reciclaje, la composta y tecnologías de avanzada para la recuperación de energía derivada de los residuos sólidos.

Tanto la minimización en la generación de residuos por reducción en la fuente como la promoción del reciclaje de materiales con valor residual figuran como los principales enfoques esbozados en los Subtítulos C y D de la Ley de RCRA. De hecho, RCRA Subtítulo D estableció una jerarquía para el manejo integral de los residuos sólidos en donde toma como punto de partida la reducción en la fuente, reutilización, reciclaje y composta, incineración preferiblemente con recuperación de energía y, por último, la disposición final en vertederos.

### **Reglamento para el Manejo de los Desperdicios Sólidos No Peligrosos**

Para el 1997, la JCA promulgó una nueva versión reglamentaria sobre las disposiciones relativas al manejo de los residuos sólidos no peligrosos. Esta versión conocida como el Reglamento para el Manejo de los Desperdicios Sólidos No Peligrosos (RMDSNP) contiene aquellas disposiciones federales establecidas en el Código de Reglamentaciones Federales, Tomo 40, Parte 258 (JCA, 1997). El RMDSNP establece los requisitos necesarios para el almacenamiento, transportación, procesamiento y disposición de residuos sólidos no peligrosos, además de la administración y el

seguimiento de actividades relacionadas con las instalaciones de residuos sólidos no peligrosos.

Establece también, un programa para el diseño, construcción, operación, cierre y mantenimiento luego del cierre de instalaciones para el manejo de residuos sólidos no peligrosos. Como parte de la autorización dada al gobierno de Puerto Rico para administrar un programa estatal para el manejo de los residuos sólidos el RMDSNP deberá contener disposiciones equivalente al Subtítulo D de RCRA (USEPA, 1994) .

### **Ley Número 70 del 23 de junio de 1978**

En el 1978, el gobierno de Puerto Rico aprobó la Ley Número 70 del 23 de junio de 1978 (ADS, 1995a). Con la firma de esta Ley Núm. 70, el gobierno crea la Autoridad para el Manejo de los Desperdicios Sólidos. Es así como se adquieren los poderes necesarios para el desarrollo de un plan de disposición de residuos sólidos y establecer reglamentación al respecto. Dicha ley orgánica creó una instrumentalidad gubernamental, o componente operacional, del Estado Libre Asociado adscrita al Departamento de Recursos Naturales y Ambientales.

Conforme a esta ley orgánica, la agencia deberá ejercer sus poderes en coordinación y armonía con la JCA y la Junta de Planificación. Entre los poderes que otorga la Ley Número 70 de 1978 a la ADS, posiblemente el de mayor impacto sobre la ciudadanía y el ambiente lo sea la elaboración de planes integrales.

### **Ley núm. 70 de 12 de septiembre de 1992 ( Ley para la Reducción y el Reciclaje de Desperdicios Sólidos en Puerto Rico).**

Para el 1992, la legislatura de Puerto Rico aprobó la Ley para la Reducción y el Reciclaje de Desperdicios Sólidos (ADS, 1992). Este estatuto establece como política pública el desarrollo e implantación de estrategias para lograr la disminución del volumen de residuos sólidos que se disponen en un vertedero o instalación de recuperación de energía. Como parte de estas estrategias se consideró necesario modificar las prácticas de manejo y disposición existentes para reducir la intensidad de uso de los vertederos del país.

A estos fines se utilizarán tecnologías e implantarán sistemas para la recuperación de recursos con el potencial de ser reciclados y devueltos a la economía como productos o materia prima. La Ley para la Reducción y Reciclaje de Desperdicios Sólidos en Puerto Rico es el estatuto de mayor importancia que fortalece la autoridad que la ley habilitadora provee a la ADS para el manejo y administración de los residuos sólidos. Esta ordena desarrollar el reciclaje, crear incentivos económicos y define responsabilidades de las agencias y municipios en la promoción de la reducción, reutilización y separación en la fuente de materiales reciclables.

La implantación de esta política pública se llevará a cabo mediante la consideración de la siguiente jerarquía de métodos de manejo de residuos sólidos;

- Reducción de la cantidad de residuos sólidos que se generen;
- Reuso de materiales para el propósito para el cual fueron originalmente creados o cualquier otro uso que no requiera su procesamiento;
- Reciclaje o composta del material que no pueda ser reutilizado;
- Recuperación de energía siempre y cuando la instalación conserve la calidad del aire, agua, suelos y otros recursos naturales; y

- Disposición en vertederos, que cumplan con las disposiciones federales y estatales aplicables, de los residuos sólidos que no puedan ser reutilizados, reciclados o utilizados para la recuperación de energía.

Una vez enunciada esta política pública se responsabilizó a la ADS en crear un Programa para la Reducción y el Reciclaje de los Desperdicios Sólidos en Puerto Rico.

### **Ley de Municipios Autónomos de Puerto Rico de 1991**

El organismo público y los funcionarios electos más cercanos a nuestra ciudadanía son el gobierno municipal, compuesto por el alcalde, y los asambleístas municipales. Su propósito es brindar los servicios más inmediatos que requieren los habitantes del municipio partiendo de los recursos disponibles y de sus proyecciones a corto, mediano y largo plazo. Sin embargo, nuestro ordenamiento legal no le ha otorgado a los gobiernos municipales los poderes y facultades que son esenciales para lograr el bien común habiéndose reservado el gobierno central muchos de esos poderes y facultades que le son necesarios a los gobiernos municipales para realizar su obra.

Para remediar esta situación, el cuerpo legislativo de Puerto Rico aprobó la Ley Número 81 del 30 de agosto de 1991, conocida como Ley de Municipios Autónomos de Puerto Rico (Lex Juris, 2007). Esta Ley declara como política pública del ELA de Puerto Rico otorgar a los municipios el máximo posible de autonomía y proveerles las herramientas financieras y los poderes y facultades necesarias para asumir un rol central y fundamental en su desarrollo urbano, social y económico. Además, crea los mecanismos para que los municipios tengan los poderes y facultades que son esenciales para un funcionamiento gubernamental democrático y efectivo.

La ley otorga a los municipios autónomos diversas facultades y establece elementos significativos inherentes al manejo de los residuos sólidos. Entre estos podemos señalar los siguientes;

- Facultad para establecer servicios y programas de recogido o recolección de residuos y de saneamiento público en general.
- Facultad para adoptar las normas y medidas necesarias o útiles para el ornato, la higiene y el control y la disposición adecuada de los residuos.
- Facultad para regular y reglamentar el proceso de recogido y disposición de residuos sólidos en armonía con la política pública ambiental del ELA de Puerto Rico.
- Facultad para disponer por ordenanza la forma en que se realizará la disposición y recogido e imponer penalidades por violaciones a las normas que se adopten.
- Facultad para establecer, mantener y operar por sí, o mediante contratación con cualquier persona privada, servicios y programas de recogido y recolección de residuos y de saneamiento público en general.
- Facultad para imponer mediante ordenanza una tarifa por el recogido de residuos sólidos en sectores residenciales.
- Facultad para fijar tarifas por el recogido de residuos sólidos en sectores industriales, comerciales y gubernamentales.
- Facultad para imponer una contribución adicional especial sobre toda propiedad inmueble, con el propósito de allegar fondos para satisfacer cualquier obligación en la que incurra por concepto de servicios de

disposición de residuos sólidos o para la adquisición, construcción, renovación, expansión o realización de mejoras a cualesquiera plantas o facilidades de disposición y tratamiento de residuos sólidos.

- Facultad para realizar estudios sobre impacto ambiental y cumplimiento con todas las disposiciones de salubridad requeridas por las agencias públicas.
- Facultad para contratar o en cualquier forma entrar en convenios con agencias públicas y personas privadas para el establecimiento de plantas o facilidades para la disposición de residuos sólidos y para la prestación de servicios de disposición de residuos sólidos

Conforme a lo antes esbozado podemos resumir que a nivel local, existen tres (3) organismos gubernamentales con responsabilidad compartida en el manejo de los residuos sólidos. La JCA desarrolla reglamentación y la ADS junto a los municipios se encargan del diseño, construcción y operación de instalaciones conforme a la legislación y política pública establecida.

### **Orden Ejecutiva OE-2007- 48<sup>8</sup>**

La OE-2007-48 se promulgó el 2 de noviembre de 2007 con el fin de modificar las prácticas de manejo y disposición de residuos sólidos existentes y reducir la intensidad de uso de los vertederos del país (ADS, 2007b). Para esto promueve el establecimiento de nuevas tecnologías para la recuperación de materiales y su devolución a la economía como producto o materia prima. La orden ejecutiva señala que la política pública del Estado Libre Asociado de Puerto Rico será impulsar el manejo integral de los

---

<sup>8</sup> Esta orden ejecutiva derogó el Boletín Administrativo Núm. OE-58A-2001 del 5 de septiembre de 2001.

residuos en armonía con la jerarquía establecida en la Ley para la Reducción y el Reciclaje de Desperdicios Sólidos.

Además, es determinante al señalar que no endosará vertederos de nueva creación ni expansiones laterales que no cuenten con una capacidad de vida útil de entre 20 y 30 años. Entre los tipos de expansiones que endosa la orden ejecutiva de interés para nuestra investigación se encuentra la “expansión para remediación limitada a la estabilización de taludes y conducente al cierre del vertedero”.

## **CAPITULO III**

### **METODOLOGÍA**

Este proyecto de planificación tiene como meta la formulación de un plan de acción para el manejo de los residuos sólidos que se disponen en el vertedero municipal de Cayey. La metodología que esbozamos para alcanzar nuestra meta tomó como base los tres (3) objetivos considerados y circunscribió el área de estudio al municipio de Cayey, en particular al vertedero de la localidad.

#### **Evaluación del Área de Estudio**

El área de estudio de esta investigación comprende al municipio de Cayey el cual se encuentra localizado en la región central este de Puerto Rico. El acceso principal de esta región lo es la autopista Luis A. Ferré (PR-52) la cual conecta la zona metropolitana de San Juan al municipio de Ponce a través del municipio de Cayey (Figura 1). El municipio consta de 22 barrios siendo los barrios de Cayey Pueblo, Rincón, Toíta, Montellano, Vegas, Guavate y Beatriz los que agrupan el 78% de la población.

Para propósitos de esta investigación seleccionamos al vertedero municipal como nuestro caso de estudio. Esta instalación de manejo de residuos sólidos ubica en la Carr. Núm. 184, Int. Expreso PR-52 del Bo. Beatriz de la municipalidad (Figura 2). De acuerdo a los datos del Censo de 2000, el Bo. Beatriz de Cayey posee una población de 1,986, lo que representa un 4.19% del total de habitantes de la ciudad.



## **Objetivos trazados**

**Objetivo 1: Evaluar las condiciones físicas y operacionales del vertedero municipal de Cayey.**

### **Fuente de Datos**

En este primer objetivo realizamos un diagnóstico de las condiciones físicas y operacionales de la instalación. Los datos primarios los obtuvimos de las visitas de campo y entrevistas al gerente de la instalación y directora de la oficina de planificación del municipio. También recopilamos datos secundarios de mapas, imágenes de satélite, información geográfica y documentos técnicos tales como, planes de manejo, estratégicos y territoriales preparados por el gobierno central y municipal.

### **Diseño metodológico**

Tanto la Junta de Calidad Ambiental, la Autoridad de Desperdicios Sólidos como el Municipio de Cayey son las agencias del gobierno de Puerto Rico con la información disponible sobre la evolución del vertedero desde su creación en el año 1971 hasta el presente. Estos cuerpos gubernamentales fueron instrumentales en nuestra revisión literaria y diagnóstico operacional. Además de esto, coordinamos las visitas a la instalación conforme al itinerario de trabajo del gerente de la instalación, a través de la unidad de planificación del municipio, oficina de reciclaje y el consultor para la instalación.

**Objetivo 2: Analizar las alternativas de manejo de residuos sólidos propuestas por el gobierno de Puerto Rico y el municipio de Cayey.**

## **Fuente de datos**

- Utilizamos datos secundarios contenidos en el Plan Estratégico para el Manejo de los Residuos Sólidos (PEMRS) y el Itinerario Dinámico para Proyectos de Infraestructura (IDPI), además de los estudios de generación y caracterización, y de vida útil de la Autoridad de Desperdicios Sólidos (ADS). Otros datos relevantes los obtuvimos de los planes estratégico y territorial del Municipio de Cayey, mapas, fotos aéreas y el sistema de información geográfica (GIS) para identificar la ubicación del vertedero, su potencial y oportunidades de redesarrollo.
- Generamos datos primarios de las visitas de campo y entrevistas que llevamos a cabo al gerente de la instalación de manejo de residuos sólido y a la directora de la oficina de planificación del municipio.
- Para el proceso de evaluación de alternativas utilizamos datos primarios generados de una tabla o entrevista que preparamos y denominamos como; *“Entrevista para la Valorización de Alternativas”* (Tablas 5, 6 y 7).

## **Diseño metodológico**

La revisión de literatura, en particular, los planes estratégicos y estudios realizados por el sector gubernamental nos ayudaron en la identificación de alternativas. Por otra parte, los mapas, fotos aéreas y el sistema de información geográfica (GIS) nos permitieron reconocer las particularidades del caso de estudio.

- Como parte del diseño metodológico de este objetivo estructuramos dos (2) entrevistas y una lista de preguntas relevantes al diseño, construcción, operación y

cierre de la tecnología en uso (Apéndices 1 y 2). Previo a realizar las entrevistas las preguntas fueron validadas por el comité asesor del proyecto de investigación y sometidas al escrutinio de la oficina de cumplimiento de la Universidad Metropolitana (UMET). Una vez obtuvimos la aprobación de un consentimiento informado de la UMET, procedimos a realizar las referidas entrevistas (Apéndice 3).

- Organizamos tres (3) visitas de campo a la instalación con el propósito de evaluar las operaciones existentes y recopilar información inherente al procesamiento ordinario de residuos y el potencial de desarrollo de nuevas tecnologías.
- Para el proceso de selección de la mejor alternativa preparamos la tabla conocida como “*Entrevista para la Valorización de Alternativas*” que en su parte superior contiene cuatro (4) alternativas de manejo y el lateral izquierdo presenta los criterios para la adjudicación de valores. A saber (Tablas 5, 6 y 7);

A) Criterio Económico

- Menor costo de capital
- Menor costo de operación
- Eslabonamientos productivos (anteriores y posteriores)
- Ingresos (Tipping Fee)

B) Criterio Ambiental

- Menor impacto a las aguas superficiales y subterráneas
- Menor impacto al aire
- Menor impacto al suelo
- Menor impacto visual

### C) Criterio político-social

- Convergencia con política pública estatal
  - Convergencia con estatutos federales
  - Aceptabilidad comunitaria
  - Educación (inserción en una cultura de reciclaje)
- Preparamos, además, una guía informativa la cual fue diseñada con la siguiente información: aspectos generales del municipio y la instalación, condición topográfica y ambiental, etapas de desarrollo, operación del sistema, política pública, programa de reciclaje y mecanismo cuantitativo de valorización (Apéndice 4).
  - Para valorizar los criterios la guía informativa estableció la siguiente puntuación;
    - Espacio en blanco- El experto considera que el criterio **no posee valor alguno** para la alternativa en estudio.
    - Valor de 2 – El experto considera que el criterio posee un valor **pobre** para la alternativa en estudio.
    - Valor de 4 – El experto considera que el criterio posee un valor **regular** para la alternativa en estudio.
    - Valor de 6 - El experto considera que el criterio posee un valor **bueno** para la alternativa en estudio. La suma de dichos valores nos ayudó a seleccionar la mejor alternativa para el sistema .
  - El Panel de Expertos se diseñó de tal forma que su composición fuese lo más heterogénea posible y obtener así resultados imparciales. Los integrantes del

panel son ingenieros en sistemas de relleno sanitario, asesores comunitarios y personas conocedoras de la política pública y reglamentación ambiental. A saber;

- Nelson Reyes, Asesor Comunitario
  - Felipe Nazario, Felipe Nazario & Associates
  - Juan Rosario, Salubrista y Asesor Comunitario
  - Maribelle Marrero, Landfill Technology
  - René Rodríguez, Waste Management
  - Raquel Cortés, Environmental Services Group
  - Jesús Rolón, ADS
  - Antonio Ríos, ADS
  - Raúl Colón, Caribe Environmental
  - Carmelo Vázquez, JCA
- En la primera consulta al panel le entregamos las tres (3) tablas conocidas como “*Entrevista para la Valorización de Alternativas*”, además de la guía informativa que contenía instrucciones específicas para contestar la entrevista.

