

**ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS PARA EL  
MANEJO Y DISPOSICIÓN FINAL DE LODOS  
RESIDUALES, ARENAS Y BASURA QUE SE  
GENERAN EN LAS PLANTAS DE  
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES A  
CARGO DE SADM**

**Noviembre de 2013**

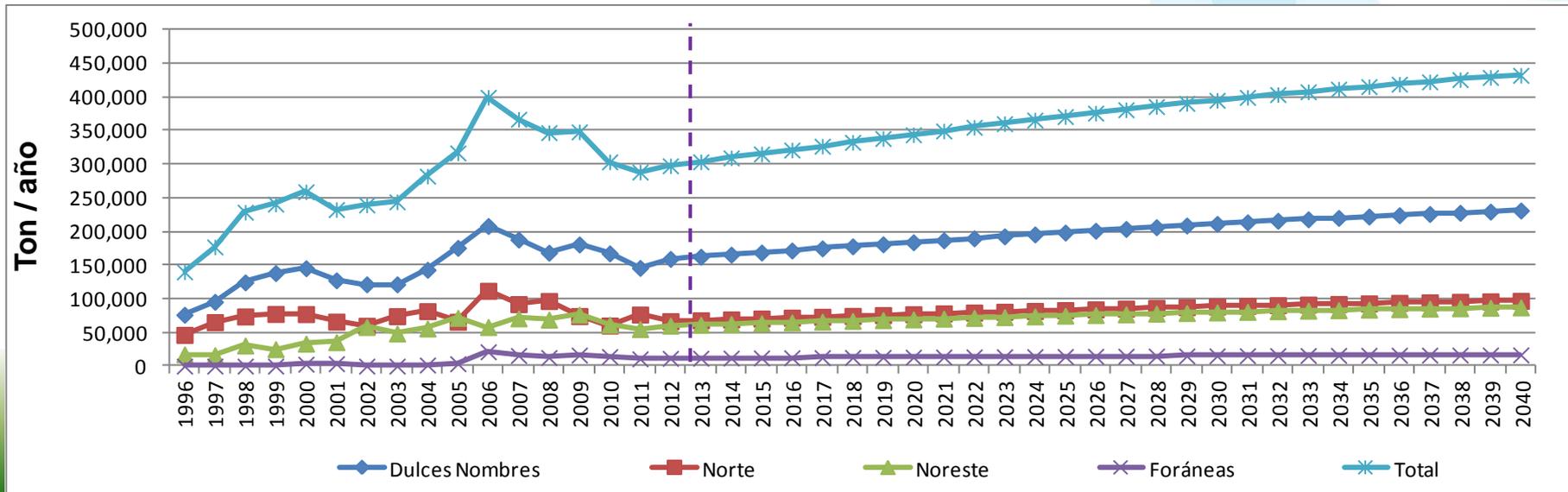
## ANTECEDENTES

- Aguascalientes y Nuevo León son los únicos 2 estados del país en donde se trata el 100% de las aguas residuales municipales. Mientras que en Aguascalientes se tratan 3,352 l/s de aguas residuales, en Nuevo León el tratamiento es a 10,250 l/s, siendo la entidad con el mayor gasto tratado y con la mayor capacidad instalada para el tratamiento de aguas residuales.
- En el tratamiento del agua residual se generan **lodos residuales** que deben someterse a tratamientos específicos para evitar la contaminación de suelos o acuíferos en su disposición final.
- El método tradicionalmente aplicado en México para la disposición final de lodos residuales, consiste en su confinamiento en rellenos sanitarios que cumplan con la norma NOM-083-SEMARNAT-2003, siempre que los lodos se encuentren dentro de la NOM-004-SEMARNAT-2002.
- En el mundo, se aplican también otras alternativas para el manejo de los lodos residuales, destacando **la incineración, el secado térmico y la estabilización para uso en agricultura como abono orgánico.**

## ANTECEDENTES

- Actualmente SADM cuenta con un relleno sanitario en las instalaciones de la PTAR Dulces Nombres, que es la de mayor capacidad de tratamiento. En el Relleno Sanitario de Dulces Nombres se confina la mayor parte de los lodos residuales generados por las PTARs a cargo de SADM.
- Una parte de los lodos se envía al relleno sanitarios de SIMEPRODE (PTAR Norte)
- Adicionalmente, de la operación de las PTARs se genera arenas y basura, que deben confinarse también.

