

**Estado Libre Asociado de Puerto Rico**  
**Municipio de Yauco**

**Apéndice 12 al 17**

**DECLARACION DE IMPACTO AMBIENTAL  
PRELIMINAR**

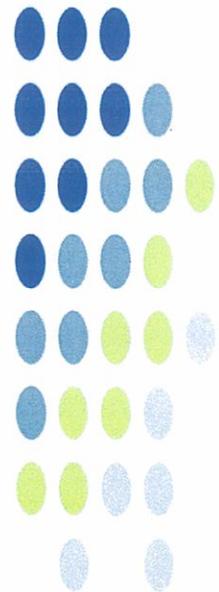
**EXPANSION LATERAL DEL RELLENO  
SANITARIO DEL MUNICIPIO DE  
YAUCO**

**Barrio Barrinas  
Yauco, Puerto Rico**

**Consulta 2008-60-0617-JGU (ED)**

**Volumen II**

**Junio 2010**



## Apéndice 12:

Consideraciones Geológicas y Físico  
Ambientales Relacionadas a la Expansión  
Lateral del Vertedero Municipal de Yauco

**GEOLOGICAL ENGINEERING  
AND ENVIRONMENTAL SERVICES**

**CONSIDERACIONES GEOLÓGICAS Y FÍSICO AMBIENTALES  
RELACIONADAS CON LA EXPANSIÓN LATERAL DEL  
VERTEDERO MUNICIPAL DE YAUCO  
BO. BARINAS, YAUCO, PR**

**Por: Mario Soriano Ressay  
Ingeniero Geológico  
Lic. 4131**

**CONDICIÓN HIDROLÓGICA EN EL ÁREA DEL VERTEDERO  
MUNICIPAL DE YAUCO**

**Por: Carlos Conde Costas  
Hidrólogo**

**MAYO, 2007**

## TABLA DE CONTENIDO

I	Introducción y Trasfondo.....	1-2
II	Restricciones en la Ubicación .....	3
III	Aplicabilidad de las Restricciones en la Ubicación.....	4-8
	a. Restricción de Localización en Zonas Inundables	
	b. Restricción para Zonas Cenagosas	
	c. Restricción en Zonas de Fallas	
	d. Restricción en Zonas de Impacto Sísmico	
	e. Restricción en Cuanto a la Localización en Áreas Inestables	
IV	Fisiografía y Topografía .....	9-12
V	Descripción y Análisis de la Geología Estratigráfica .....	13-18
	a. Conglomerados	
	b. Lodolitas	
	c. Arcillas	
	d. Calizas y Margas Calcáreas	
VI	Consideraciones Hidrológicas e Hidrogeológicas .....	19-20
VII	Resultados Geotécnicos de los Materiales Geológicos que Afloran en el Lugar que son Utilizados para Cubierta.....	21-25
	Aseguramiento de Muestras y Metodología para Análisis Geotecnicos y Geo-químicos de Componentes Principales	
	a. Distribución de Partículas Granulometría	
	b. Compactación	
VIII	Los Suelos.....	26-27
IX	Alcance del Primer Análisis Geo-químico para Determinar Capacidad del Material Geológico de Remover Tóxicos en Lixiviados....	28-30
X	Alcance y Razón para el Segundo Análisis Geo-Químico .....	31-36
	A. Objetivo de Un Segundo Análisis Geo-Químico	
	B. Determinaciones y Conclusiones Sobre la Capacidad Del Material Geológico para Remover y Reducir Tóxicos en Lixiviados	

## TABLA DE FIGURAS

<u>FIGURA NÚM.</u>	<u>DESCRIPCIÓN</u>
1	Situación Geológica en Torno al Vertedero Municipal de Yauco
2	Distribución de Precipitación y Promedio Anual Región de Yauco
3	Perfil Estratigráfico Sobre (A-A) Oeste del Vertedero
4	Perfil Estratigráfico - Sector (B-B) Este del Vertedero
5	Granulometría del Material Margoso que Aflora en el Lugar y es Utilizado Como Cubierta
6	Curva de Compactación Obtenida del Material Geológico Margoso (Caliche) Utilizado como Cubierta
7	Granulometría del Material Arcilloso Utilizado Conjuntamente con el Material Margoso
8	Curva de Compactación Obtenida del Material Geológico Arcilloso Utilizado como Cubierta
9	Resultados de la Espectroscopia de Difracción Mediante Rayos X de la Marga Calcárea que aflora en el Vertedero Municipal de Yauco