**Objetivo 3: Recomendar el curso de acción que mejor garantice la extensión de la vida útil del vertedero tomando en cuenta criterios de sustentabilidad y política pública.**

**Fuente de datos**

- Utilizamos los datos primarios contenidos en la tabulación de la entrevista para la valorización de alternativas con el fin de seleccionar el curso de acción.
- Como fuente de datos primarios utilizamos, además, la programación Autocad con el fin de diseñar el área de desarrollo y calcular su vida útil.

- Utilizamos datos secundarios relacionados con los requisitos de cumplimiento sobre especificaciones para el desarrollo del área según establecidos por la reglamentación de la Junta de Calidad Ambiental y la Agencia de Protección Ambiental.

### **Diseño metodológico**

- El diseño metodológico para este objetivo consistió en utilizar prácticas de comunicación bidireccional. En esta ocasión, convocamos al panel para una presentación de los resultados de la primera consulta y validar la alternativa seleccionada. En esta segunda consulta presentamos resultados y recomendaciones de un curso de acción.
- Una vez seleccionada la alternativa diseñamos las estrategias y el plan de acción necesario para atender el asunto.
- Realizamos un acercamiento económico de las estrategias señaladas. Esta ponderación económica integró los resultados de etapas anteriores para que la implantación de la alternativa fuese práctica y atendiese las necesidades identificadas.

## CAPITULO IV

### ANÁLISIS DEL PROBLEMA

El estudio que Wehran-Puerto Rico, Inc. preparó en el 2003 para la Autoridad de Desperdicios Sólidos (ADS) titulado *Final Report Waste Characterization Study Report* establece que el vertedero municipal de Cayey recibe unas 558 toneladas de residuos sólidos semanalmente. Un segundo estudio preparado por Vicenty Heres y Lauria & Malcolm Pirnie, Inc. titulado *Cayey Landfill Progress Report* señala que, al 2004, la instalación registró una vida útil de 7.2 años con un cierre de operaciones proyectado para el mes de septiembre de 2011. Por otra parte, las intervenciones realizadas por la Junta de Calidad Ambiental (JCA) han identificado serias deficiencias relacionadas al manejo de los residuos y su impacto potencial a las aguas superficiales y subterráneas por la generación de jugos de lixiviación, además de las emisiones de gases nocivos a la salud.

Tanto la ADS, la JCA como el propio municipio a través de sus planes estratégicos y territoriales advierten sobre la necesidad de auscultar alternativas dirigidas a atender un inminente cierre de operaciones y a la identificación y evaluación de alternativas de desarrollo. Por tanto, un análisis del problema es medular a fin de colocar en justa perspectiva las fortalezas y, particularmente, las limitaciones de la instalación. Este análisis pretende auscultar alternativas y potencial de desarrollo para el sistema, de manera tal que se maximicen los recursos existentes y se prevenga el disloque de una infraestructura vital para el desarrollo social, económico y ambiental de la localidad.

### **Análisis de las condiciones físicas del vertedero**

En términos físicos el vertedero municipal de Cayey ubica en la Carr. Núm. PR-184, Km. 33.0 del Bo. Beatriz de Cayey. Su localización es estratégica dada la presencia de vías de acceso primarias que permiten una operación ágil y de bajo impacto a las comunidades aledañas en términos de accesibilidad (Apéndice 5). Sin embargo, son estas vías de acceso, los sectores comerciales y residenciales los que no permiten su expansión lateral. Por el área norte encontramos la Carr. Núm. PR-184 que constituye la entrada principal al vertedero y donde ubican restaurantes de comida criolla (Apéndice 6).

Al este se observa un área residencial, inmediata al sistema, conocida como Sector la Grúa. Al oeste tenemos el Expreso PR-52 y al sur la instalación colinda con terrenos que el municipio donó a la Administración de Servicios y Desarrollo Agrícola (ASDA). Al presente la instalación carece de una mensura definida que establezca, de forma oficial, su extensión territorial o límites colindantes (Figura 2).

A pesar de esto, el estudio de vida útil de la ADS del 2004 estima que los terrenos donde se encuentra enclavado el vertedero tienen un tamaño de 44 cuerdas. La configuración física del vertedero municipal de Cayey identifica tres (3) áreas básicas conocidas como área inactiva, activa y zona de futuro desarrollo.

### **Análisis de las condiciones operacionales del vertedero**

- **Área inactiva** – Esta ubica al noreste del sistema y tiene una cabida aproximada de 11 cuerdas que son utilizadas como área recreativa (parque de pelota, bohíos y pista de trotadores) (Figura 2; Apéndice 7).



- **Área activa** – El vertedero municipal de Cayey ha operado en el Bo. Beatriz por los pasados 35 años y su área activa tiene una cabida estimada en 22 cuerdas de terreno (Figura 2). Una de las limitaciones de mayor relevancia es la carencia de un mecanismo de pesaje que permita contabilizar el peso de los residuos que recibe y cobrar de acuerdo a los precios establecidos por el mercado. Al momento, la administración del sistema utiliza una bitácora en donde anota el recibo de residuos sólidos en yardas cúbicas y cobra al sector privado local por los residuos domésticos que recibe a razón de \$12.00 yd<sup>3</sup>.

La instalación no recibe residuos de otros municipios, por lo que la bitácora tan sólo contempla dos (2) renglones básicos para los residuos domésticos. Estos renglones están denominados como; “basura municipal” y “privada o particular” que se definen como residuos recogidos a nivel residencial, comercial y otros de menor cuantía transportados por individuos hasta la instalación. La cantidad calculada es de unas 78,205 yds<sup>3</sup>, lo que equivale al 75% de los residuos que recibió el sistema entre los meses de enero a octubre de 2007 (Apéndice 8).

Por otra parte tenemos el renglón de los “escombros”, que se refiere a aquellos residuos de construcción, cachivaches y otros voluminosos que conforman unas 26,903 yds<sup>3</sup> o el 25% restante recibido en el mismo período de tiempo para un volumen total de 105,108 yds<sup>3</sup> (10,510 yds<sup>3</sup>/mes). Conforme a los datos recopilados sobre el recibo de residuos durante los meses de enero a octubre de 2007, podemos establecer que en el vertedero se disponen un promedio de 7,800 yds<sup>3</sup> de residuos domésticos mensuales. Dicho dato es apremiante para establecer proyecciones sobre la vida útil del vertedero.

En términos de peso, el estudio de Wehran de 2003 estableció que la instalación

recibe unas 558 toneladas de residuos semanalmente, no obstante para nuestra investigación utilizaremos los estimados en volumen calculados por el personal del vertedero para el 2007. De otra parte, y conforme al estudio realizado por la Sra. Adaliz Martínez en el sistema, la composición total general de los residuos presenta un porcentaje significativo de 31% en el papel de alta y baja calidad. Este porcentaje es seguido de un 16% en el orgánico putrescible, un siete por ciento (7%) en residuos de jardinería y otro siete por ciento (7%) en vidrio (Martínez, 2002).

Dada la incertidumbre relacionada con el futuro desarrollo de la instalación, la JCA requirió que las operaciones diarias se mantengan en el tope del área activa hasta tanto surjan medidas remediativas y de cumplimiento según solicitadas al municipio. De acuerdo a la JCA, las operaciones desarrolladas en el sistema no se ajustan a los requerimientos técnicos de diseño, construcción y operación de celdas revestidas con material geosintético, monitoría de aguas subterráneas, control y manejo de lixiviados, control de gases y obras de ingeniería para el control de las aguas de escorrentías. Su crecimiento horizontal de este a suroeste se ha detenido por limitaciones de espacio y deficiencias relacionadas con la falta de tapado de residuos, generación de lixiviados y el potencial de contaminación de aguas superficiales y subterráneas señaladas por la JCA (Apéndice 5).

Estas deficiencias son motivo de repetidos señalamientos y notificaciones de violación a la reglamentación vigente, lo que constituye una amenaza latente a la permanencia del sistema en el lugar. Para el manejo adecuado de las 558 toneladas de residuos que recibe el vertedero la administración adquirió una compactadora que permite un mayor grado de compactación, densidad y extensión de vida útil del sistema.

Además, cuenta con equipo pesado básico tal como esparcadoras de residuos y camiones de volteo (Apéndice 8).

Para mejorar el recogido comunitario el municipio amplió su flota vehicular con la compra de otros cuatro (4) camiones compactadores con capacidad de 20 yds<sup>3</sup>. La carga de los camiones es revisada y registrada a la entrada del sistema. Una vez en el vertedero, los camiones se dirigen hasta la zona activa o “área de tiro diario” donde un cargador de cadena y una compactadora se encargan de esparcir y compactar los residuos.

Al finalizar este proceso, dos (2) camiones de volteo se encargan de transportar material de relleno al lugar para soterrar los residuos. Es importante señalar que, al presente, el vertedero municipal de Cayey no posee un área para la extracción de material de relleno, pero sí un centro de acopio localizado justo al área sureste en donde se recibe material de proyectos públicos y privados que se construyen en el municipio (Apéndice 9). El material que se recibe es gratuito dadas las restricciones y permisos necesarios del Departamento de Recursos Naturales para su depósito en otros lugares. Esto le permite a la instalación aprovechar el recurso suelo, prevenir costos e impactos relacionados a la extracción de material para el vertedero, y en muchas ocasiones facilita las operaciones al acarrear el material directamente del acarreador al área de tiro establecida.

En cuanto a las actividades de reciclaje en el vertedero encontramos una estructura física a la entrada del vertedero conocida como taller de embalaje (Apéndice 13). Este taller embala el plástico que se recoge a través del municipio mediante el uso de una compactadora que prepara pacas de 1,000 libras las cuales se almacenan para el recogido por parte de la compañía Industrial Fiber Corporation (IFCO) de Caguas.

Una segunda actividad de reciclaje es la trituración de material vegetativo en

donde la ADS le ha provisto al municipio una trituradora, no obstante el municipio necesita mayor asistencia técnica y equipo complementario que permita un procesamiento avanzado y mercadeo del mismo. En estos momentos el material triturado es almacenado en un predio de, al menos, dos (2) cuerdas contiguas al taller en espera de su reclamo (Apéndice 13). Por disposiciones reglamentarias de la ADS el material vegetativo al igual que la chatarra y los equipos electrodomésticos no pueden disponerse en el área de tiro, por lo que son almacenados en lugares designados dentro de la instalación. En el caso de residuos voluminosos ferrosos como la chatarra y los electrodomésticos estos son reclamados por exportadores privados quienes coordinan con el municipio cuando el volumen acumulado es significativo (200 vehículos o más).

El recogido de cartón es otra actividad de reciclaje que lleva a cabo el municipio. Sin embargo, la misma ocurre a nivel comercial urbano con un camión compactador dedicado a esta actividad. Una vez se llena el camión, el material es transportado desde el municipio hasta las instalaciones de IFCO. Aunque el municipio ha logrado avances para impulsar el reciclaje en la ciudad, es importante establecer nuevas estrategias que garanticen la reducción y manejo integral de los residuos que recibe el vertedero.

Desde el punto de vista económico, la oficina de finanzas del municipio realizó un análisis de los costos operacionales de la instalación y estimó los mismos en 1.26 millones de dólares para el año fiscal 2005-2006. Tales costos se desglosan en nómina, combustible, mantenimiento de las unidades, renta de equipo, energía eléctrica, agua, teléfono, seguros, suministro de operaciones y materiales de oficina.

**- Zona de futuro desarrollo -** La tercera, y última área es una zona no desarrollada de

11 cuerdas de terreno al sur suroeste del vertedero que colinda con la ASDA y el Expreso PR-52 (Figura 2; Apéndice 11). Este lugar representa una oportunidad para maximizar las operaciones mediante un crecimiento horizontal limitado y conducir, a su vez, el cierre de la instalación. Sin embargo la reubicación de la canalización de una quebrada en el lugar, la cercanía a los terrenos de la ASDA y la necesidad de reservar una zona de amortiguamiento para el Expreso PR-52 representan obstáculos que deberán recibir atención especial.

Por otra parte, el Plan Territorial del municipio señala que la administración programará la operación futura del vertedero de conformidad con el plan de trabajo integral denominado *Operación Cumplimiento*. Como reseñamos en la revisión de literatura, este proyecto busca maximizar las operaciones del sistema y cumplir con requerimientos ambientales tales como monitoría de las aguas subterráneas, control de escorrentías, control de lixiviados y control de gases explosivos, entre otros.

Del análisis a las condiciones físicas y operacionales del vertedero municipal de Cayey concluimos que esta investigación deberá concentrar sus esfuerzos en atender los siguientes asuntos;

- La instalación ha operado por los pasados 35 años en el Bo. Beatriz de Cayey y la ADS estima que deberá cerrar operaciones para septiembre de 2011.
- La JCA ha identificado serias deficiencias relacionadas al manejo de los residuos sólidos en incumplimiento con la reglamentación local y federal. Entre estas podemos mencionar la carencia de celdas o áreas revestidas con material geosintético para controlar las operaciones diarias y la contaminación de las aguas, carencia de pozos para la monitoría de las aguas

subterráneas y sistemas para el control de gases, generación de lixiviados, y manejo inadecuado de las aguas de escorrentías.

- El vertedero se encuentra rodeado de accesos primarios tales como el Expreso PR-52 y la Carr. PR-184, sectores comerciales y residenciales. Además, la disponibilidad de terrenos en la periferia es muy limitada lo que no permite una expansión horizontal según lo establece la política pública del gobierno de Puerto Rico (ADS, 2007b).
- La instalación cuenta con sólo 11 cuerdas al sur-suroeste de la finca de las cuáles el estudio de vida útil de la ADS recomienda que ocho punto ocho (8.8) se utilicen para realizar mejoras dirigidas al cierre del sistema (ADS, 2004b).

## **CAPÍTULO V**

### **DISCUSIÓN DE ALTERNATIVAS**

La carencia de alternativas dirigidas a la diversificación y manejo integral de las funciones que se llevan a cabo en un vertedero es un problema latente que amenaza la salud pública por el impacto de la disposición de residuos sólidos sobre el terreno. Tal situación es una generalizada que afecta la mayoría de las instalaciones municipales que se mantienen en operación en la Isla y el vertedero de Cayey no es la excepción.

La meta que persigue este proyecto de investigación es la formulación de un plan para el manejo de los residuos sólidos que se disponen en el vertedero municipal de Cayey, Puerto Rico. Para esto seleccionamos varias alternativas según planteadas en los planes estratégicos y territoriales de la ADS y el municipio de Cayey, además de otras alternativas que estén a tono con la Orden Ejecutiva OE-2007-48. Dicha orden presta atención a la jerarquía de manejo basada en la reducción, reuso, reciclaje, y como alternativa final la disposición de residuos sólidos.