## Generación de Lodos Residuales, Arenas y Basura en PTARs de SADM



# SITUACIÓN ACTUAL



# IMPACTOS DEL MANEJO ACTUAL DE LODOS RESIDUALES

## ● COSTOS PARA SADM:

<b>COSTOS OPERATIVOS</b>			
<b>CONCEPTO</b>	<b>COSTO 2016</b>		
	<b>TOTAL ANUAL</b>	<b>TONELADAS (lodos, arena, basura)</b>	<b>COSTO UNITARIO (pesos/ton)</b>
Transporte y confinamiento de PTAR Dulces Nombres	38,530,356	172,801	222.98
Transporte de PTAR Noreste y confinamiento en Dulces Nombres	17,109,884	65,374	261.72
Transporte de PTAR Norte y confinamiento en SIMEPRODE	13,311,199	73,951	180.00
Transporte de PTARs Foráneas y confinamiento en Dulces Nombres	7,616,109	12,612	603.87
<b>Costo Total</b>	<b>76,567,548</b>	<b>324,738</b>	<b>235.78</b>
<b>COSTOS COMPLEMENTARIOS</b>			
Costo total por inversiones para incremento de capacidad de relleno Dulces Nombres en el periodo 2013-2040		688,000,000	pesos
Costo total por clausura gradual de celdas en el relleno Dulces Nombres y por conservación como pasivo ambiental		214,279,769	pesos
<b>COSTOS TOTALES</b>			
Costo Total 2013 - 2040		3,402,797,534	pesos
Costo Anual Equivalente (CAE)		127,179,202	pesos
Promedio lineal 2013 - 2040		<b>321</b>	<b>pesos/ton</b>

# IMPACTOS DEL MANEJO ACTUAL DE LODOS RESIDUALES

## SOCIOECONÓMICOS

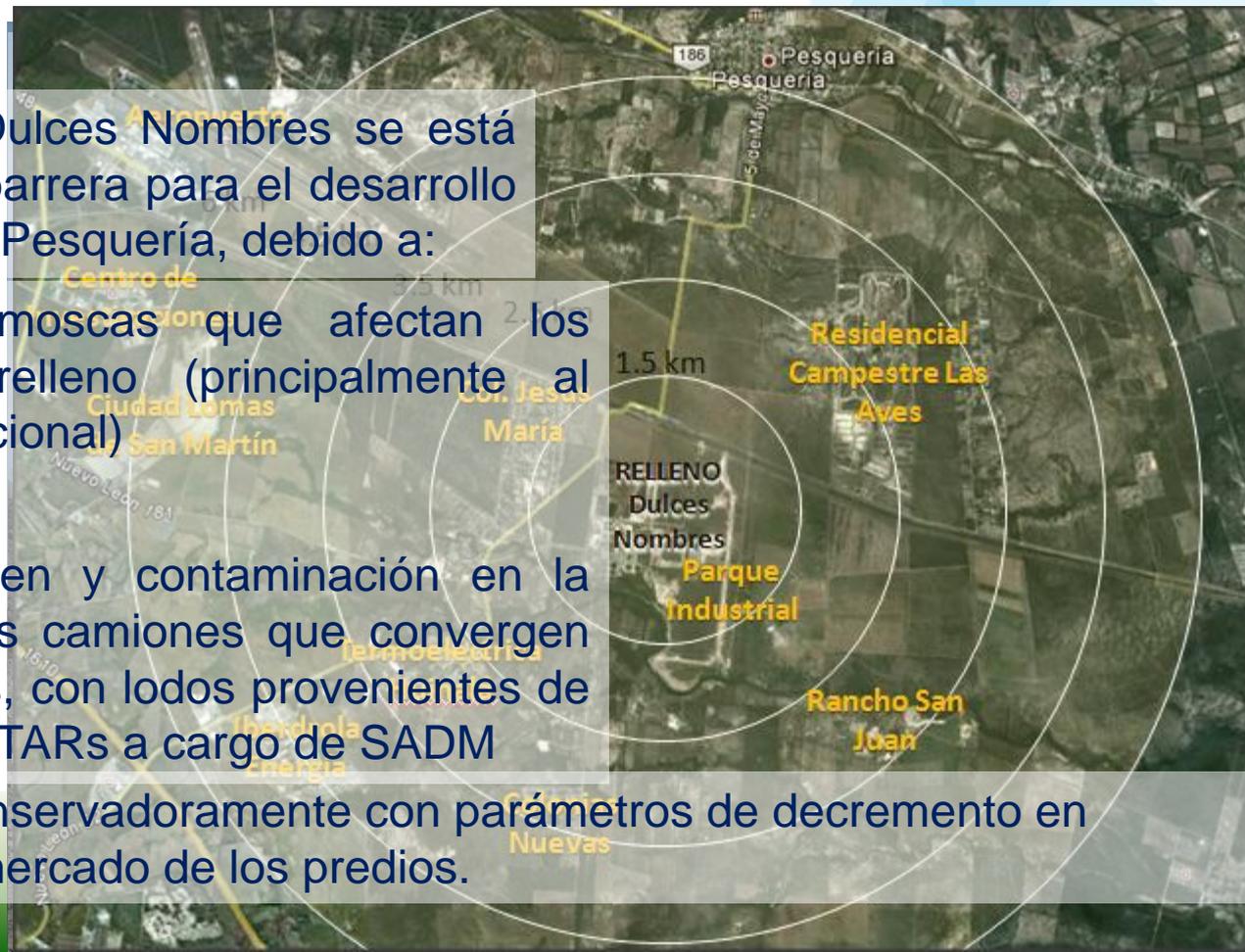
- Además de los costos que internaliza SADM por el manejo de lodos residuales, basura y arenas de las PTARs, se tienen los siguientes impactos socioeconómicos:

1. El relleno sanitario Dulces Nombres se está convirtiendo en una barrera para el desarrollo urbano en la zona de Pesquería, debido a:

- ✓ Proliferación de moscas que afectan los alrededores del relleno (principalmente al Aeropuerto Internacional)
- ✓ Malos olores
- ✓ Deterioro de imagen y contaminación en la zona, por todos los camiones que convergen en Dulces nombres, con lodos provenientes de la mayoría de las PTARs a cargo de SADM



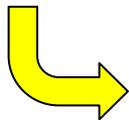
Valorado conservadoramente con parámetros de decremento en valores de mercado de los predios.



## IMPACTOS DEL MANEJO ACTUAL DE LODOS RESIDUALES

### SOCIOECONÓMICOS

2. Deterioro de infraestructura vial por el tránsito de camiones que transportan lodos, arena y basura (**valorado con parámetros del IMT**).
3. Deterioro de imagen urbana y potencial foco de infección durante el transporte de lodos (**no valorado**).
4. Generación de un pasivo ambiental a perpetuidad por cada celda para confinamiento que se implementa:
  - ✓ Clausura y mantenimiento como área controlada, con potencial generación de gas metano y prácticamente nula posibilidad de otros usos.
  - ✓ Incierto impacto a suelos y acuíferos.



Valorado sólo costos de clausura y mantenimiento a perpetuidad.

# **IMPACTOS DEL MANEJO ACTUAL DE LODOS RESIDUALES**

## **COSTOS SOCIOECONÓMICOS**

<b>EXTERNALIDADES NEGATIVAS</b>		
Externalidades negativas en predios cercanos al relleno sanitario		183,845,080 pesos
Daños ocasionados a pavimentos durante el transporte		1,417,478,129 pesos
<b>COSTOS SOCIOECONÓMICOS TOTALES</b>		
Costo total por externalidades 2013-2040		194 pesos/ton
Costo para SADM		321 pesos/ton
Costo promedio socioeconómico lineal 2013 - 2040		<b>515 pesos/ton</b>

## ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

- Ante estas condiciones, las autoridades de SADM se han dado a la tarea de analizar alternativas para mitigar el impacto del Relleno Sanitario Dulces Nombres, con un manejo más eficiente y sustentable de los lodos residuales.
- Alternativas analizadas:
  - ✓ Nuevo Relleno Sanitario más alejado de la mancha urbana, con un lododucto para conducción de lodos residuales desde PTAR Dulces nombres.
    - Costos financieros mayores a los actuales.
    - Se transfiere pasivo ambiental a generaciones futuras.
    - Incierto impacto a acuíferos y suelo.
  - ✓ Nuevas tecnologías:
    - Incineración de lodos.
      - Se eliminan totalmente los lodos.
      - Elevado costo
    - Estabilización de lodos para uso como fertilizante en agricultura.
      - Falta de demanda en la zona.
    - Secado térmico (eliminación de humedad).
      - Costo menor a incineración, pero mayor a confinamiento.
      - Aprovechamiento de lodos secos como combustible.