## LISTA DE APÉNDICES

APÉNDICE NÚM.	DESCRIPCIÓN
A	Resultados de Pruebas Geotécnicas Realizadas en la Marga Calcárea y Arcillas del Vertedero de Yauco
B	Resultados de la Espectroscopía de difracción mediante Rayos X de la marga calcárea que aflora en el Vertedero de Yauco
C	Resultados de los primeros análisis de laboratorio en la primera prueba con marga calcaría (calicho) para determinar su capacidad para remover tóxicos en lixiviados generados en el Vertedero Municipal de Yauco
D	Segundo Ensayo - mezcla de marga calcaría y arcilla (montmorilonítica) utilizada bajo control de laboratorio para determinar capacidad de dicha mezcla; geológica para remover tóxicos en lixiviados del Vertedero Municipal de Yauco

**CONSIDERACIONES GEOLÓGICAS Y FÍSICO - AMBIENTALES  
RELACIONADAS CON LA EXPANSION LATERAL DEL  
VERTEDERO MUNICIPAL DE YAUCO  
BO. BARINAS, YAUCO, PR**

**I. INTRODUCCIÓN Y TRASFONDO:**

La Agencia de Protección Ambiental así como la Junta de Calidad Ambiental del Estado Libre Asociado de Puerto Rico, han venido adelantando criterios para la ubicación y el desarrollo de facilidades para vertederos municipales en conformidad con el medio ambiente.

Las facilidades para la disposición de los desechos sólidos municipales (MSWLF por sus siglas en inglés), están cobijadas y reglamentadas bajo la Ley 40 CFR, Sección 258 (subtitulo D) según aprobadas en julio de 1992.

La Ley provee normas o criterios para el diseño, operación y clausura de vertederos de desperdicios sólidos y al mismo tiempo extiende nuevas restricciones en la ubicación de nuevas facilidades y en las expansiones laterales de facilidades existentes.

Según la Subsección B de la referida Sección 258, no se permiten expansiones nuevas y laterales en o cerca de aeropuertos, terrenos inundables, tierras pantanosas, áreas de fallas o en zonas sísmicas, o áreas inestables.

A su vez la ley se torna mas restrictivas en cuanto a unidades o facilidades existentes en o cerca de aeropuertos, terrenos inundables y área inestables. Ninguna de estas restricciones o normas son aplicables a las facilidades que nos ocupan.

Se trata aquí de una facilidad de disposición de desechos municipales que comenzó su operación en la década de 1960-1970. La operación de la referida facilidad fue una sumamente errática y deficiente durante las primera dos (2) décadas de su existencia, donde la exposición de los desperdicios y la quema era la norma o práctica más común.

Allá para fines de la década de 1990, la facilidad pasó a manos de L M Waste Service Corp. bajo contrato de arrendamiento autorizado por la Asamblea Municipal y la Administración Municipal de Yauco.

Desde entonces el rumbo de la administración, mantenimiento y operaciones diarias de la facilidad han tomado un giro altamente satisfactorio, más a tono y en armonía con los criterios y disposiciones de la Sección 258 de la referida Ley.

A pesar de un historial operacional defectuoso y hasta ofensivo al medio ambiente, que prevaleció en la facilidad hasta la década de los noventa (1990), la favorable fisiografía, geología e hidrogeología del lugar facilitaron para neutralizar la degradación del lugar y su entorno y permitió su rápida rehabilitación, sin mayores consecuencias adversas.

Se nos presenta ahora la encomienda de estructurar o formalizar los estándares requeridos para la expansión lateral de la existente facilidad a tenor con las restricciones y criterios aplicables según contenido en la Ley 40 CFR, Sección 258 (Subsección B).

Con el fin de cumplir cabalmente con tal encomienda, ha sido preciso investigar y estudiar los factores físico - ambientales más importantes que albergan y tocan de cerca esta facilidad y su operación.