#### **I – Discusión de alternativas**

##### **Alternativa 1 - Expansión y operación del vertedero como un sistema de relleno sanitario (SRS) por los próximos 15 a 20 años.**

La alternativa de expandir el vertedero actual surge de los planteamientos del Plan de Ordenamiento Territorial (POT) del municipio. El POT reconoce la vida útil limitada que posee el vertedero, el impacto al ambiente de sus operaciones y la inversión sustancial que representan las mejoras al presupuesto del municipio. Además, toma conocimiento de las recomendaciones que hace la ADS encaminadas a estudiar

alternativas para extender la vida útil, aumentar el por ciento de reciclaje, e implantar un programa de composta y de mejoras operacionales.

Sin embargo la nueva política pública, OE-2007-48 enunciada en noviembre de 2007, señala que cualquier expansión a un vertedero existente se permitirá si se considera la jerarquía de manejo de residuos. Esta orden ejecutiva establece la necesidad de implantar programas de desvío que maximicen las operaciones del vertedero mediante la recuperación de materiales que puedan mercadearse y minimicen la disposición y uso del sistema. La orden también es clara al señalar que, previo a cualquier endoso por parte de la ADS, la expansión deberá formar parte del programa *Operación Cumplimiento*.

La expansión del vertedero, tal y como lo propone el municipio, no armoniza con lo establecido en la OE-2007-48, dada la limitación territorial e incapacidad del municipio de llevar a cabo expansiones laterales que garanticen una operación de 20 a 30 años. Conforme a lo antes señalado, entendemos que lo que propone el municipio no es una expansión, según lo establece el POT, sino una maximización en el uso de los terrenos existentes junto con medidas remediativas. Estas mejoras deberán contemplar el cumplimiento con todos los requerimiento para la protección de la salud y el medio ambiente y garantizar las operaciones del sistema.

## **Alternativa 2 – Construcción de un nuevo vertedero y cierre de la instalación existente.**

El Plan Estratégico del municipio de Cayey conocido como *Cayey Ciudad Verde*, (en adelante el Plan), declara cuán urgente es atender la infraestructura de manejo de residuos sólidos en la ciudad. El Plan señala la necesidad de planificar en términos de



capacidad y condición de la infraestructura al año 2040. Para esto considera que la identificación y evaluación de lugares potenciales para la ubicación de una nueva instalación debió comenzar en el 2007.

En estos términos, el Plan identificó un predio de terreno de 200 cuerdas cercanas al vertedero existente las cuales son propiedad del municipio. La OE-2007-48 es determinante en su contenido al declarar como inaceptable la construcción de nuevos vertederos en la Isla dadas sus implicaciones sociales, económicas, ambientales e institucionales que acompañan el establecimiento de una nueva instalación. Ejemplo de esto fueron las experiencias con las propuestas de ubicar nuevas instalaciones en los municipios de Guaynabo y Salinas las cuales tuvieron una oposición tenaz y por tanto fueron descartadas.

Aunque la alternativa posee pocas probabilidades de concretizarse el municipio la mantiene como parte de su plan estratégico al 2040.

### **Alternativa 3 – Cierre del vertedero y operación de una estación de trasbordo.**

Las mejoras programadas con el propósito de maximizar la vida útil del sistema deberán realizarse a corto plazo, de lo contrario el vertedero municipal de Cayey tendrá que cerrar operaciones en un período aproximado de cinco (5) años (ADS, 2004b). El Itinerario Dinámico para Proyectos de Infraestructuras (IDPI) (ADS, 2007a) señala que en el municipio de Cayey se establecerá una estación de trasbordo (ET) para el año 2010. Según el IDPI, la ET propuesta ofrecerá servicios sólo al municipio y su capacidad de manejo será de 130 toneladas de residuos sólidos por día.

#### **Alternativa 4 - Operación del vertedero como un SRS, instalación de una planta de recuperación de materiales (MRF) limpio y actividades de compostaje.**

Esta alternativa requiere que la instalación opere de acuerdo a las exigencias del Subtítulo D de RCRA por el término de vida útil que le resta. Una vez desarrollado el predio, hoy disponible, la alternativa pretende maximizar su uso mediante la reducción en la disposición de residuos. Para esto, la alternativa sugiere la construcción de una planta de recuperación de materiales (MRF) limpio, además de promover actividades de compostaje de tal forma que se incentiven los programas de desvío y permita a la población incorporarse a una cultura de reciclaje.

## **II – Análisis de resultados para las alternativas bajo estudio**

La discusión de alternativas estableció las bases para el análisis de los resultados obtenidos de nuestra primera consulta a un panel de expertos. En esta etapa del proyecto, la ponderación de los criterios económicos, ambientales, sociales e institucionales constituye una parte esencial en la búsqueda de respuestas al problema planteado. A continuación analizamos los resultados del ejercicio que nos conducirán a la selección de nuestro curso de acción.

### **Criterio económico**

La tabla 5 recoge los resultados para el criterio económico y concluye que el cierre del vertedero y la operación de una estación de trasbordo constituyen la mejor alternativa de desarrollo (82 puntos). Por otra parte, la expansión y operación del vertedero como un sistema de relleno sanitario reflejó resultados muy aceptables (74

puntos) que se observan al sumar los subcriterios de costo de capital (40 puntos) y operación (34 puntos). El panel de expertos también entendió que los costos asociados a la construcción y operación de un nuevo vertedero junto con los costos relacionados al cierre de la instalación no constituyen una alternativa que deba auscultar el municipio (24 puntos).

En esta investigación, los eslabonamientos productivos se relacionan a la actividad económica que antecede y resulta de la implantación de una alternativa. La operación del vertedero como un sistema de relleno sanitario de avanzada, además de la incorporación de componentes de recuperación de materiales limpios y preparación de composta figura como la alternativa preferida por el panel (92 puntos). El criterio económico también incorporó aquellos ingresos que pudiesen generarse como parte de la implantación de cualquiera de las alternativas bajo estudio. La alternativa 4 incorporó el subcriterio de ingresos el cual fue considerado y favorecido por los panelistas, al igual que la operación de un nuevo vertedero (26 puntos).

Cuando se totalizan los valores económicos para cada una de las alternativas encontramos que la operación del vertedero como un sistema de relleno sanitario y la incorporación de un programa de desvío mediante la operación de un MRF limpio con elementos de composta (alternativa 4) resultó ser la alternativa preferida por el panel de expertos (152 puntos). Además, la alternativa de cierre y operación de una ET presentó valores significativos (140 puntos) por encima de la expansión (118 puntos) y el nuevo vertedero (98 puntos).

### **Criterio ambiental**

La tabla 6 presenta los resultados para el criterio ambiental. Bajo este criterio los panelistas concluyeron que la alternativa 3 dirigida al cierre del vertedero y la operación de una ET es la alternativa de menor impacto para los subcriterios de aguas subterráneas y superficiales, aire, suelo e impacto visual (206 puntos). La alternativa 4 relacionada a la operación del vertedero con elementos de recuperación de materiales y producción de composta resultó con una puntuación significativa (168 puntos), por lo que merece atención al momento de seleccionar nuestro curso de acción. La alternativa (2), la cual está dirigida a la construcción de un nuevo vertedero obtuvo una puntuación bastante rezagada (106 puntos) si la comparamos con las alternativas 3 y 4.

Finalmente, la alternativa (1) sobre la expansión del sistema estuvo muy por debajo de las demás alternativas (40 puntos) para este criterio.

### **Criterio político-social**

El criterio político-social se compone de los subcriterios de viabilidad política y viabilidad social (Tabla 7). Ambas variables son esenciales al momento de seleccionar nuestra alternativa de desarrollo. De acuerdo a la consulta al panel de expertos, la alternativa 4 relacionada con la operación del vertedero como un SRS, complementado con la tecnología de un MRF limpio y el compostaje de material orgánico resultó ser la opción preferida (100 puntos). Sin embargo, los resultados adjudicados al cierre del vertedero y ubicación de una estación de transferencia obtuvo resultados muy similares (98 puntos). Los panelistas entendieron que ambas alternativas poseen gran potencial de desarrollo desde el ámbito político dada su convergencia con la política pública estatal y los estatutos federales.

En el subcriterio de viabilidad social los panelistas favorecieron la alternativa 4 conducente a la operación del vertedero como SRS y su integración a la recuperación de materiales reciclables y producción de composta, los cuales constituirían proyectos de avanzada en la localidad (108 puntos). De acuerdo al subcriterio esta alternativa tendría gran aceptabilidad comunitaria y beneficios educativos por su convergencia con los esfuerzos de promover una cultura de reciclaje en la municipalidad. Los resultados también demuestran que la alternativa 3 recibió la segunda puntuación más alta (74 puntos), contrario a las alternativas 1 y 2 las cuales recibieron puntuaciones muy reducidas (24 puntos).

### **III - Selección de la mejor alternativa**

De acuerdo al análisis de los resultados a la primera consulta al panel de expertos concluimos que la alternativa 2 queda descartada y que las alternativas 1, 3 y 4 no son excluyentes entre sí. Las implicaciones económicas, ambientales y político-sociales relacionadas a la construcción de un nuevo vertedero, además del cierre del existente, hacen de la alternativa 2 una improbable para el municipio de Cayey. Cuando analizamos las restantes tres (3) opciones nos encontramos que no existe una alternativa definida que pueda seleccionarse sino que permean elementos particulares que proveen fortaleza para la configuración de una alternativa combinada.

En el caso de la alternativa 1, la expansión y operación del vertedero como un SRS por los próximos 15 años, no es probable dada las limitaciones físicas de la instalación y los requerimientos de la política pública actual. Sin embargo, el desarrollo de los terrenos aún disponibles fue considerado aceptable, siempre y cuando la actividad

se dirija al cierre del sistema. Por otra parte, es interesante resaltar que la alternativa 3, tal y como se plantea, fue favorecida en los criterios económicos y ambientales, y no así en el criterio político-social en donde la aceptabilidad comunitaria juega un papel protagónico para la permanencia de las operaciones en los predios que sean cerrados.

La alternativa 3 conllevaría el cierre inmediato del vertedero y el movimiento de la carga de residuos a otra instalación, lo que requeriría que el municipio ponderara los nuevos costos relacionados al acarreo y disposición de residuos. Tal determinación implicaría, no tan sólo realizar las obras de cierre, según requeridas por la reglamentación local y federal sino construir una estación de trasbordo. La alternativa 4, por su parte, presenta resultados muy favorables en los subcriterios de viabilidad política, social y aquellos dirigidos al desarrollo sustentable del lugar.

La operación del vertedero como un SRS implicaría desarrollar los pocos terrenos disponibles conforme a los requisitos reglamentarios y operar la instalación por un tiempo definido. La alternativa también contempla la construcción de una planta de recuperación de materiales limpios (MRF) para minimizar el uso del vertedero y desarrollar actividades de compostaje con el propósito de manejar el residuo orgánico vegetal y extender su vida útil. El análisis de los resultados de las alternativas 1, 3 y 4 nos conduce a estructurar una alternativa combinada que integre las condiciones físicas y operacionales del vertedero y los atributos que poseen cada una de ellas.

De acuerdo a la consulta inicial al panel de expertos, el desarrollo limitado y dirigido al cierre de la instalación, la construcción de tecnologías cónsonas con la política pública establecida y la implantación de medidas que conduzcan a un programa de desvío o minimización en la disposición de residuos resultaron ser los elementos básicos que

deberán conformar la mejor alternativa. Basado en los componentes antes señalados la alternativa seleccionada para el manejo de los residuos sólidos que se disponen en el vertedero municipal de Cayey es la siguiente; *maximizar el uso de la instalación mediante un desarrollo dirigido al cierre, la implantación de tecnologías de transferencia y manejo de residuos.*

Esta alternativa fue sometida a la consideración del panel de expertos mediante una segunda convocatoria que tuvo el propósito de validar los resultados obtenidos en la consulta inicial. La alternativa fue validada según esbozada, sin embargo deberá contener estrategias a corto, mediano y largo plazo que integren el desarrollo de los terrenos disponibles e impactados y atienda criterios económicos, sociales, ambientales y de política pública.

## **CAPÍTULO VI**

### **ESTRATEGIAS Y PLAN DE ACCION**

La maximización en el uso de la instalación mediante un desarrollo dirigido al cierre, la implantación de tecnologías de transferencia y el manejo de residuos constituyen las estrategias que utilizaremos para atender el problema definido en el capítulo anterior. Una vez presentadas las estrategias configuraremos un plan de acción que nos permita precisar el desarrollo futuro de la instalación.

#### **I - Estrategias**

##### **1) Desarrollo dirigido al cierre**

Las operaciones futuras del vertedero municipal de Cayey pueden realizarse mediante el diseño, construcción y operación de un desarrollo dirigido al cierre en cumplimiento con los requerimientos físico-espaciales de un área confinada en la porción sur-suroeste de la instalación. Para esto, y con la ayuda de mapas topográficos y la programación Autocad se calculó la ubicación, polígono, elevaciones y vida útil del predio. De acuerdo a las especificaciones antes señaladas el volumen conceptual del desarrollo propuesto será de siete punto cinco (7.5) cuerdas con 357,520 mts.<sup>3</sup> de espacio (Figura 4).

El desarrollo según propuesto descansaría sobre una pendiente impactada o lo que en términos de ingeniería se conoce como “piggyback”. Esto permitirá la utilización de un espacio de, al menos, una cantidad similar (357,520 mts.<sup>3</sup>), lo que totaliza 715,040 mts.<sup>3</sup> ó 935,237 yds.<sup>3</sup>. A este espacio se le restó un estimado de cubierta diaria de un



20%, lo que resultó en un volumen neto estimado en 748,189 yds.<sup>3</sup>. Algo semejante se construye en el desarrollo de diez (10) cuerdas del SRS privado del municipio de Humacao (Apéndice 12).

Cuando dividimos este volumen entre la cantidad de residuos sólidos municipales, calculado en 101,400yds.<sup>3</sup>/año, obtenemos que el desarrollo conceptual tendrá una duración de siete punto tres (7.3) años. Como mecanismo de contingencia o seguridad se le restó un cinco por ciento (5%) al total de años y concluimos que la operación del desarrollo propuesto en el área sur-suroeste del vertedero municipal de Cayey deberá ocupar un espacio de siete punto cinco (7.5) cuerdas con un período de vida útil de siete (7) años. De acuerdo a los cálculos de la oficina de finanzas del municipio de Cayey, la instalación registró un costo operacional de 1.26 millones de dólares durante el año fiscal 2005-2006, lo que equivaldría a un gasto aproximado de ocho punto ocho (8.8) millones de dólares por la operación del vertedero en los próximos siete (7) años.

Un desarrollo dirigido al cierre requiere de obras de ingeniería que deberán realizarse conforme lo establece la reglamentación de la Junta de Calidad Ambiental y la Agencia de Protección Ambiental Federal. Para realizar un acercamiento económico en esta dirección es necesario establecer los costos de cierre y la extensión territorial sujeta al cierre. Sin embargo, previo a cualquier determinación al respecto es importante señalar que nuestro acercamiento económico no consideró los costos por inflación para las alternativas en estudio. Primero, la construcción de una celda con su revestimiento geosintético y en cumplimiento con el Subtítulo D de RCRA se estima en \$150,000 la cuerda que al multiplicarlo por siete punto cinco (7.5) cuerdas tenemos un costo total de 1.1 millones de dólares.

Segundo, el área activa del vertedero posee alrededor de 20 cuerdas de terreno que sumadas a las 7.5 cuerdas del nuevo desarrollo y una resta de aproximadamente 4 cuerdas del fenómeno “piggyback”, nos deja con un balance de 23.5 cuerdas sujetas a un cierre. Es importante establecer que los costos estimados para el desarrollo y el cierre de una cuerda de terreno bajo el Subtítulo D de RCRA son similares (\$150,000), por lo que el resultado neto serían 3.5 millones de dólares para el cierre total de la instalación. Un último costo significativo en la implantación de un cierre en el vertedero municipal de Cayey es el desplazamiento de una atarjea que hoy día recoge las aguas de la zona noreste a oeste y las conduce por debajo del Expreso PR-52.