# TECNOLOGÍAS DISPONIBLES PARA EL TRATAMIENTO DE LODOS RESIDUALES

# **TECNOLOGÍAS PARA EL TRATAMIENTO DE LODOS RESIDUALES**

- 1. Estabilización para uso agrícola.**
- 2. Compostaje para uso agrícola.**
- 3. Relleno sanitario.**
- 4. Secado Térmico a baja temperatura.**
- 5. Incineración.**
- 6. Otras tecnologías de reciente aplicación.**

# TECNOLOGÍAS PARA EL TRATAMIENTO DE LODOS RESIDUALES

## 1. ESTABILIZACIÓN PARA USO AGRÍCOLA

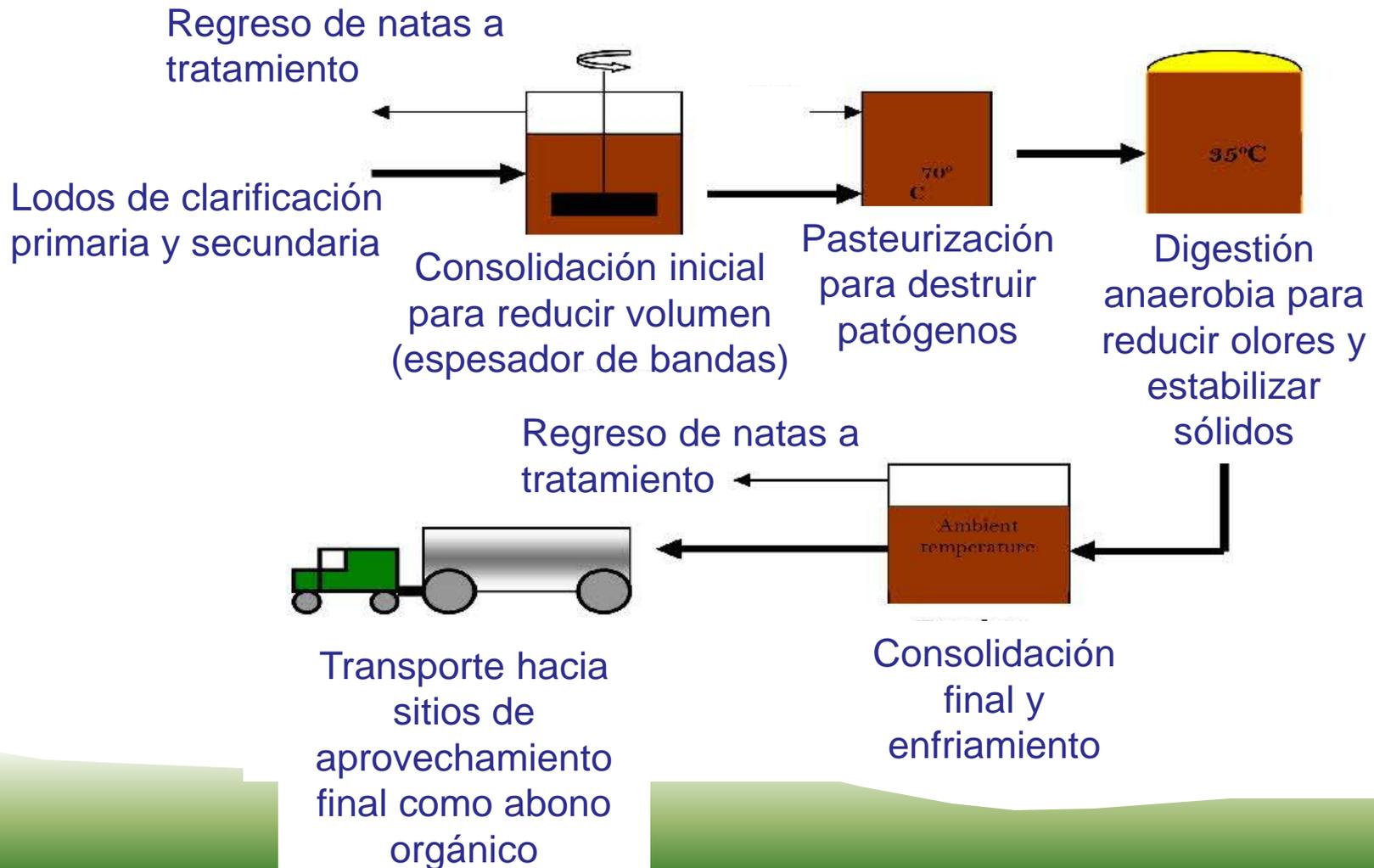
- Límites permisibles de contaminantes bacteriológicos, patógenos y parásitos:

TIPO	CLASE	APROVECHAMIENTO
EXCELENTE	A	USOS URBANOS CON CONTACTO PÚBLICO DIRECTO DURANTE SU APLICACIÓN
		LOS ESTABLECIDOS PARA CLASE B Y C
EXCELENTE O BUENO	B	USOS URBANOS CON CONTACTO PÚBLICO DIRECTO DURANTE SU APLICACIÓN
		LOS ESTABLECIDOS PARA CLASE C
EXCELENTE O BUENO	C	USOS FORESTALES
		MEJORAMIENTO DE SUELOS
		USOS AGRÍCOLAS