## II. RESTRICCIONES EN LA UBICACION:

La experiencia ha dejado establecido que la utilización o implantación de la última tecnología y de los mejores métodos de operación en un vertedero no constituyen, per sé, garantía alguna de que dicha facilidad no se convierta en un acecho al ambiente y peligro para la salud humana. La mejor de las garantías la constituye una sabia e idónea ubicación de la facilidad, tomando en consideración los factores físico ambientales más relevantes e idóneos – claro está, acompañando tal selección con una operación de excelencia constante

El lugar que ocupa el Vertedero de Yauco reúne todas y cada una de estas condiciones y restricciones que garantizan una lógica y racional ubicación o localización para facilidades de disposición de desperdicios.

Si recogemos y analizamos las seis (6) restricciones que se implementarían bajo las nuevas enmiendas a la Ley, podemos reconocer que cuatro (4) de estas tienen algo en común. Esto es, que implican restricciones, directa o indirectamente, de naturaleza hidrológicas e hidrogeológicas. Quiere decir esto que el exceso de agua o el fácil acceso de torrentes de agua hacia y desde una facilidad de vertedero no es aceptable por considerarse potencialmente dañina al ambiente, especialmente a los cuerpos de agua superficiales y subterráneas y por constituir un agente degradante y destructor de la integridad de la facilidad. Como veremos el Vertedero de Yauco reúne y cumple cabalmente con estas garantías de carácter hidrológico e hidrogeológico.

A tenor con la aplicabilidad de las restricciones contenidas en la Ley para nuevas facilidades o la expansión de las ya existentes, está en orden el comenzar a sentar las bases en la discusión de nuestras investigaciones en torno a la expansión del Vertedero de Yauco con la consideración de la siguiente tabla de aplicabilidad.

### III. APLICABILIDAD DE LAS RESTRICCIONES EN LA UBICACIÓN

	Unidad Existente	Unidades nuevas y expansiones laterales
258.10 Seguridad en los aeropuertos	✓	✓
256.11 Terrenos inundables	✓	✓
258.12 Tierras pantanosas		✓
258.13 Área de falla		✓
258.14 Impacto sísmico		✓
258.15 Áreas inestables	✓	✓

De la evaluación de la tabla anteriormente reseñada, notamos que prácticamente todas las restricciones en ella contenidas están íntimamente relacionadas a la fisiografía, geología e hidrogeología local y regional. Estas deben ser las bases que deben regir las investigaciones a ser ejecutadas para el proyecto de expansión lateral del Vertedero. Procedemos a continuación a analizar estas restricciones comenzando con la descripción y análisis de los factores físicos-ambientales más relevantes. Se complementa esta divulgación y discusión con los resultados de investigaciones de campo y laboratorio a lo cual le dedicamos también una amplia discusión:

#### a. Restricciones de Localización en Zonas Inundables

La sección 258.11 impone una restricción para la localización de vertederos sanitarios municipales en valles y terrenos inundables. Esta limitación se impone independientemente de la tecnología a ser activada en nuevas facilidades o en aquellas a ser expandidas lateralmente. Quiere decir esto que el uso de la última y más sofisticada tecnología no previene ni neutraliza contra un desastre ambiental por razón de torrentes hidráulicas dentro de zonas inundables.

En las investigaciones de campo realizadas por EPA para fundamentar las restricciones para la localización de vertederos, se encontró que el 14% de los vertederos se encontraban dentro de valle inundables con periodicidad de 100 años. Se determinó, además, que los vertederos que se encuentran dentro de zonas inundables son propensos a fracasos en su diseño y concepto operacional por el impacto de las aguas cuando se salen de madre (cauce).

Aquí tenemos pues, la más importante y abarcadora restricción de índole hidrológico en la que afortunadamente no se encuentra la facilidad de disposición que nos ocupa en el Bo. Barinas de Yauco. El lugar donde ubica la facilidad no se encuentra en área inundable con periodicidad de 100 a 200 años.

b. Restricción Para Zonas Cenagosas:

La presencia de afloramientos de agua perennes como manantiales, y la existencia de profusas exudaciones a través de unidades rocosas o el estancamiento y pobre infiltración o drenaje de las aguas, permiten la definición de terrenos, con dichas características y propiedades, como cenagosas. Sobre la ubicación de vertederos en áreas cenagosas, la Agencia de Protección Ambiental (EPA) y la JCA de Puerto Rico extiende restricciones particulares por los importantes ecosistemas que en ellas ocurren y se desarrollan. Aquí vemos de nuevo como la hidrogeología es factor principal en esta restricción para las superficies, áreas que están propensas a la constante saturación y también a periódicas invasiones, lo que permite se desarrollen comunidades particulares de flora y fauna. No existen zonas cenagosas dentro y en el entorno a la facilidad en Yauco; la topografía, la geología y el clima semi-árido no apoyan la presencia o el desarrollo de estas zonas en este particular sector al sur del referido municipio.

c. Restricciones en Áreas de Fallas:

La Agencia de Protección Ambiental le da un marcado interés a la ubicación de vertederos en zonas de fallas, especialmente aquellas que han sido creadas o han experimentado algún movimiento desde el período Holocénico, o sea, desde los últimos 11,000 años. Estas restricciones, que también se aplican, bajo el Subtítulo "C" de la referida ley, a los vertederos tóxicos, se aplica a los llamados vertederos sanitarios municipales, debido a que los movimientos sísmicos pueden afectar la totalidad de la integridad estructural de estas facilidades. Pero más aún, las zonas de fallas se consideran también zonas de debilidad en la corteza terrestre. Estas condiciones de alta fragmentación en la corteza facilita para que las aguas y flujos contaminados, que se pudieran derramar, ganen acceso fácil al subsuelo y lleguen a los conductos de agua subterránea y eventualmente a los acuíferos inmediatos de la región.

Esta restricción, más apta para regiones de reciente actividad tectónica y volcánica, no aplica a Puerto Rico donde no se ha evidenciado movimientos tectónicos o telúricos capaces de reactivar movimientos en antiguas fallas, las cuales datan desde el período del mioceno. Al norte sobre un kilómetro del vertedero, se infiere la presencia de una de estas fallas antiguas la cual se encuentra cubierta y enmascarada con sedimentos, lo que atestigua de su antigüedad e inactividad. Una pequeña falla accesoria a la anterior, pudiera encontrarse internándose a unos 300 metros donde ubica el área de expansión lateral. Esta tampoco refleja signos de actividad y para todo propósito no cae dentro del ámbito de las restricciones.

d. Zonas de Impacto Sísmico

Las dos (2) restricciones que documenta la Agencia de Protección Ambiental, sobre fallas y zonas de impacto sísmico, implican preocupaciones serias por la susceptibilidad de un fallido por desplazamiento, escurrimiento o traslación de estas colinas o estructuras

artificiales de enterramiento para los desperdicios.

No obstante, el temor que nos pudiera concernir, independientemente del desplazamiento que pudiera ocurrir, es la recurrencia de temblores de magnitud moderada a alta y los efectos debilitadores que se pudieran infligir en las celdas o montículos o colinas artificiales de desperdicios.

Las ondas sísmicas que generan los movimientos telúricos cambian en su estructura al propagarse a través del medio geológico, especialmente en su frecuencia vibratoria. Al atravesar cuerpos de materias pobremente consolidadas o sin cohesión alguna, la frecuencia vibratoria se reduce (a unos 4 a 12 pulg./seg.) causando que la amplitud o resonancia de la onda se acople a estructura o cuerpos de bajas frecuencias vibratoria al chocar con estos. Los daños más extensos causados por los movimientos sísmicos o telúricos se infligen en zonas de suelos profundos saturados de pobre consolidación y sobre los cuales descansan estructuras de bajas frecuencias a las cuales hacen resonar mediante la amplificación de la onda vibratoria. Los asentamientos, desplazamientos y deslizamientos de terreno se desarrollan con más intensidad en estos materiales de poca competencia y estabilidad lítica. Por lo tanto, no se debe dudar que depósitos artificialmente creados con desperdicios, de baja consolidación y competencia y también de alto relieve, pueda ser vulnerable a las amplificaciones y resonancia de ondas sísmicas que se puedan desplazar en el lugar con cada terremoto moderado o fuerte.