De acuerdo al consultor del municipio, los costos para estas obras de ingeniería podrían estar en los \$800,000<sup>9</sup>. Cuando sumamos los costos relacionados a la construcción de la celda (1.1 millones), el cierre total de la instalación (3.5 millones) y la construcción de la atarjea (\$800,000) tenemos un costo total para el cierre del vertedero de cinco punto cuatro (5.4) millones de dólares. De la ponderación económica detallada concluimos que la operación (calculada en 8.8 millones) y el cierre (calculado en 5.4 millones) del vertedero tendrá un costo total de 14.2 millones de dólares al cabo de siete (7) años.

Un escenario distinto, pero muy probable lo es el cierre del vertedero y la disposición de los residuos en otra instalación que cumpla con los requerimientos reglamentarios locales y federales. Si multiplicamos la cantidad de residuos domésticos que recibe la instalación al año por los costos de disposición actual (93,600yds.<sup>3</sup> x \$18.00/yds.<sup>3</sup>) tenemos que al cabo de siete (7) años los gastos por disponer estos residuos en otra instalación ascenderían a 11.8 millones de dólares.

---

<sup>9</sup> Conversación personal con Ing. Juan C. Mercado, Consultor del municipio para la instalación.

Sin embargo, a esta cifra hay que sumarle los costos por acarreo que, por lo regular, es una actividad contratada al sector privado. Para esto, utilizamos como base la generación mensual de residuos sólidos de 7,800 yds.<sup>3</sup>/mes y su transportación en una vagoneta de 43 pies de largo con una capacidad de carga de 55 yardas.<sup>3</sup>. Del ejercicio obtuvimos un total de 142 viajes al mes hasta el vertedero municipal de Ponce (ADS, 2007a).

Si estos 142 viajes al mes los calculamos a razón de \$400.000 por vagoneta tenemos que al término de siete (7) años el municipio se habrá gastado en acarreo de residuos un total de cuatro punto ocho (4.8) millones de dólares. De los datos aquí presentados concluimos que la inversión del municipio de Cayey por disponer las 7,800 yds.<sup>3</sup>/mes durante un período de siete (7) años en otra instalación (11.8 millones), además de los costos por transportación (4.8 millones) y el cierre total de la instalación (3.5 millones) sería de unos 20.1 millones de dólares comparado con el desarrollo dirigido al cierre de 14.2 millones.

Con esto concluimos que un desarrollo dirigido al cierre es económicamente viable, cumple con todos los requisitos de cierre establecidos en el Subtítulo D de RCRA y es cónsono con la política pública enunciada por el gobierno central de no construir más vertederos o expandir los existentes.

## **2) Estación de trasbordo**

El establecimiento de una ET sobre los terrenos impactados de la instalación es muy probable y los costos no necesariamente son onerosos<sup>10</sup>. La investigación identificó

---

<sup>10</sup> Conversación sostenida con el Ing. Juan C. Mercado, Consultor de Municipio

dos (2) áreas con potencial para el establecimiento de la estación de trasbordo según lo propone la ADS para el municipio de Cayey.

La primera se encuentra a la entrada del vertedero cercano a las oficinas administrativas y utilizada hoy día como un taller de embalaje de plástico. Este predio es adecuado por su localización, no obstante su topografía y extensión territorial limitada son elementos que habría que evaluar detenidamente. La segunda ubicación se encuentra en terrenos al noreste del vertedero los cuales el municipio ha considerado expropiar (Municipio de Cayey, 2007; Apéndice 10).

Ambos lugares son predios estables que no se han impactado por la disposición de residuos, no obstante esta segunda opción presenta limitaciones ya que cerca al lugar ubica la comunidad Sector La Grúa quienes pudiesen oponerse a un desarrollo de esta naturaleza. Como parte de este esfuerzo académico nos dimos a la tarea de identificar las ET establecidas en la Isla para proyectar costos y hacer comparables de beneficio a la investigación. Una ET muy cercana y parecida a las condiciones particulares del municipio de Cayey ubica en el municipio de Cidra (Apéndice 15).

Esta ET sirve también al municipio de Aguas Buenas, no obstante concentraremos nuestros esfuerzos en las operaciones privatizadas por la ciudad de Cidra dada su cercanía al vertedero de Cayey. La ET fue construida hace más de 10 años por la ADS a un costo de 1.2 millones de dólares. La misma se encuentra localizada en terrenos contiguos al antiguo vertedero del municipio de Cidra y opera mediante contrato con la compañía Browning Ferris Industries (BFI) de Ponce.

La ET no posee sistema de pesaje y opera al aire libre con tres artefactos eléctricos conocidos como “*Transtor*” que reciben los residuos y los depositan sobre el

camión de transferencia. Esta ET maneja alrededor de 16.5 camiones compactadores de 20 yds.<sup>3</sup> para el municipio de Cidra (330 yds<sup>3</sup> semanales) y utiliza un acarreador privado al cual BFI le paga para transportar los residuos hasta el vertedero municipal de Ponce. El contrato fue renovado en el mes de diciembre de 2007 a un costo de 2 millones de dólares anuales.

Este contrato tiene una vigencia de cinco (5) años e incluye el recogido de los residuos a través del municipio, manejo de la ET, acarreo y disposición en el SRS de Ponce. Dada la convergencia en factores tales como punto de generación, distancia al lugar de disposición y cantidad de residuos generados los acuerdos económicos para Cayey serían comparables a los ofrecidos al municipio de Cidra. Al utilizar como base el contrato existente entre la BFI y el municipio de Cidra concluimos que el municipio de Cayey podría invertir más de 2 millones de dólares anuales en un servicio privatizado desde el punto de generación residencial hasta su disposición en el municipio de Ponce.

Desde la perspectiva ambiental e institucional la ubicación de una ET en el vertedero del municipio de Cayey resultó con puntuaciones muy favorables que fueron validadas durante la segunda consulta al panel de expertos.

### **3) Manejo de residuos**

Al presente, el municipio de Cayey mantiene un programa para el desvío de materiales reciclables tales como el cartón, papel, periódico, plástico, vidrio, aluminio y vegetativo. Cada trimestre del año el municipio desvía un promedio de 125 toneladas de residuos en los renglones de cartón, periódico y plástico. El cartón, por ejemplo, es

recogido a nivel comercial y transportado directamente hasta la compañía Industrial Fiber Corporation (IFCO) en Caguas.

El plástico, por su parte, se recoge a nivel residencial y se transporta hasta un centro de acopio que ubica en la zona urbana del municipio. Desde allí, se acarrea hasta el vertedero en donde se compacta y embala para que la empresa IFCO lo recoja. En el taller de embalaje también se recibe y tritura material vegetativo.

Para los meses de julio y agosto de 2007 se trituraron 202,942 y 334,758 lbs. respectivamente, lo que establece un promedio de 135 toneladas mensuales o 1,600 toneladas anuales. El costo por acarreo y disposición de 1,600 toneladas a otra instalación se estimó en \$115,000 anuales, lo cual constituye un costo evitado para el municipio. Al presente, el triturado no se utiliza, por lo que es almacenado en espera de que se implementen otras etapas de procesamiento que hagan atractivo el mercadeo del material generado.

En vista de esto, es vital que el municipio coordine con la ADS la adquisición de maquinaria de baja tecnología o conforme a la trituración señalada, además del adiestramiento necesario para iniciar un proyecto de producción de composta en el sistema. Dicho proyecto representaría un beneficio al manejo integral de los residuos que recibe la instalación, además del mercadeo o uso a nivel local del producto que se genere. Por otra parte, los materiales ferrosos como la chatarra y equipos electrodomésticos son desviados del flujo normal de los residuos y almacenados al noroeste de la instalación desde donde son recogidos para la exportación.

Las actividades antes señaladas apenas comienzan y encaminan al municipio a incorporar programas de desvío y reciclaje de materiales con el fin de minimizar la

disposición de residuos en la instalación. Con relación a este asunto, el municipio deberá fortalecer su programa de reciclaje y dedicar mayores recursos humanos y económicos. Tal gestión favorecerá de forma significativa la sustentabilidad de una instalación dirigida al cierre y minimizará la carga de residuos a ser transportados hasta otra instalación lo que redundará en un beneficio económico.

## **II – Plan de acción**

Ante el cierre de una instalación que ha operado por los pasados 35 años, el plan de acción que recomendamos se presenta en la Tabla Núm. 8. En la estrategia 1 recomendamos que el municipio de Cayey diseñe y construya un desarrollo dirigido al cierre de 7.5 cuerdas de terreno en la porción sur-suroeste de la instalación. El cierre deberá considerar los requisitos reglamentarios establecidos en el Reglamento para el Manejo de los Desperdicios Sólidos No Peligrosos de la JCA, Regla 565 sobre criterios para el cierre de un vertedero.

Como paso inicial, el municipio deberá reestructurar la Orden por Consentimiento o cualquier otro acuerdo firmado con la JCA y la ADS dirigido a la ejecución de actividades bajo el proyecto *Operación Cumplimiento*. Tal acción tiene el propósito de incorporar en el desarrollo aquellas mejoras pautadas en el plan de cumplimiento sometido a la JCA y encaminadas al control de gases, recolección de lixiviados, monitoría de aguas subterráneas y control de escorrentías, entre otras. Al finalizar el término de tiempo, el municipio habrá cumplido con los acuerdos del proyecto *Operación Cumplimiento* sobre mejoras al sistema y contará con un desarrollo dirigido al cierre con capacidad de siete punto cinco (7.5) cuerdas y una vida útil de siete (7) años.

Un componente crucial en este desarrollo lo es la atarjea existente que cruza la porción sur-suroeste del vertedero la cual deberá relocalizarse con el fin de maximizar el espacio disponible y obtener pendientes a razón de 3:1. Los costos aproximados para la construcción del desarrollo y el desplazamiento de la atarjea alcanzan los 1.9 millones, se podrán llevar a cabo en un término de tiempo de 24 meses y se utilizarán fondos combinados provenientes del municipio y de la ADS.

El desarrollo propuesto le permitirá al municipio desplazar sus operaciones hacia la porción más al sur del vertedero y liberar zonas impactadas con el fin de fortalecer las actividades de trituración de material vegetativo e iniciar la producción de composta. La reglamentación de la ADS establece que el material triturado no puede disponerse en el área de vertido diario de un sistema a menos que se hayan agotado los mecanismos y se muestre evidencia de las gestiones realizadas para mercadear el mismo. Al momento, el vertedero cuenta con una trituradora y un levantador de carga, sin embargo es necesario obtener equipos tales como otra trituradora de mayor capacidad, cernidora, tractor y una volteadora que complementen el equipo existente para la producción de composta. Estimamos que una operación de esta naturaleza tendrá un costo de capital de \$750,000 con un período de implantación de 12 meses.

Al cabo de cinco (5) años, el municipio habrá agotado el 80% del desarrollo dirigido al cierre, contará con un programa de producción de composta e iniciará los trámites con la ADS para la ubicación, diseño y construcción de una Estación de Traslado Híbrida (ETH). Como parte de la estrategia 2 (Tabla 8), la ADS construirá la ETH en los terrenos de la instalación a un costo aproximado de 1.8 millones. Esta construcción tomará alrededor de 24 meses y las operaciones serán motivo de



negociación entre la ADS, el municipio y el sector privado. Al concluir los siete (7) años del desarrollo dirigido al cierre, el vertedero deberá contar con una ETH para la transferencia de sus residuos al vertedero de Ponce, además de poder iniciar los trámites para el cierre definitivo de sus operaciones.

En la Tabla 8 (Estrategia A) recomendamos la construcción de una instalación de recuperación de materiales limpios (MRF) con el fin de fortalecer las actividades de manejo de residuos reciclables (cartón, papel, plástico, vidrio y metales ferrosos). El MRF puede ubicarse justo al lado de la ET para maximizar el uso de las vías de acceso y otros elementos de infraestructura como lo son el agua, energía eléctrica y el servicio de alcantarillado. La entidad responsable de llevar a cabo la construcción y operación será la empresa privada o comunitaria con el interés de desarrollar una industria de tal naturaleza en el vertedero.

En este caso el municipio participaría proveyendo los terrenos necesarios dentro del sistema y en los acuerdos sobre la compraventa o ganancias por el material reciclable mercadeado. Algo semejante ocurriría con el material vegetativo que al presente se tritura en un taller de embalaje (Tabla 8, Estrategia B) y en donde el municipio se comprometería a proveer y acondicionar un predio de terreno para fortalecer dicha actividad. Como parte de la estrategia recomendamos que tanto la trituración como otras etapas necesarias para la producción de composta se trasladen a otros predios impactados fuera de la entrada principal del vertedero.

Un aspecto importante a considerar es que el fortalecimiento de esta estrategia puede realizarse en conjunto con el desarrollo dirigido al cierre para encaminar, temprano en el proceso de cierre, un manejo efectivo del material vegetativo. Esta actividad

también puede canalizarse a través del sector privado o comunitario con beneficios y responsabilidades similares a los planteados con el MRF. Finalmente, para aquellas actividades relacionadas con el manejo de metales ferrosos (Tabla 8, Estrategia C) recomendamos que el municipio reorganice las operaciones de almacenamiento existentes al noroeste del vertedero (Apéndice 14) y provea la infraestructura necesaria (plataforma, dique en cemento, control y recogido de fluidos, etc.) para permitir que la empresa privada pueda compactar y levantar los metales para su acarreo y exportación.

Tanto la infraestructura señalada como el equipo de compactación y acarreo de metales pueden ser parte de los acuerdos contractuales que se lleven a cabo con las partes interesadas en obtener el material. En conclusión, el municipio puede promover el desvío y reciclaje de diversos materiales dentro de la instalación a través de empresas privadas y comunitarias, además de obtener beneficios directos e indirectos del proceso.

## CAPÍTULO VII

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En Puerto Rico se generan 5.56 libras de residuos sólidos por persona diariamente, lo que representa un problema crítico de manejo de cuatro (4) millones de toneladas al año. Para el 1993 se cerraron 34 vertederos y en el 2006 la EPA ordenó el cierre de otras cinco (5) instalaciones dado el pobre manejo de las mismas. El municipio de Cayey posee un vertedero municipal el cual recibe un promedio de 7,800 yds.<sup>3</sup> de residuos domésticos mensuales y los estudios realizados estiman que el sistema agotará su vida útil para septiembre de 2011.

El vertedero ha operado en el Bo. Beatriz por los pasados 35 años en un predio de terreno de 44 cuerdas y el crecimiento horizontal y vertical llega a su fin dada la cercanía a vías primarias tales como el Expreso PR-52 y la Carr. PR-184, comunidades y sectores comerciales. Por otra parte el sistema presenta deficiencias operacionales como resultado de la falta de los diseños requeridos por las agencias reglamentadoras. Entre estos podemos mencionar la carencia de revestimiento geosintético, sistema de recolección de gases, pozos de monitoría y sistemas para el control de escorrentías y lixiviados.

Para poder atender los problemas antes mencionados se desarrolló un plan para el manejo de los residuos sólidos que se disponen en el vertedero municipal de Cayey. Este plan va dirigido a implantar nuevas estrategias de manejo que garanticen las operaciones futuras de la instalación y el cumplimiento con los requerimientos locales y federales. Del análisis a las diferentes alternativas aplicables se concluyó que las mismas no son excluyentes y que, por el contrario, la combinación de estas nos conducen a un manejo

integral de los residuos que recibe la instalación. Por lo tanto, el vertedero deberá enfocar sus esfuerzos en tres (3) estrategias fundamentales; 1) Llevar a cabo un *Desarrollo Dirigido al Cierre*, 2) establecer una estación de trasbordo y 3) manejar los residuos reciclables.