CLASE	INDICADOR BACTERIOLÓGICO DE CONTAMINACIÓN	PATÓGENOS	PARÁSITOS
	COLIFORMES FECALES NMP/g BASE SECA	SALMONELLA SPP NMP/g BASE SECA	HUEVOS DE HELMINTO/g BASE SECA
A	MENOR DE 1,000	MENOR DE 3	MENOR DE 1
B	MENOR DE 1,001	MENOR DE 3	MENOR DE 10
C	MENOR DE 2,000,000	MENOR DE 300	MENOR DE 35

# TECNOLOGÍAS PARA EL TRATAMIENTO DE LODOS RESIDUALES

## 1. ESTABILIZACIÓN PARA USO AGRÍCOLA



# TECNOLOGÍAS PARA EL TRATAMIENTO DE LODOS RESIDUALES

## 1. ESTABILIZACIÓN PARA USO AGRÍCOLA

### ● Ventajas

- ✓ Es la alternativa con costos de tratamiento más bajos, si se llega a lodos Clase C.
- ✓ Se reutiliza el 100% de los lodos residuales, sin necesidad de reducir su contenido de humedad.

### ● Desventajas

- ✓ Los costos de transporte de los lodos residuales hasta los sitios de aprovechamiento agrícola o forestal, eliminan la ventaja de los bajos costos de tratamiento.
- ✓ Es imprescindible contar con tierras forestales o de cultivo en donde aplicar los lodos estabilizados, con la aceptación por parte de agricultores y población en general. Específicamente, para el caso de Monterrey es previsible una falta de demanda y zonas de aplicación.
- ✓ Existe un debate de expertos a nivel internacional sobre potenciales daños a suelos, acuíferos, fauna y salud humana, por la aplicación de lodos residuales como abono orgánico de suelos.

# TECNOLOGÍAS PARA EL TRATAMIENTO DE LODOS RESIDUALES

## 2. COMPOSTAJE PARA USO AGRÍCOLA

- Consiste en la estabilización de lodos residuales a través de un proceso que implica el mezclado de los lodos con una fracción vegetal (30% fracción vegetal, generalmente proveniente de poda de áreas verdes urbanas; 70% lodos residuales).
- La mezcla se fermenta con sistema de volteo en naves cerradas, por la generación de gases tóxicos y olores (2 a 3 semanas).
- Después de la fermentación se sigue un proceso de maduración (4 semanas).
- Se requiere una planta de tratamiento de lixiviados para tratarlos por su alta toxicidad.
- Para tratar los lodos generados en Dulces Nombres se requeriría una superficie de 22 hectáreas y 50,000 ton/año de materia vegetal.
- La composta resultante se puede comercializar para uso como abono de alta calidad (Tipo A), para uso con contacto público.



# TECNOLOGÍAS PARA EL TRATAMIENTO DE LODOS RESIDUALES

## 2. COMPOSTAJE PARA USO AGRÍCOLA

- Ventajas

- ✓ Se obtiene un producto residual totalmente inocuo que puede ser utilizado como fertilizante agrícola Tipo A, con contacto al público.

- Desventajas

- ✓ Costos de inversión, operación y mantenimiento comparables a secado térmico e incluso a incineración en algunos casos.
- ✓ Se requiere una extensa superficie de terreno (alrededor de 22 ha).
- ✓ Se requiere disponer de 50,000 toneladas anuales de material vegetal (como material producto de podas en áreas urbanas, con sus correspondientes costos de transporte).
- ✓ Existen riesgos de olores y generación de gases tóxicos, contenidos sólo dentro de naves tipo industrial.
- ✓ Para uso como fertilizante se tiene el mismo problema de falta de un mercado donde comercializar las cantidades producidas, en una zona urbana como Monterrey.
- ✓ Si no se cuenta con demanda para uso como fertilizante, sería necesario seguir confinando la composta en relleno sanitario.

# TECNOLOGÍAS PARA EL TRATAMIENTO DE LODOS RESIDUALES

## 3. RELLENO SANITARIO

- Los lodos residuales se confinan en sitios de disposición final cuyas instalaciones y celdas de confinamiento deben cumplir con la NOM-083-SEMARNAT-2003.
- Es el método actualmente aplicado por SADM para la disposición final de lodos residuales, utilizando el relleno sanitario de la PTAR Dulces Nombre, operado por SADM, así como el relleno sanitario de SIMEPRODE. Existen otros rellenos disponibles que podrían ser utilizados en el manejo de lodos residuales.
- Actualmente el relleno sanitario de Dulces Nombres está generando serios problemas en su entorno, principalmente por la proliferación de moscas y malos olores que afectan al Aeropuerto Internacional Mariano Escobedo de Monterrey y a la periferia del relleno, lo que presenta una barrera al desarrollo urbano de la zona Aeropuerto – Pesquería.