Afortunadamente el Vertedero de Yauco se ha desarrollado sobre terreno geológico natural, altamente competente donde los suelos sueltos o de pobre consolidación y alta saturación están ausentes. Por lo anterior, cualquier temblor o movimiento sísmico de intensidad moderada, los cuales son raros en esa región sureña, son incapaces de inestabilizar o destruir la integridad estructural de esta facilidad.

- e. Restricción en Cuanto a la Localización en Areas Inestables:

La EPA ha propuesto definir como áreas inestables aquellas localizaciones que son susceptibles a eventos de fuerzas naturales o aquellas inducidas por el hombre. Podemos señalar como zonas inestables aquellas zonas de suelos profundos de alto contenido de humedad, ubicados próximo a laderas, cauces de ríos, zonas playeras, terrenos y áreas de alto relieve natural inestabilizada por cortes o excavaciones susceptibles a la traslación o deslizamientos. También se incluye aquellos desfiladeros naturales que están siendo socavados por la erosión creada por dinámica cuerpos de agua.

Estas zonas, inherentemente inestables, son por lo tanto susceptibles a que se produzcan deslizamientos luego de intensas o prolongadas lluvias. Cualquier fallo de estas zonas pueden derramar y exponer los desperdicios que se encuentren enterrados dentro de su zona de influencia.

Nuevamente, aquí estamos ante un factor hidrogeológico, en forma indirecta, que restringe la ubicación de facilidades para la disposición en localidades de inestabilidad inherente o incipiente ya sea por su naturaleza o por creación del hombre.

Por las mismas razones anteriormente discutidas y por las razones y condiciones geológicas e hidrogeológicas que más adelante se analizan, el Vertedero de Yauco se encuentra fuera de estas zonas restrictivas de inestabilidad inherente o inducida.

Como ya indicamos, la selección de lugares adecuados para la ubicación de vertederos sanitarios en Puerto Rico, se puede tornar en un gran reto a tenor con las restricciones de índole físico-ambiental. No obstante, en el caso del lugar que aquí nos ocupa reúne favorablemente todas las restricciones y condiciones impuestas, y más aún, le favorece un factor adicional muy importante que lo constituye el factor climático. Esta en orden enfatizar la importancia del rol que juega el clima en todo el andamiaje de la operación requerida, y lo unimos como factor favorecedor para la ubicación y operación del Vertedero de Yauco por el clima semi-árido imperante en la región.

## V. FISIOGRAFÍA Y TOPOGRAFÍA:

El sitio actual del vertedero ocupa una elevación de aproximadamente 115 metros (370 pies) sobre el nivel del mar en el Barrio Barinas, Sector la Hoya, se ubica también, próximo a la misma demarcación territorial que separa los municipios de Guánica y Yauco. La facilidad se encuentra confinada entre colinas de moderado a alto relieve que se levantan entre unos 50 y 80 metros del lecho que ocupa el área de disposición actual y las áreas propuestas para la expansión lateral. La facilidad comenzó a ser desarrollada en un sector que se ubica a unos 3.5 kilómetros al norte de la costa del Mar Caribe y a unos 2.2 kilómetros al oeste del cauce principal del Río Yauco y su valle de expansión.

La fisiografía y topografía áspera que prevalece en el sector oeste del Barrio Barinas conjuntamente con la geología local y el clima-semi-árido prevaleciente, convierten el lugar en uno altamente favorable para la actividad de disposición que allí se ha venido desarrollando por más de dos décadas. Esto es así porque no se exponen recursos vitales, que pudiesen ser objeto de degradación con el transcurso del tiempo o por el mal manejo de la facilidad

Por la importancia que reviste la ubicación de los vertederos en relación a la protección de cuerpos de agua, está en orden precisar brevemente en este espacio sobre el área de emplazamiento de los desperdicios y la ubicación de los principales cuerpos de agua de la región.

En la Figura Núm. 1 se ubica la facilidad del vertedero y su posición con relación a la cuenca de captación y drenaje del Río Yauco y sus tributarios. La figura también ubica la facilidad con respecto a la zona costera inmediata que delimita la región hidrológica por el sur. El área de captación y drenaje del Río Yauco es de unas 48 millas cuadradas incluyendo el área de su principal tributario, el Río Duey. Se aprecia de la referida figura, que las obras de expansión propuestas para la facilidad que nos ocupa se encuentran en el