Como medida inmediata, entendemos que el municipio deberá reunirse con la JCA para discutir el estatus y aprobación de su Plan de Cumplimiento y la preparación de una Orden por Consentimiento para realizar mejoras en la instalación. Tal acción daría paso al otorgamiento de fondos por parte de la ADS para subvencionar las mejoras según lo establece el proyecto denominado *Operación Cumplimiento*. Recomendamos, además, que los proyectos *Operación Cumplimiento* y el propuesto *Desarrollo Dirigido al Cierre* sean consolidados dado que ambos persiguen corregir las deficiencias del sistema y cumplir con los requerimientos necesarios.

A corto plazo, recomendamos que el municipio encamine el *Desarrollo Dirigido al Cierre* en 7.5 cuerdas localizadas al sur-suroeste del sistema, esto para maximizar las operaciones y proveer, al menos, unos siete (7) años más de vida útil. Esta estrategia deberá acompañarse con el fortalecimiento de las actividades de trituración de material vegetativo para la producción de composta e incrementar así el por ciento de material desviado en la instalación.

A mediano plazo, la investigación sugirió continuar con los planes trazados por la ADS de construir una estación de trasbordo, sin embargo la misma debería estar disponible al agotarse la vida útil del *Desarrollo Dirigido al Cierre* y no para el 2010 como lo señala el Itinerario Dinámico de la ADS. De esta forma, lograremos una transición organizada desde el momento en que cierre el vertedero hasta que se inicie la

transferencia de residuos a otro sistema.

A largo plazo, recomendamos el fortalecimiento de las actividades de recuperación de materiales limpios que se llevan a cabo en la municipalidad. Esta estrategia busca minimizar los costos por el manejo de los residuos fuera de la instalación y representará un reto para el desarrollo concertado de la infraestructura dados los procesos de planificación e inversión económica que requieren dichas actividades. En este caso recomendamos que se evalúe la imposición de un cargo por disposición de residuos atado a incentivos por segregar materiales reciclables para reducir la generación de residuos, minimizar la disposición, alargar la vida útil del sistema e iniciar un repunte en la economía local basada en el manejo mesurado de los residuos que generan los cayeyanos.

Por otra parte, recomendamos dar participación activa a las comunidades aledañas en las decisiones relativas al desarrollo futuro de la instalación. Además de establecer un acercamiento con la ADS para definir cuál será la política pública aplicable con relación al control de flujo de los residuos en el municipio y pueblos limítrofes de tal forma que las iniciativas propuestas se materialicen.

De no implantarse estas recomendaciones el municipio tendrá que cerrar la instalación, a corto plazo, y negociar de inmediato la construcción de la estación de trasbordo para transferir los residuos a otra instalación. Esto provocaría un impacto económico adverso al presupuesto de la ciudad y no contribuiría con la política pública de promover la jerarquía de manejo dirigida al reciclaje de residuos.

Para enfrentar con responsabilidad un problema de manejo de residuos sólidos es necesaria la apertura y consideración de diversos elementos de complejidad. Como parte

del estudio atendimos las condiciones particulares del sistema, sus fortalezas y oportunidades, y construimos escenarios prácticos y de beneficio para todas las partes. Esperamos que esta investigación contribuya al manejo de los residuos sólidos del municipio de Cayey y que sirva como marco de referencia para otros municipios.

## LITERATURA CITADA

- Autoridad de Desperdicios Sólidos. (1992). Ley para la reducción y el reciclaje de los desperdicios sólidos en Puerto Rico. Ley Núm. 70 del 18 de septiembre de 1992, Vol.1992.
- Autoridad de Desperdicios Sólidos. (1995a). Ley de la Autoridad de Desperdicios Sólidos de Puerto Rico. Ley Núm. 70 del 23 de junio de 1978, según enmendada. 12 LPRA 3101 et. seq.
- Autoridad de Desperdicios Sólidos. (1995b). *Plan regional de infraestructura para el reciclaje y disposición de los desperdicios sólidos de Puerto Rico*. Estado Libre Asociado de Puerto Rico. San Juan.
- Autoridad de Desperdicios Sólidos. (1997). Boletín administrativo núm. OE-1997-18. Estado Libre Asociado de Puerto Rico. San Juan.
- Autoridad de Desperdicios Sólidos. (2001). Boletín administrativo núm. OE-2001-58A. Estado Libre Asociado de Puerto Rico. San Juan.
- Autoridad de Desperdicios Sólidos. (2003). Shaw EMCON/OWT, Inc. & Wehran-Puerto Rico, Inc. *Final report: waste characterization study report executive summary*. Tablas: E-1, E-3, E-4, E-5.
- Autoridad de Desperdicios Sólidos. (2004a). Plan estratégico para el manejo de los residuos sólidos en Puerto Rico. Estado Libre Asociado de Puerto Rico. San Juan.
- Autoridad de Desperdicios Sólidos. (2004b). *Cayey landfill progress report*. Vicenty Heres y Lauria & Malcolm Pirnie, Inc. P 5, 13-14, 17.
- Autoridad de Desperdicios Sólidos. (2004c). Carta del Sr. Guillermo M. Riera, Director Ejecutivo de la ADS al Hon. Rolando Ortiz Velázquez, Alcalde de Cayey, 5 de febrero de 2004.
- Autoridad de Desperdicios Sólidos. (2004d). Boletín administrativo núm. OE-2004-41. Estado Libre Asociado de Puerto Rico. San Juan.
- Autoridad de Desperdicios Sólidos. (2005). Opúsculo sobre el Programa de Asistencia Económica (PAE) y otros incentivos para empresas de reciclaje. Estado Libre Asociado de Puerto Rico. San Juan.
- Autoridad de Desperdicios Sólidos. (2007a). Itinerario dinámico para proyectos de infraestructura documento de política pública. Estado Libre Asociado de Puerto Rico. San Juan.

- Autoridad de Desperdicios Sólidos. (2007b). Boletín administrativo núm. OE-2007-48. Estado Libre Asociado de Puerto Rico. San Juan.
- Autoridad de Desperdicios Sólidos. (2007c). *Guayama firma orden por consentimiento (mayo 2007)*. Extraído diciembre 6, 2007. [http://www.ads.gobierno.pr/secciones/actividades/2007/consentimiento\\_guayama.htm](http://www.ads.gobierno.pr/secciones/actividades/2007/consentimiento_guayama.htm).
- Blakely, J. Edward & Bradshaw, Ted K. (2002). Planning local economic development: Theory & practice. P. 53-55.
- Bosque, P. (2007). Y el gobierno, ¿dónde está?. *El Nuevo Día. La Revista*. p 16, 11 de marzo.
- Campbell Scott & Fainstein Susan S. (2003). Readings in planning theory. *Advocacy and pluralism in planning, chapter 11. Second edition. Blackwell Publishing Ltd. P. 211.*
- Comité Timón de Puerto Rico 2025, Puerto Rico 2025, *Una nueva visión para el futuro de Puerto Rico* (2004), pp 378, 381- 382.
- Davidoff, P. (2003). Readings in planning theory. *Advocacy and pluralism in planning*. P. 210-215.
- Fernández, José M. (1997). Planificación estratégica de ciudades. Editorial Gustavo gili S.A. Barcelona.
- González & Rodríguez, P.S.C. (2003). *Puerto Rico environmental law handbook*, Government Institutes, Third Edition, P. 2.
- Grotke, E. (2006). Alleviating growing pains. *Waste Age* 37 (3): 32-34.
- Junta de Calidad Ambiental. (1982). Resolución y Notificación R-82-6-1, Orden para mostrar causa y otros extremos, DL-80-004-059, 17 de marzo de 1982.
- Junta de Calidad Ambiental. (1984). Orden de cese, desista y cierre, DL-84-004-020, del 19 de octubre de 1984.
- Junta de Calidad Ambiental. (1991). Resolución Caso Núm. R-89-18-1, sobre orden de cese, desista y cierre; estipulación, 3 de febrero de 1991.
- Junta de Calidad Ambiental (1993). Orden de hacer, cese y desista y de cierre (Caso núm. DL-93-08-DI). Estado Libre Asociado de Puerto Rico. San Juan.
- Junta de Calidad Ambiental. (1994). orden administrativa; caso núm: DL-94-DI-022; orden de hacer; 25 de marzo de 1994.
- Junta de Calidad Ambiental. (1997). Reglamento para el manejo de los desperdicios sólidos no peligrosos. Reglamento núm. 5717 de noviembre 14, 1997.



- Junta de Calidad Ambiental. (1999). Ley sobre política pública ambiental de Puerto Rico, Ley núm. 9 del 18 de junio de 1970. 12 LPRA, 1121 et seq.
- Junta de Calidad Ambiental. (2004). Ley sobre política pública ambiental de Puerto Rico, Ley núm. 416 del 22 de septiembre de 2004. <http://www.jca.gobierno.pr/services.htm>. Extraído 19 de julio de 2005.
- Junta de Planificación. (1985). Consulta Núm. 85-70-0883-JGUT, Informe Núm. 85-70-JGUT-614, de 3 de julio de 1985.
- Klosterman, Richard E. (2003). Readings in planning theory. *Arguments for and against planning*. P. 88, 93-94.
- Lex Juris. (2007). Ley de municipios autónomos de Puerto Rico. Ley núm. 81 del 30 de agosto de 1991, según enmendada. <http://www.lexjuris.com>. Extraído 15 de octubre de 2007.
- Lindblom, Charles E. (2003). Readings in planning theory. *The science of "muddling through"*. P. 205.
- López, Diana. (1999). El ambiente y las leyes en Puerto Rico. Publicaciones paraíso, Rincón, Puerto Rico. P.25-27.
- Martínez, Adaliz. (2002). Guía para el desarrollo de un plan de conversión de desperdicios orgánicos en composta para el municipio de Cayey, Puerto Rico. P. 7-8, Figura 1.
- Mercado, Juan C. (2006). Municipality of Cayey: Municipal solid waste landfill facilities existing conditions preliminary evaluation. p 9.
- Miller, C. (2007). Municipal Solid Waste. *Waste Age*. 38 (1): 47-48.
- Municipio de Cayey. (1980). Ordenanza Municipal Núm. 20, Serie 1979-1980, del 28 de enero de 1980, Ordenanza para establecer la necesidad pública de la expansión del actual vertedero y adquisición de terrenos.
- Municipio de Cayey. (1982). Estipulación, DL-80-004-059, Orden para Mostrar Causa y Otros Extremos.
- Municipio de Cayey. (1985). Plan de cierre final vertedero municipal de Cayey, octubre, 1985.
- Municipio de Cayey. (1986). Carta de Luis F. Camacho, Representante Legal del Municipio a la JCA.

- Municipio de Cayey. (1989). Proyecto de mejoras al vertedero municipal de Cayey, Servicios Científicos y Técnicos, Inc., febrero, 1989.
- Municipio de Cayey. (2005). *The strategic plan for the municipality of Cayey*. chapter 2 p 29; chapter 4a p 25.
- Municipio de Cayey. (2006a). Plan de cumplimiento revisado sistema de relleno sanitario municipio de Cayey, 2006.
- Municipio de Cayey. (2006b). Declaración de impacto ambiental estratégica revisada: Plan territorial. P. 7, 25-27.
- Municipio de Cayey. (2007). Plan de reciclaje municipio de Cayey.
- MSW Management. (2006). *Single-stream mfr considerations*. Vol. 16, No. 2, march-april 2006. P. 29, 36.
- Padilla, Salvador M. (1975). Tugwell's Thoughts on Planning. Graduate School of Planning, University of Puerto Rico, 1975. pp. 10-15.
- Rodríguez, F. (2007). Enfrentados por el plan con la basura. *Primera Hora*. p 2-3, 15 de marzo.
- Rohena, Santos. (2006). Compendio de volúmenes versión revisada 2006. *El Manejo de los Desperdicios Sólidos Peligrosos y No Peligrosos Conforme a la Ley RCRA del 21 de octubre de 1976*, según enmendada. P.2.
- Suazo, Vanessa. (2007). Evaluación del plan de desvío y composta del material vegetativo en el barrio San Salvador del municipio autónomo de Caguas, Puerto Rico. P. 21.
- US Census Bureau Population Division. (2005). Annual estimates of the population for United States and for Puerto Rico: April 1, 2000 to July 1, 2005 (NST-EST 2005-01). Extraído marzo, 24, 2007. <http://www.censo.gobierno.pr>.
- US Environmental Protection Agency. (1994). The commonwealth of Puerto Rico adequacy determination of state municipal solid waste permit program. *Federal Register* 59 (56): 13717-13719.
- US Environmental Protection Agency. (1995). *Decision-maker's guide to solid waste management*, second edition, EPA530-R-95-023. Chapter 7, P. 17; Chapter 9, P. 11; Chapter 4, P. 16-20. Chapter 17, P. 7-9.
- US Environmental Protection Agency. (1999). *RCRA statutory overview*. Extraído marzo, 15, 2007. <http://www.epa.gov/osw>.
- US Environmental Protection Agency. (2006a). *RCRA orientation manual*. Extraído marzo 18, 2007. EPA-530-R-06-003.. 1-3 pp. <http://www.epa.gov/osw>.

US Environmental Protection Agency. (2007) Conferencia sobre la transformación de desperdicios en energía. *Transformando desperdicios en energía: Una opción integrada para el manejo de los desperdicios sólidos*. San Juan, Puerto Rico.

Waste Management World. (2004). *High diversion – is it achievable ?*. Review issue july-august 2004-2005. P. 32-35.