# TECNOLOGÍAS PARA EL TRATAMIENTO DE LODOS RESIDUALES

## 3. RELLENO SANITARIO

- Ventajas

- ✓ Es la alternativa con costos de tratamiento más bajos, después de la estabilización de lodos para uso agrícola o forestal.

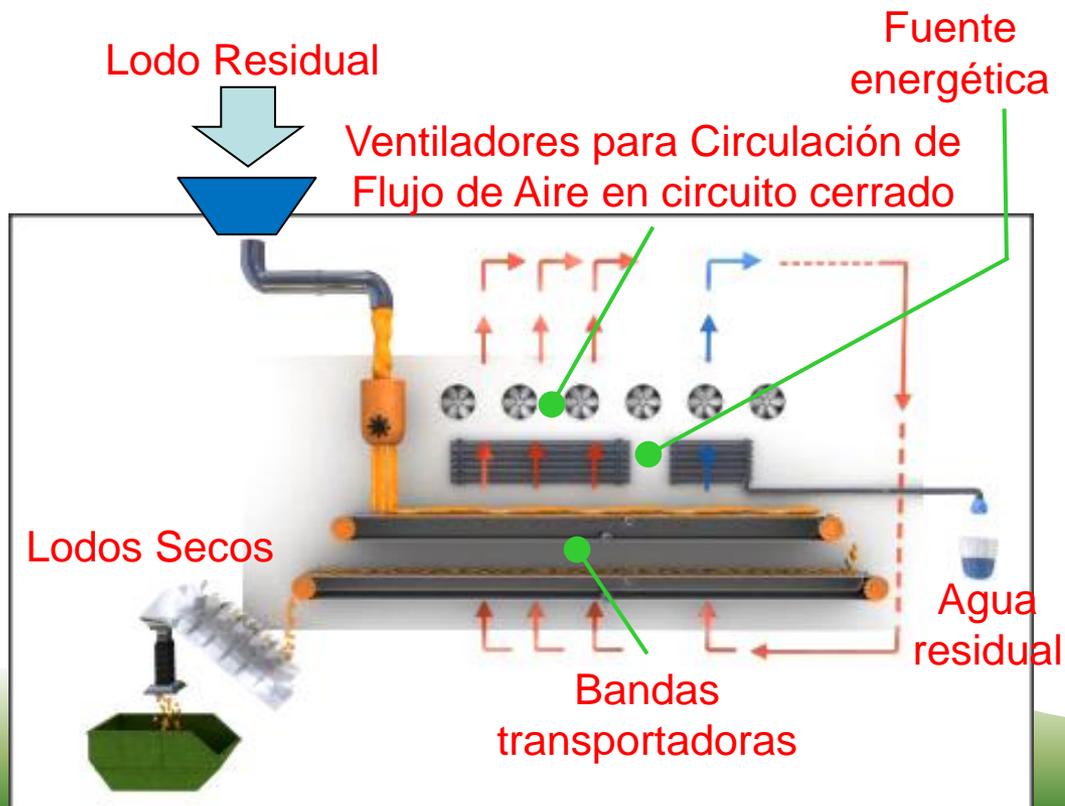
- Desventajas

- ✓ Los sitios de disposición se convierten en pasivos ambientales de por vida, sin posibilidad de uso alternativo.
- ✓ Existe incertidumbre respecto al impacto que pueden generar a acuíferos y suelos.
- ✓ En el caso específico del relleno sanitario de Dulces Nombres, se están generando impactos negativos en la periferia que hacen insostenible mantener su operación, por lo que de mantenerse el manejo de lodos a través del confinamiento en relleno sanitario, se tendría que construir un nuevo sitio de confinamiento en el municipio de Dr. González, con un lododucto.

# TECNOLOGÍAS PARA EL TRATAMIENTO DE LODOS RESIDUALES

## 4. SECADO TÉRMICO A BAJA TEMPERATURA

- El secado Térmico de Lodos permite la reducción de la humedad en los lodos residuales, hasta prácticamente eliminarla, a través de un sistema de aire caliente a baja temperatura (65 – 80 °C) por el cual se hace circular a los lodos a través de bandas transportadoras o en cilindros rotativos.