## **TABLAS**

Tabla 1

*Generación de residuos sólidos conforme a la proyección poblacional realizada por la Junta de Planificación de Puerto Rico para agosto de 2006 (ADS, 2007a)*

<b>Año</b>	<b>Proyección de población</b>	<b>Desperdicios generados proyectados (tons<sup>2</sup>.)</b>
2006	3,956,003	4,014,156
2010	4,030,152	4,089,395
2015	4,110,528	4,170,953
2020	4,172,242	4,233,574
2025	4,214,387	4,276,338
2030	4,256,441	4,319,011

Tabla 2

*Sistemas de relleno sanitario existentes en Puerto Rico.  
Tomada del Itinerario Dinámico para Proyectos de Infraestructura, página 2-8  
(Autoridad de Desperdicios Sólidos, 2007)*

<b>Nombre del SRS</b>	<b>Dueño</b>	<b>Operador</b>	<b>Municipios utilizando el SRS para disposición</b>
Aguadilla	Municipio	Landfill Technologies	En proceso de cierre
Añasco	Municipio	Municipio	Añasco
Arecibo	Municipio	Landfill Technologies	Arecibo, Camuy, Utuado, Manatí, Lares, Hatillo, Barceloneta
Arroyo	Municipio	L&M Waste	Arroyo, Patillas
Barranquitas	Municipio	Municipio	Barranquitas, Orocovis
Cabo Rojo	Municipio	Landfill Technologies	Cabo Rojo
Carolina	Municipio	Landfill Technologies	Carolina
<b>Cayey</b>	<b>Municipio</b>	<b>Municipio</b>	<b>Cayey</b>
Culebra	Municipio	Municipio	Culebra
Fajardo	Municipio	Landfill Technologies	Fajardo, Luquillo, Ceiba, Loíza, Río Grande, Canóvanas, Naguabo
Florida	Municipio	Waste Disposal Management	Florida
Guayama	Municipio	Carlos Rental Equipment	Guayama

<b>Vertedero</b>	<b>Dueño</b>	<b>Operador</b>	<b>Municipios utilizando el SRS para disposición</b>
Guaynabo	Municipio	Landfill Technologies	Guaynabo
Hormiguero	Municipio	Municipio	Hormiguero
Humacao	Waste Management	Waste Management	Gurabo, Caguas, Humacao, San Juan, Las Piedras, San Lorenzo
Isabela	Municipio	Municipio	Isabela
Jayuya	Municipio	Municipio	Jayuya
Juana Díaz	Municipio	L&M Waste	Juana Díaz, Villalba, Coamo
Juncos	Municipio	Municipio	Canóvanas, Aguas Buenas, (C&D), Trujillo Juncos, San Lorenzo (C&D)
Lajas	Municipio	Municipio	Lajas
Mayagüez	Municipio	Waste Management	Mayagüez, Maricao
Moca	Municipio	Municipio	Rincón, Quebradillas, Moca, San Sebastián, Las Marías, Aguada, Aguadilla
Peñuelas	Waste Management	Waste Management	Industrial
Ponce	Municipio	BFI	Adjuntas, Ponce, Comerío, Aguas Buenas, Cidra
Salinas	Municipio	BFI	Aibonito, Salinas, Cidra
Santa Isabel	Municipio	Municipio	Santa Isabel
Toa Alta	Municipio	Landfill Technologies	Comerío, Corozal, Toa Alta, Naranjito
Toa Baja	Municipio	Landfill Technologies	Bayamón, Cataño, Toa Baja, Morovis, Dorado

<b>Vertedero</b>	<b>Dueño</b>	<b>Operador</b>	<b>Municipios utilizando el SRS para disposición</b>
Vega Baja	Municipio	AR Waste Disposal	Vega Alta, Manatí, Ciales, Vega Baja
Vieques	Municipio	Municipio	Vieques
Yabucoa	Municipio	Landfill Technologies	Yabucoa, Maunabo
Yauco	Municipio	L&M Waste	Yauco, Guánica, San Germán, Sábana Grande, Peñuelas, Guayanilla



Tabla 3

*Plan Integral de Trabajo*  
*Proyecto Operación Cumplimiento*

<b>Fase</b>	<b>Descripción</b>
1	Evaluación de los Sistemas de Relleno Sanitarios (SRS) <ul style="list-style-type: none"><li>- Orientación a municipios y operadores sobre alcance del proyecto</li><li>- Visitas a SRS para evaluar la condición operacional y de cumplimiento</li><li>- Informe de inspección para cada SRS</li><li>- Establecer prioridad de intervención</li></ul>
2	Orden administrativa para cada SRS <ul style="list-style-type: none"><li>- Preparación de Orden Administrativa para requerir Plan de Cumplimiento</li><li>- Expedición de Orden Administrativa</li><li>- Radicación de Plan de Cumplimiento</li><li>- Evaluación de Plan de Cumplimiento</li></ul>
3	Implantación Plan de Cumplimiento <ul style="list-style-type: none"><li>- Coordinación de asistencia técnica y financiera</li><li>- Ejecución de actividades programadas</li></ul>
4	Evaluación de la Implantación <ul style="list-style-type: none"><li>- Evaluación de informes de progreso</li><li>- Visitas de corroboración y seguimiento por la JCA y la ADS</li></ul>

Tabla 4

*Nuevas Estaciones de Traslado para el Caso Base  
Tomada del Itinerario Dinámico para Proyectos de Infraestructura, página 5-20  
(Autoridad de Desperdicios Sólidos, 2007)*

<b>Ubicación</b>	<b>Capacidad Inicial de Rendimiento Total (tdp) 1</b>	<b>Año de Inicio</b>	<b>SRS cerrados que serán servidos por la Estación de Traslado</b>	<b>Desperdicios Transferidos a:</b>
Aguadilla	750	2007	Aguadilla y Moca	Cabo Rojo / Nuevo Peñuelas
Mayagüez	250	2011	Mayagüez y Hormigueros	Nuevo Peñuelas / noroeste WTE
San Germán/Lajas	350	2014	Cabo Rojo y Lajas	Nuevo Peñuelas
Juana Díaz	190	2026	Juana Díaz	Yauco
<b>Cayey</b>	<b>130</b>	<b>2010</b>	<b>Cayey</b>	<b>Ponce</b>
Vieques	30	2028	Vieques	Fajardo
Culebra	20	2008	Culebra	Fajardo
Toa Baja	1,900	2007	Toa Baja y Toa Alta	Humacao / noreste WTE
Guaynabo	350	2007	Guaynabo	Humacao / noreste WTE
Barranquitas	100	2008	Barranquitas	Ponce
Carolina	300	2015	Carolina	Humacao / noreste WTE
Arecibo	1,000	2012	Arecibo y Florida	Nuevo Peñuelas / noroeste WTE

Tabla 5

*Alternativas de manejo de residuos sólidos para el vertedero municipal de Cayey  
(Criterio Económico)*

<b>Criterio económico para valorizar las alternativas</b>	<b>Alternativas seleccionadas</b>			
	<b>Alternativa 1</b>	<b>Alternativa 2</b>	<b>Alternativa 3</b>	<b>Alternativa 4</b>
	Expansión y operación como SRS* por 15 - 20 años	Nuevo SRS (Implica cierre del vertedero existente)	Cierre del vertedero y operación de una ET**	Operación como SRS MFR*** limpio y compostaje (en o fuera del SRS)
<b>Impacto económico</b>	74	24	82	60
Menor costo de capital	40	6	36	36
Menor costo de operación	34	18	46	24
Eslabonamientos productivos	44	74	58	92
Anteriores	14	28	26	26
Posteriores	10	20	16	40
Ingresos (Tipping Fee)	20	26	16	26

\*SRS – Sistema de Relleno Sanitario (según RCRA)  
\*\* ET – Estación de trasbordo  
\*\*\*MFR – Instalación para la recuperación de materiales

Tabla 6

*Alternativas de manejo de residuos sólidos para el vertedero municipal de Cayey  
(Criterio Ambiental)*

<b>Alternativas seleccionadas</b>				
<b>Criterio ambiental para valorizar las alternativas</b>	<b>Alternativa 1</b>	<b>Alternativa 2</b>	<b>Alternativa 3</b>	<b>Alternativa 4</b>
	Expansión y operación como SRS* por 15-20 años	Nuevo SRS (Implica cierre del vertedero existente)	Cierre del vertedero y operación de una ET**	Operación como SRS MFR*** limpio y compostaje (en o fuera del SRS)
<b>Desarrollo sustentable (Eje ambiental)</b>	40	106	206	168
Menor impacto a las aguas superficiales y subterráneas	10	32	50	48
Menor impacto al aire	10	22	52	42
Menor impacto al suelo	8	26	54	40
Menor impacto visual	12	26	50	38

\*SRS – Sistema de Relleno Sanitario (según RCRA)  
\*\* ET – Estación de trasbordo  
\*\*\*MFR – Instalación para la recuperación de materiales

Tabla 7

*Alternativas de manejo de residuos sólidos para el vertedero municipal de Cayey  
(Criterio Político-Social)*

<b>Criterio político-social para valorizar las alternativas</b>	<b>Alternativas seleccionadas</b>			
	<b>Alternativa 1</b>	<b>Alternativa 2</b>	<b>Alternativa 3</b>	<b>Alternativa 4</b>
	Expansión y operación como SRS* por 15-20 años	Nuevo SRS (Implica cierre del vertedero existente)	Cierre del vertedero y operación de una ET**	Operación como SRS MFR*** limpio y compostaje (en o fuera del SRS)
<b>Viabilidad política</b>	36	32	98	100
Convergencia con política pública estatal	16	8	48	50
Convergencia con estatutos federales	20	24	50	50
<b>Viabilidad social</b>	24	24	74	108
Aceptabilidad comunitaria	18	14	48	48
Educación (Inserción en una cultura de reciclaje)	10	14	32	60

\*SRS – Sistema de Relleno Sanitario (según RCRA)  
\*\* ET – Estación de trasbordo  
\*\*\*MFR – Instalación para la recuperación de materiales

Tabla 8

Plan de acción para el manejo adecuado de los residuos sólidos que recibe el vertedero municipal de Cayey

**Estrategia 1** - Desarrollar 7.5 cuerdas de terreno en la porción sur-suroeste de la instalación dirigidas al cierre del vertedero.

<b>Fase</b>	<b>Entidad Responsable</b>	<b>Equipo</b>	<b>Tiempo</b>	<b>Costos</b>	<b>Fuentes de Financiamiento/ Asistencias económicas e incentivos contributivos</b>
Construcción	Municipio	-----	24 meses	1.8 millones	Municipio Bonos AFICA del Banco Gubernamental de Fomento
	ADS	-----	-----	-----	Asignación de hasta \$ 400,000 para mejoras a través del proyecto <i>Operación Cumplimiento</i>
Operación	Municipio	Según disponible en el municipio	7.5 años	7.5 años x 1.26 millones anuales = 11.3 millones	Municipio

**Estrategia 2 – Establecer una Estación de Traslado (ET)**

<b>Fase</b>	<b>Entidad Responsable</b>	<b>Equipo</b>	<b>Tiempo</b>	<b>Costos</b>	<b>Fuentes de Financiamiento/ Asistencias económicas e incentivos contributivos</b>
Construcción de ET bajo techo	ADS (Los terrenos serán provistos por el Municipio)	-----	24 meses	1.8 millones	Línea de crédito de la ADS
Operación de la ET	Empresa privada	Provisto por la empresa privada	-----	-----	Empresa privada

**Estrategia 3A** – Fortalecer las actividades de manejo de residuos reciclables existentes en el vertedero (actividades conducentes al manejo de cartón, papel, plástico y metales no ferrosos)

<b>Fase</b>	<b>Entidad Responsable</b>	<b>Equipo/ Infraestructura</b>	<b>Tiempo</b>	<b>Costos</b>	<b>Fuentes de Financiamiento/ Asistencias económicas e incentivos contributivos</b>
Construcción y operación de una instalación de Recuperación de Materiales limpios (MRF's) junto a la ET con una capacidad de procesamiento proyectada de 50 tons./diarias	Empresa privada o comunitaria  (El municipio proveerá los terrenos)	Provisto por la empresa privada	24 meses (El mismo tiempo que toma la construcción de la ET)	\$700,000	Empresa privada o comunitaria (Coordinará con la ADS y el municipio la construcción junto a la ET)  Exención contributiva  Garantías de Préstamos  Venta de materiales  Tarifa de disposición (Tipping Fee)



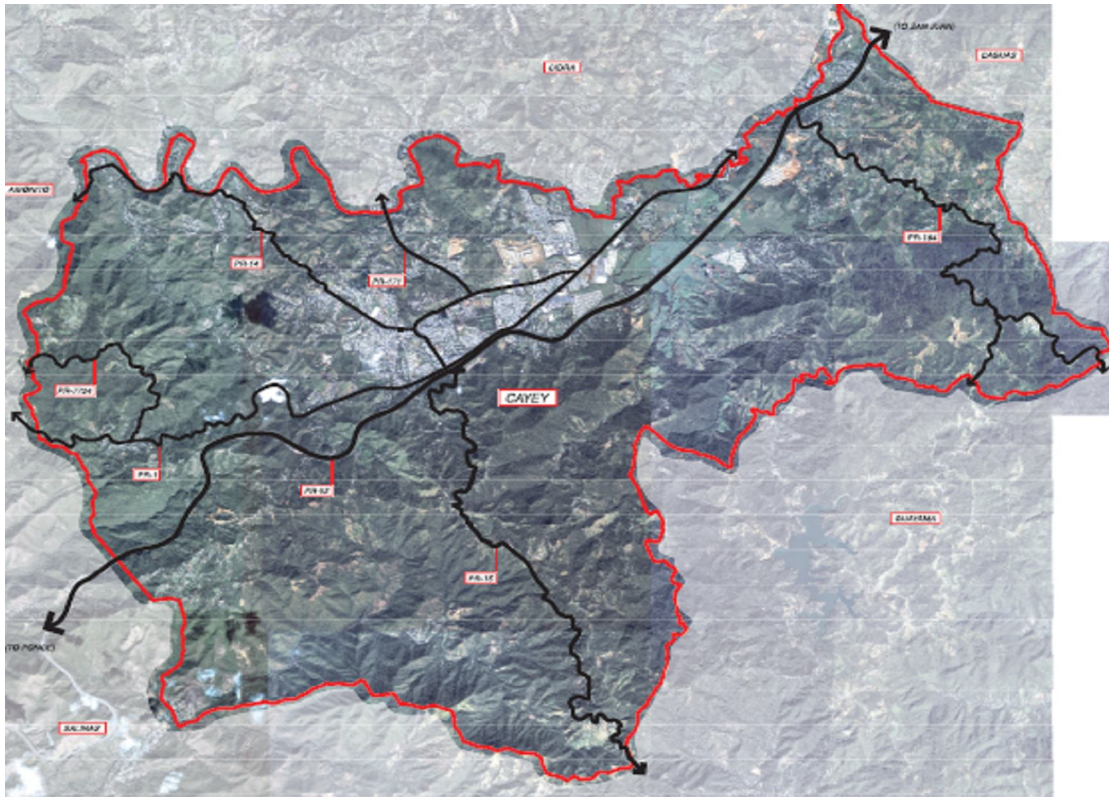
**Estrategia 3B** – Fortalecer las actividades de manejo de residuos reciclables existentes en el vertedero (actividades conducentes al manejo del material vegetativo para la producción de composta)

<b>Fase</b>	<b>Entidad Responsable</b>	<b>Equipo</b>	<b>Tiempo</b>	<b>Costos</b>	<b>Fuentes de Financiamiento/ Asistencias económicas e incentivos contributivos</b>
Construcción (El municipio construirá o acondicionará un área dentro del vertedero)	Municipio	-----	12 meses	\$150,000	Asignación de fondos del PAE de la ADS
Operación	Empresa privada o comunitaria	Equipo de procesamiento provisto por la empresa privada  (Top Grinder, Scarab, cernidor y equipo para la producción de viruta)	-----	\$780,000	Exención contributiva  Créditos contributivos por inversión  Garantías de Préstamos  Venta de materiales  Tarifa de disposición (Tipping Fee)

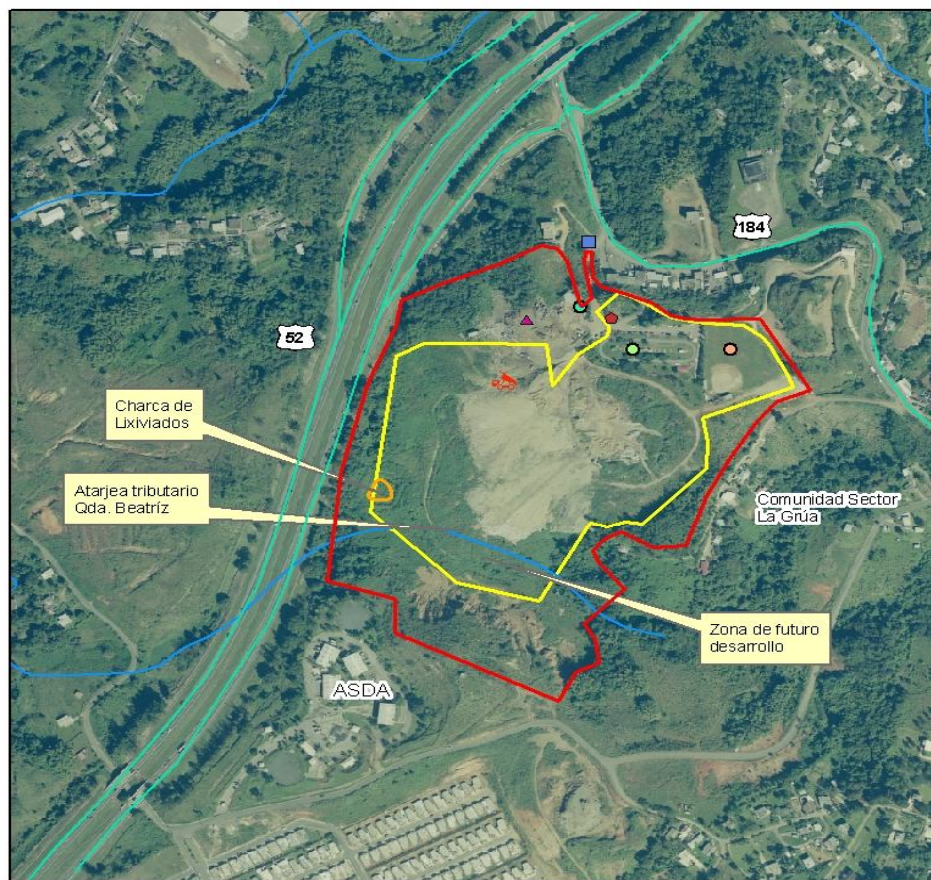
**Estrategia 3C** – Fortalecer las actividades de manejo de residuos reciclables existentes en el vertedero (actividades conducentes al manejo de metales ferrosos tales como chatarra y enseres electrodomésticos)

<b>Fase</b>	<b>Entidad Responsable</b>	<b>Equipo</b>	<b>Tiempo</b>	<b>Costos</b>	<b>Fuentes de Financiamiento/ Asistencias económicas e incentivos contributivos</b>
Construcción	Municipio (designará terrenos dentro del vertedero para el almacenamiento)	-----	6 meses	-----	-----
Operación	Empresa privada	Equipo móvil para compactación propiedad de la empresa	-----	No habrá costos de manejo para el municipio	El material reciclable será propiedad de la empresa privada. El municipio podrá negociar con la empresa privada para recibir una remuneración por la entrega de metales ferrosos

## **FIGURAS**



*Figura 1.* Municipio de Cayey y territorios colindantes. Tomado del Plan Estratégico Cayey Ciudad Verde, Capítulo 1, Página 3.



Vertedero Municipal de Cayey

**Leyenda**

- Entrada
- ⬠ Oficina
- ⚡ Area de tiro
- Taller de embalaje

- ▲ Area de chatarra
- Parque de pelota
- Pista

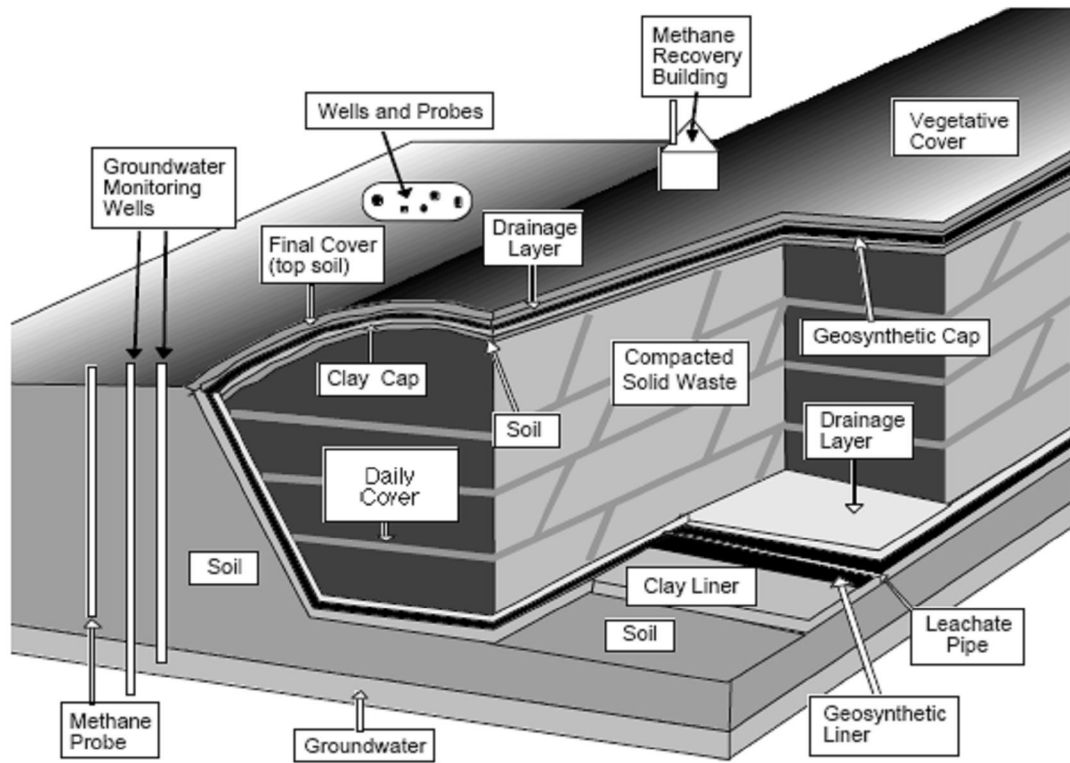
- Quebrada
- ▭ Polígono ADS
- ▭ Polígono investigación

0 15 30 60 Meters



Figura 2. Mapa del vertedero municipal de Cayey. El polígono en amarillo muestra los límites colindantes según la ADS. El polígono en rojo surge como parte de nuestra investigación y toma de coordenadas en compañía del gerente del sistema.

Schematic of a Typical Municipal Solid Waste Landfill



Source: P. O'Leary and P. Walsh, University of Wisconsin-Madison Solid and Hazardous Waste Education Center, reprinted from *Waste Age* 1991-1992

*Figura 3.* Consideraciones para el diseño de un Sistema de Relleno Sanitario bajo el Subtítulo D de RCRA. Tomado del *Decision-Maker's Guide to Solid Waste Management*, EPA, 1995).



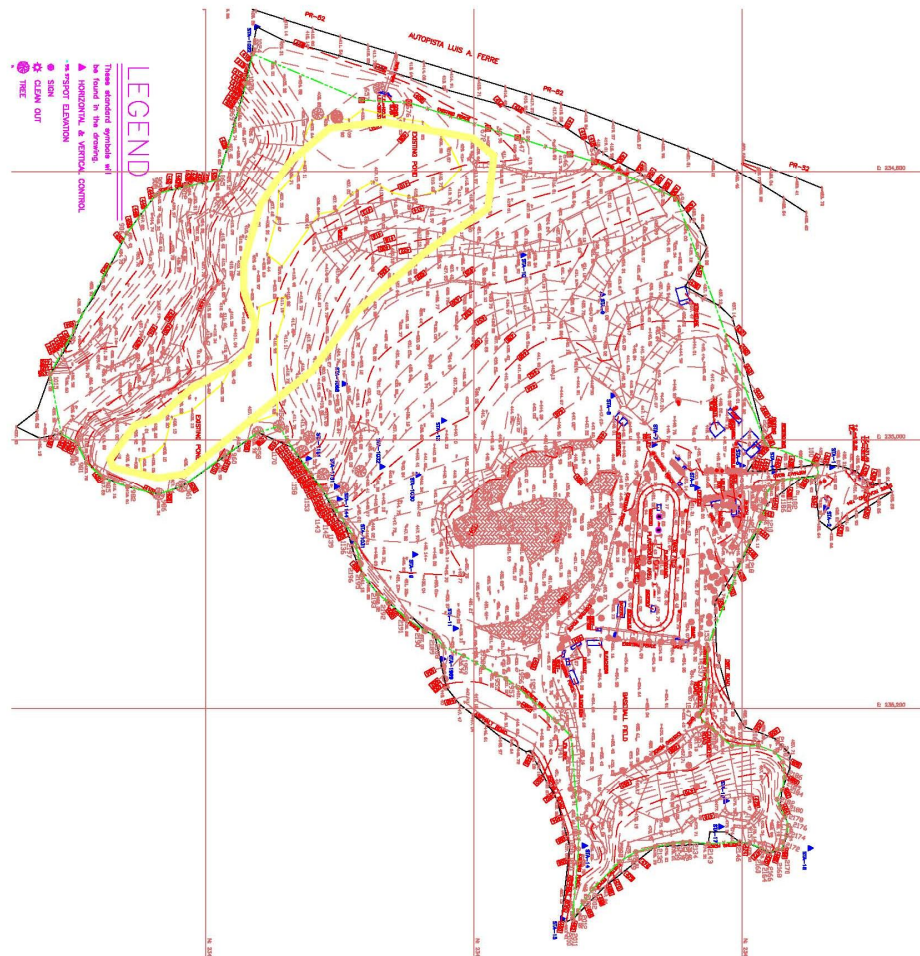


Figura 4. Representación gráfica del desarrollo dirigido al cierre preparada en Autocad. La delineación en color amarillo presenta los terrenos aptos para realizar los trabajos de desarrollo en cumplimiento con los requerimiento físicos y ambientales del área.

## **APÉNDICES**



## Apéndice 1

*Entrevista preparada al Oficial Administrativo del vertedero municipal de Cayey como parte de la investigación de tesis en planificación ambiental titulada; **Plan para el manejo de los residuos sólidos que recibe el vertedero municipal de Cayey, Puerto Rico.***

### Procedimiento:

- La entrevista se llevará a cabo en las oficinas administrativas del gerente del sistema localizadas a la entrada del vertedero municipal, Bo. Beatriz, Cayey. Se le presentará la Hoja de Consentimiento Informado, que deberá ser firmada para realizar la misma. La información será mantenida tan confidencial como sea posible por ley.
- Las preguntas estarán relacionadas con su labor como profesional administrativo y ambiental que consiste en administrar las operaciones del vertedero conforme a los requerimientos municipales y reglamentarios de las agencias fiscalizadoras. La misma se grabará para facilitar la transcripción de las notas, y será archivada por un período de cinco (5) años, luego tanto la grabación, notas o memorias serán destruidas.

### Preguntas:

- 1) ¿ En qué consiste el proyecto? Describa el diseño, construcción y las labores que se realizan en la instalación.
- 2) Señale si la instalación posee un Plan para el Manejo de Residuos Sólidos (Plan de Operación) y Plan de Reciclaje. ¿ Se contemplan las actividades que lleva a cabo la instalación actualmente en estos planes de trabajo?.
- 3) Mencione las características o composición físicas de los residuos sólidos que recibe la instalación.

- 4) ¿ Recopila la instalación estadísticas diarias de los residuos que recibe?. Establezca si las mismas son en volumen o peso y permita la revisión de la información para el año 2007.
- 5) ¿Posee la instalación actividades de reciclaje?. ¿ Qué tipo de residuos son reciclados? ¿Qué instalaciones externas figuran como destinatarias finales para el material reciclado?. Ofrezca estadísticas del material reciclado para el año 2007.
- 6) ¿ Estima usted que la vida útil del sistema es cónsona con lo que establecen los estudios realizados por las agencias del gobierno? ¿ Qué alternativas considera usted viables para continuar operando el sistema conforme a los requerimientos establecidos?.
- 7) ¿ Ha realizado el municipio algún estudio dirigido a privatizar los servicios que ofrece la instalación, modificar o cerrar sus operaciones?.
- 8) ¿ Cuáles son las fortalezas y oportunidades que presenta la instalación para su futuro desarrollo?.

## Apéndice 2

*Entrevista preparada a la Directora de la Oficina de Planificación del Municipio de Cayey como parte de la investigación de tesis en planificación ambiental titulada; **Plan para el manejo de los residuos sólidos que recibe el vertedero municipal de Cayey, Puerto Rico.***

### Procedimiento:

- La entrevista se llevará a cabo en la Oficina de Planificación del municipio localizada en la Carr. #14, salida de Cayey a Aibonito, Cayey, PR. Se le presentará la Hoja de Consentimiento Informado, que deberá ser firmada para realizar la misma. La información será mantenida tan confidencial como sea posible por ley.
- Las preguntas estarán relacionadas con su labor como profesional en el campo de la planificación y aspectos administrativos relacionados con la infraestructura (manejo de los residuos sólidos) y los planes estratégicos para las operaciones del vertedero. La misma se grabará para facilitar la transcripción de las notas, y será archivada por un período de cinco (5) años, luego tanto la grabación, notas o memorias serán destruidas.

### Preguntas:

- 1) ¿Cuál entiende usted es la diferencia entre un vertedero y un sistema de relleno sanitario? ¿Perciben los administradores del municipio el cambio significativo del cual son objeto los vertederos desde que entraron en vigor los nuevos requerimientos en el 1993?.
- 2) ¿Cuáles son las fortalezas y oportunidades (limitaciones) que el municipio ha detectado para el futuro desarrollo de su vertedero?.

- 3) El Plan Estratégico del Municipio de Cayey propone la ubicación de un nuevo vertedero cerca a la instalación existente. En vista del dinamismo de los planes estratégicos en el desarrollo de una ciudad ¿ Considera usted que aún un nuevo vertedero representa la alternativa práctica para el manejo de los residuos sólidos en el municipio? ¿Porqué?.
- 4) En cuanto a la organización del territorio ¿ Qué propone el Plan de Ordenamiento Territorial del municipio, si algo, para garantizar una infraestructura de manejo adecuado de residuos para los próximos 20-30 años?.
- 5) La modificación en las operaciones del vertedero; construcción de un nuevo sistema; la implantación de nuevas tecnologías y hasta el cierre del vertedero requerirán una inversión significativa de capital. ¿ Estima usted que el municipio posee la capacidad económica para asumir la responsabilidad que representa manejar un sistema conforme a los requisitos reglamentarios existentes?. De no ser así, ¿ Qué alternativas auscultaría el municipio para atender el asunto?.
- 6) ¿ Está consciente el municipio de la nueva política pública (OE-2007-48) enunciada por el gobierno de Puerto Rico relacionada al manejo de residuos sólidos en los vertederos y el impacto económico a sus operaciones? ¿ Ha considerado el municipio propiciar actividades de reciclaje que permitan afrontar o subvencionar dichos costos ?
- 7) ¿ Qué opina usted de la política pública del gobierno de Puerto Rico de establecer una estación de trasbordo en el municipio de Cayey? ¿ De qué forma afecta tal decisión a los planes esbozados por la municipalidad?.
- 8) ¿ Ha realizado el municipio algún estudio dirigido a privatizar los servicios que ofrece la instalación, modificar o cerrar sus operaciones?.

### Apéndice 3

*Este documento representa la aprobación de la Oficina de Cumplimiento de la UMET para llevar a cabo el proceso de entrevistas una vez cualificada la investigación por la institución.*

**AGUMS Office of Regulatory Compliance  
Institutional Review Board (IRB)**

**Date:** December 7, 2007

**Protocol Number:** 01-071-07

**Principal Investigator/Student:** Israel Torres Rivera

**Department / Division:** Universidad Metropolitana-Escuela de Asuntos Ambientales

**Mentor:** Carlos Padín Bibiloni, Ph. D.

**Title:** *Plan para el manejo adecuado de los residuos sólidos que recibe el vertedero Municipal de Cayey, Puerto Rico.*

This is to certify that the above referenced research proposal/protocol received by the Research Compliance Office was Screened and Reviewed this type of research qualifies for Expedited Review under FDA and OHRP regulation. This confirms that your application was full approved at the Institutional Review Board meeting on December 7, 2007. After the completions of the study remember fill out the form #4 "Closure Form".