# TECNOLOGÍAS PARA EL TRATAMIENTO DE LODOS RESIDUALES

## 4. SECADO TÉRMICO A BAJA TEMPERATURA

- Con el proceso de secado térmico se logra obtener un producto final libre de patógenos, con un contenido de sólidos de hasta el 90%.
- Existen principalmente las siguientes opciones para la aplicación final de los lodos secos (pellets) resultantes del proceso de secado térmico:
  - ✓ Aplicación como abono orgánico de alta calidad y libre totalmente de patógenos, para mejoramiento de suelos aún con contacto público directo (Clase A: NOM-004-SEMARNAT-2002).
  - ✓ Sustitución de combustible fósil (coque de petróleo) en la industria cementera.
  - ✓ Incineración final de los lodos secos resultantes.
  - ✓ Fabricación de blocks con aplicaciones para construcción.
  - ✓ Disposición en relleno sanitario.

# TECNOLOGÍAS PARA EL TRATAMIENTO DE LODOS RESIDUALES

## 4. SECADO TÉRMICO A BAJA TEMPERATURA

### ● Ventajas

- ✓ Se obtiene un producto final libre de patógenos y con posibilidad de ser reutilizado como combustible, con beneficios complementarios.
- ✓ Se reduce del 77% al 10% el contenido de humedad, aproximadamente.