This action involves:

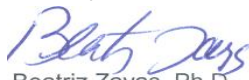
- |  |   |
|--|---|
| <input checked="" type="checkbox"/> New proposal/project                   | <input type="checkbox"/> Amendment              |
| <input type="checkbox"/> Waiver of Consents                                | <input type="checkbox"/> Adverse Events         |
| <input type="checkbox"/> Continuing Review of Previously Approved Protocol | <input type="checkbox"/> Serious Adverse Events |
| <input type="checkbox"/> Protocol Amendment                                |   |

The following documents were reviewed under this submission:

- |  |   |
|--|---|
| <input checked="" type="checkbox"/> Protocol   | <input checked="" type="checkbox"/> Human Subject Certified |
| <input type="checkbox"/> Assent Document<br>English and Spanish Version                      | <input type="checkbox"/> Investigator Brochure              |
| <input checked="" type="checkbox"/> Informed Consent Document<br>English and Spanish Version | <input type="checkbox"/> Authorization Letter               |
| <input type="checkbox"/> Letter of Amendment   | <input checked="" type="checkbox"/> Informative Sheet       |
| <input checked="" type="checkbox"/> Survey Instrument  | <input checked="" type="checkbox"/> Curriculum Vitae        |
| <input type="checkbox"/> Package Insert  | <input checked="" type="checkbox"/> HIPAA Certified         |
| <input type="checkbox"/> Advertisement   | <input type="checkbox"/> FDA #1572                          |
|  | <input checked="" type="checkbox"/> RCR Certified           |
|  | <input type="checkbox"/> Others:                            |

You may conduct your study as submitted for a period of one year up to December 7, 2008. Contact the Office of Research Compliance (787)751-0178 ext 7218, if you have any questions or require further information.

Cordially,



Beatriz Zayas, Ph.D.  
IRB Member

## Guía Informativa al Panel de Expertos

### I - Aspectos significativos a considerarse en la evaluación de las alternativas propuestas para el vertedero de Cayey

#### A) Aspectos generales

- El municipio de Cayey ubica en la región central-este, región que ha tenido un aumento significativo de 10.54% del total de la población de Puerto Rico. De acuerdo al Censo poblacional del 2000, Cayey tenía una población de 47,370 y las proyecciones para el próximo Censo lo colocan sobre los 55,000 habitantes.
- Su instalación para el manejo de residuos sólidos ha operado por más de 30 años en el Bo. Beatriz de Cayey. Colinda al oeste con el expreso 52, al norte con la Carr. 184 y porción cerrada del sistema, al este con un área residencial y al sur con una porción limitada de terreno considerada para una posible expansión.
- Opera en un predio de aproximadamente 44 cuerdas. Se estima que se han utilizado unas 30 cuerdas del predio total.
- Es propiedad, operado y recibe sólo residuos del municipio. Los costos por disposición de residuos domésticos es de \$12.00 yd.<sup>3</sup>; escombros \$16.00 yd.<sup>3</sup> y escombros de construcción \$30.00 yd.<sup>3</sup>
- De acuerdo al estudio de Wheran, 2003 la instalación recibe 558 ton./semanales de residuos. Los renglones de mayor significado en la composición total general de residuos sólidos para el vertedero de Cayey es de 24% papel de baja calidad; 16% orgánico putrescible 7% papel de alta calidad; 7% jardinería, 7% vidrio, 7% plásticos #3-7, 5% metales ferrosos y 4% aluminio (Martínez, 2002).
- El estudio de vida útil de Vicenty Heres & Lauria estimó que al 2004 su capacidad de recepción de residuos se limitaba a 7.2 años. Tal proyección permitiría al municipio operar en el lugar hasta el mes de septiembre del 2011.

#### B) Condiciones topográficas de la instalación

- **Vertedero activo**
  - Extensión territorial de 22 cuerdas al lado oeste de la propiedad.
  - Alcanza una elevación de 454 metros.
  - Posee pendientes trabajadas a razón de 2:1
- **Vertedero cerrado**
  - Extensión territorial de 11 cuerdas al noreste del vertedero activo.
  - Topografía mayormente plana que alcanza una elevación de 450 metros. La esquina noreste de la propiedad es el punto más elevado del sistema con 479 metros.

- En el lugar se construyeron instalaciones deportivas tales como parque de pelota y pista de campo traviesa.
- **Área de desarrollo**
  - Extensión territorial de 11 cuerdas al sur del vertedero activo. De estas, 8.8 cuerdas pudiesen utilizarse para expandir el sistema. Sin embargo, el estudio de Vicenty Heres & Lauria entiende que el desarrollo de actividades en la instalación están limitadas a realizar mejoras al área existente, por lo que sugiere que las 8.8 cuerdas sean utilizadas para el control de las aguas de escorrentías.
  - El predio alcanza elevaciones desde los 410 a 454 metros.
  - Se calcula que la instalación tiene una capacidad de recepción disponible de 355,681m<sup>3</sup> (Vicenty Heres & Lauria, 2004).

### **C) Condiciones ambientales**

- El vertedero carece de controles fundamentales para la operación de un Sistema de Relleno Sanitario según lo establece la reglamentación local y federal. Entre estos podemos mencionar los siguientes; sistema para la monitoría de las aguas subterráneas; sistema para el control de las aguas superficiales y escorrentías; sistema para la recolección de lixiviados; sistema para el control de gases, y revestimiento geosintético.

### **D) Operación del sistema**

- Las operaciones de recibo, esparcido, compactación y soterrado de los residuos se llevan a cabo de 7:00 AM a 4:00 PM. Dichas labores se realizan con limitada disponibilidad de equipo pesado. El vertedero cuenta con la siguiente infraestructura para operar; electricidad, agua, teléfono y tanque séptico. También posee un pequeño taller de embalaje de plástico a la entrada de la instalación.

### **E) Política Pública (Aspectos relevantes)**

- La política pública enunciada a través de la OE-2001-58A y una nueva orden del 2007, que derogaría esta, establecen que las expansiones se permitirán, siempre y cuando consideren la jerarquía de manejo de residuos (programas de desvío), que la instalación tenga la capacidad para operar por los próximos 20 a 30 años, que demuestren capacidad financiera para cerrar el vertedero y que ofrezcan servicio a más de un municipio.
- Establece, además, que la expansión de los vertederos no armoniza con nuestra limitada extensión territorial.
- Por otra parte se señala que las expansiones se endosarán solamente si forman parte del Programa Operación Cumplimiento de la JCA y la ADS.

- El Plan Estratégico del municipio, por su parte, advierte sobre la necesidad de atender el asunto inmediatamente y propone una nueva instalación cercana a la existente. Sin embargo, la política pública promulgada por el gobierno de Puerto Rico no endosará vertederos de nueva creación. Esto implicaría llevar a cabo los arreglos financieros y ambientales necesarios para cerrar el vertedero existente conforme a los estatutos locales y federales.
- La ADS, a través de su Plan Estratégico para el Manejo de los Residuos Sólidos (PEMRS) entiende que la ubicación de una Estación de Tránsito en el vertedero resolvería el problema de manejo de residuos sólidos en el municipio de Cayey.

**F) Programa de reciclaje del Municipio de Cayey**

- El Municipio de Cayey cuenta con varios programas activos de reciclaje. Los materiales recuperados son transportados a diferentes centros de acopio y reciclaje en la isla. Entre los materiales reciclables se encuentran el papel, periódico, cartón, guías telefónicas y plástico (IFCO), vidrio (Owens), aluminio y baterías (Borinquen Metals), aceites (Martínez Oil Collection) y neumáticos (Rema).
- Tanto las oficinas como el centro de depósito comunitario “drop-off” se encuentran localizados en el estacionamiento del Edificio Coliseo Municipal Luis Raúl “El Rolo” Colón (Cancha Bajo Techo.) en la Carr. #1, Barrio Montellano de Cayey.
- Posee un programa de recogido de materiales reciclables con un itinerario semanal definido para 14 comunidades (1,922 unidades de vivienda).
- A nivel gubernamental se le presta servicio a 39 dependencias estatales y federales. La recuperación en el sector escolar se limita a siete (7) planteles escolares y en el sector privado el municipio mantiene 272 comercios participando.

**II – Alternativas**

A continuación presentaré las alternativas consideradas para la ejecución de este esfuerzo académico. Intento, además, presentarle al Panel de Expertos información específica de las alternativas para que sirva como guía al valorizar los criterios.

<p><b>Alternativa 1</b>          Expansión y operación como SRS* por 15-20 años.           (presentada por el municipio)</p>	<p>En esta alternativa se pretende continuar con las operaciones del vertedero tomando en consideración todos los requisitos necesarios para operar un sistema de relleno sanitario, esto según lo establece la reglamentación local y federal. Entiéndase instalar un sistema para la monitoría de las aguas subterráneas; sistema para el control de las aguas superficiales y escorrentías; sistema para la recolección de lixiviados; sistema para el control de gases, revestimiento geosintético, entre otros.</p>
--	--



<p><b>Alternativa 2</b>          Construcción y operación de un nuevo SRS*.           (presentada por el Plan Estratégico del municipio)</p>	<p>La alternativa 2 implicaría el cierre de la instalación existente y el diseño, construcción y operación de un Sistema de Relleno Sanitario cercano al vertedero actual. Dicho sistema cumpliría con todos los requerimientos establecidos en la reglamentación local y federal según descritos en la alternativa 1.</p>
<p><b>Alternativa 3</b>          Cierre del vertedero y operación de una ET**           (presentada por la ADS en su Itinerario Dinámico)</p>	<p>Esta alternativa considera el cierre del vertedero según los requerimientos reglamentarios y el establecimiento, en el lugar, de una planta de trasbordo para el recibo de sobre 558 toneladas de residuos sólidos y posterior transferencia a una instalación de procesamiento fuera del municipio.</p>
<p><b>Alternativa 4</b>          Operación como SRS MFR*** limpio y compostaje (en o fuera del SRS)           (presentada por el Sr. Israel Torres, investigador)</p>	<p>La alternativa 4 pretende, de acuerdo a los requerimientos reglamentarios, continuar con las operaciones del vertedero y reducir la disposición de residuos. Para esto, la alternativa propone establecer una planta para la recuperación de materiales limpios y compostar material vegetativo con baja tecnología, esto conforme a la composición total general de residuos sólidos para el vertedero de Cayey (ver inciso I-A).</p>
<p>*Sistema de Relleno Sanitario          ** Estación de Traslado          *** Instalación para la Recuperación de Materiales</p>	

### III – Instrucciones para valorizar criterios

- A) Aquellos encasillados sombreados **NO SE LLENARÁN**. Dichos encasillados servirán para tabular los resultados finales del experto.
- B) La valorización se realizará de la siguiente forma;
- a. **Espacio en Blanco** – El experto considera que el criterio **no posee valor alguno** para la alternativa en estudio.
  - b. **(2)** – El experto considera que el criterio posee un valor **pobre** para la alternativa en estudio.
  - c. **(4)** - El experto considera que el criterio posee un valor **regular** para la alternativa en estudio.

- d. **(6)** - El experto considera que el criterio posee un valor **bueno** para la alternativa en estudio.

**Ejemplo;**

Criterio Ambiental	Alternativas Seleccionadas			
	Alternativa 1 ABC	Alternativa 2 DEF	Alternativa 3 GHI	Alternativa 4 JKL
	<b>NO SE LLENARÁ</b>			
Impacto a las aguas superficiales y subterráneas		<b>4</b>	<b>2</b>	<b>6</b>
Impacto al aire	<b>2</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	

En el ejemplo anterior observamos que el criterio de impacto a las aguas superficiales y subterráneas para la alternativa 4 (JKL) obtuvo la mayor puntuación **(6)**(Bueno). Esto significa que dicha alternativa posee las características o elementos potenciales para prevenir los impactos a las aguas. La alternativa 3 (GHI), es todo lo contrario. A esta se le otorgó un valor de **(2)**(pobre) lo que significa que la alternativa está limitada, significativamente, de características que prevengan el impacto a las aguas.

- C) Los documentos se enviarán a los expertos por correo electrónico o se entregarán a la mano.
- D) La entrega puede realizarse mediante correo electrónico, facsímil o llamando al Sr. Israel Torres, Investigador.
- E) Una vez tabulada la puntuación convocaremos al Panel de Expertos y al Comité de Tesis para una presentación de los resultados e intercambiar impresiones.

## Apéndice 5

*Vista aérea del vertedero municipal de Cayey y la Autopista PR # 52. Nótese la cercanía del sistema a la vía de acceso primaria. Imagen del 2004 tomada de GoogleEarth.*



## Apéndice 6

*Sector comercial y entrada al vertedero a orillas de la Carr. PR # 184. Estos comercios están localizados en las colindancias del vertedero al norte de la instalación.*



*Oficinas administrativas a la entrada del vertedero.*





Apéndice 7

*Zona inactiva de la instalación - Pista de trotar y área recreativa.*



*Zona inactiva de la instalación - Parque de pelota y límites colindantes con el noreste del vertedero*



## Apéndice 8

*Zona activa de la instalación - Área de vertido diario y manejo de residuos sólidos mediante el método de área.*



*Zona activa de la instalación - Nueva compactadora para incrementar la compactación y maximizar la vida útil del sistema.*





## Apéndice 9

*Zona activa de la instalación - Área al este del vertedero designada para el acopio de material de relleno para cubierta diaria. Este material se obtiene de proyectos de construcción locales ya que el sistema agotó su área de extracción.*



Apéndice 10

*Terrenos colindantes con la comunidad Sector la Grúa al este de la instalación. Los mismos presentan potencial de desarrollo limitado dada la necesidad de adquisición de propietarios privados.*





## Apéndice 11

*Zona de futuro desarrollo – Localizada al sur del vertedero y limitada por los terrenos pertenecientes a la Administración de Servicios y Desarrollo Agrícola (ASDA). Foto tomada desde el área de vertido diario del sistema.*



*Zona de futuro desarrollo – Vista de la zona activa y porción de terreno disponible para desarrollar y cerrar la instalación. Foto tomada desde los terrenos de la ASDA.*



Apéndice 11, cont.

*Zona de futuro desarrollo – Terrenos al suroeste del sistema que colindan con la Autopista PR # 52. Foto tomada desde los terrenos de la ASDA..*



Apéndice 12

*Vista de la construcción de una celda con material geosintético y neumático triturado como componente filtrante en el Sistema de Relleno Sanitario de Humacao.*





## Apéndice 13

*Taller de embalaje y trituradora de material vegetativo provista por la Autoridad de Desperdicios Sólidos.*



*Bohío utilizado para almacenar el plástico compactado que luego es transportado por la compañía Industrial Fibel Corporation (IFCO) hasta sus instalaciones de reciclaje en el municipio de Caguas.*



Apéndice 13, cont.

*Material vegetativo triturado y acumulado cerca al taller de embalaje.*



## Apéndice 14

*Zona activa de la instalación - Área para la acumulación de chatarra y enseres electrodomésticos. La disposición de material vegetativo y residuos voluminosos se encuentra prohibida en el área de vertido diario.*





## Apéndice 15

*Estación de trasbordo del municipio de Cidra operada por la compañía Browning Ferries Industries (BFI).*



*Camión de transferencia estacionado frente a la estación de trasbordo en espera de llenarse para su acarreo hasta el municipio de Ponce.*



Apéndice 16

*Área designada para la producción de composta en el Sistema de Relleno Sanitario (SRS) del municipio de Carolina.*



*Instalación de dos (2) niveles para la recuperación de materiales sucios en el SRS del municipio de Carolina. Nótese en primer plano el almacenamiento de material reciclable limpio listo para su mercadeo.*





Apéndice 16, cont.

*Área designada para el recibo de materiales reciclables limpios de la ciudadanía en el SRS del municipio de Carolina.*



Apéndice 17

*Instalación para la recuperación de materiales limpios en el SRS de Guaynabo.*



*Área posterior de la planta de recuperación de materiales de Guaynabo y el material reciclable listo para la venta.*



## Apéndice 18

*Estación de trasbordo del SRS de Guaynabo en construcción y programada para iniciar operaciones de transferencia de residuos sólidos una vez cierre dicho SRS.*



*Camión de transferencia de residuos sólidos dentro de la estación de trasbordo de Guaynabo utilizado, al momento, para acopiar material reciclable.*