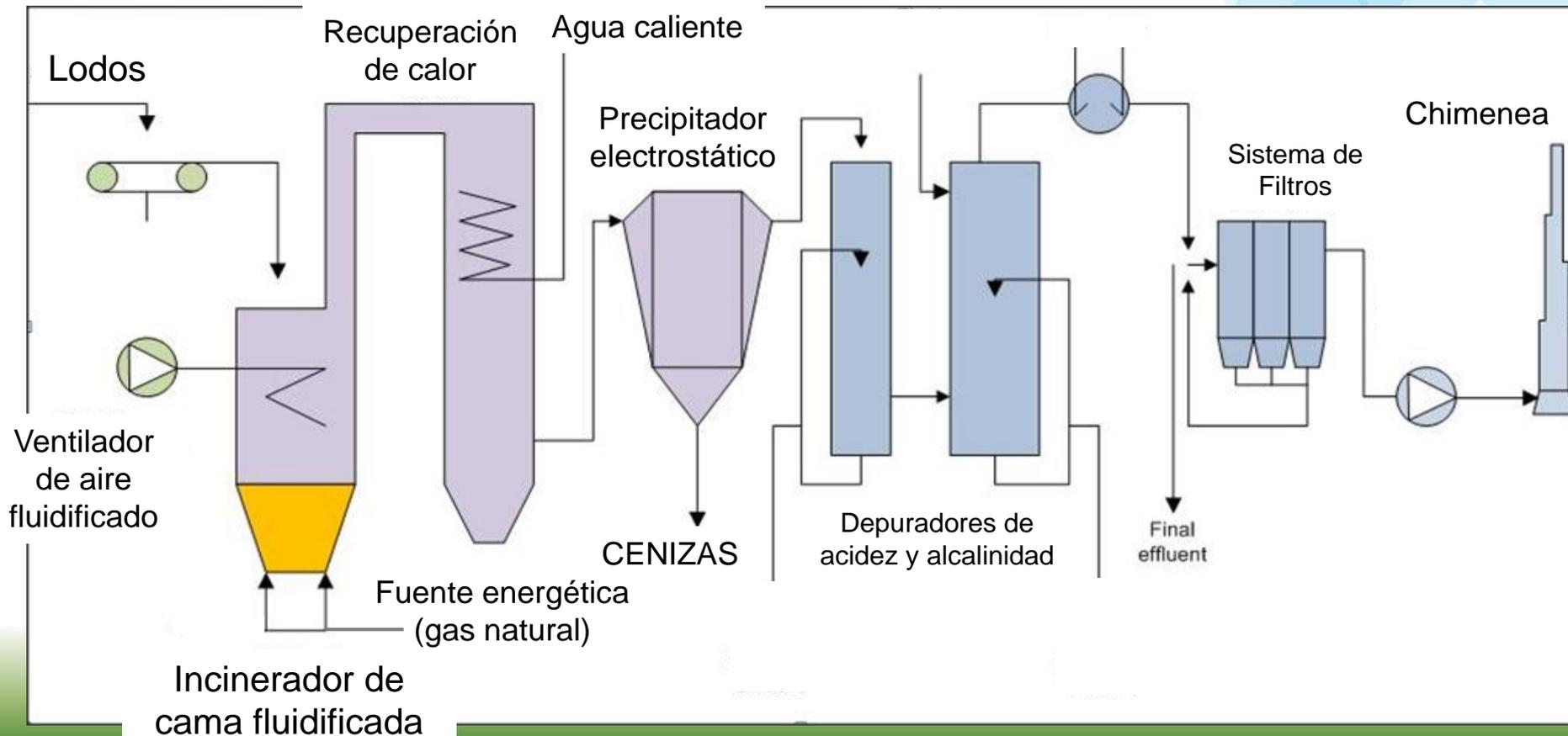
### ● Desventajas

- ✓ Costos de inversión, operación y mantenimiento superiores a la disposición en relleno sanitario.
- ✓ Existen tecnologías con problemas de emisiones de gases contaminantes a la atmósfera.
- ✓ Existen tecnologías con riesgos de incendio y explosión.

# TECNOLOGÍAS PARA EL TRATAMIENTO DE LODOS RESIDUALES

## 5. INCINERACIÓN.

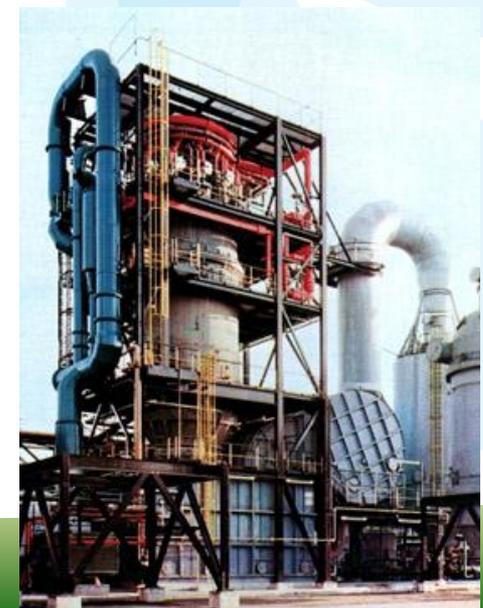
- La incineración consiste en la eliminación de humedad de los lodos residuales a través de la aplicación de altas temperaturas, que oscilan entre los 760 y 950 °C.



# TECNOLOGÍAS PARA EL TRATAMIENTO DE LODOS RESIDUALES

## 5. INCINERACIÓN.

- Con el proceso de incineración se logra obtener un producto final libre de patógenos, con un contenido de sólidos mínimo del 95%.
- Existen principalmente las siguientes opciones para la aplicación final de las cenizas resultantes de la incineración:
  - ✓ Aplicación como abono orgánico de alta calidad y libre totalmente de patógenos, para mejoramiento de suelos aún con contacto público directo (Clase A: NOM-004-SEMARNAT-2002).
  - ✓ Disposición en relleno sanitario.



# TECNOLOGÍAS PARA EL TRATAMIENTO DE LODOS RESIDUALES

## 5. INCINERACIÓN.

- Ventajas

- ✓ Es el proceso que permite la mayor reducción de humedad, llegando a niveles del 5%, teniéndose sólo cenizas como producto final.

- Desventajas

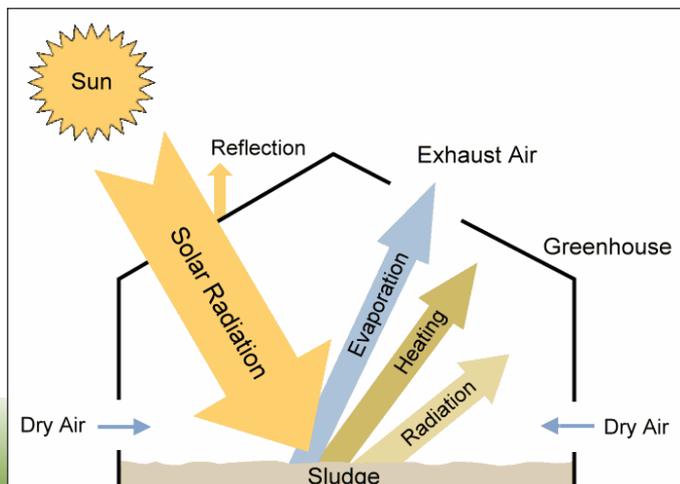
- ✓ Costos de inversión, operación y mantenimiento superiores a la disposición en relleno sanitario y al secado térmico.
- ✓ Se reducen las posibilidades de reutilización.
- ✓ Se requiere personal altamente calificado para su operación y mantenimiento.
- ✓ Se requieren sofisticados y costosos sistemas de depuración de gases para evitar contaminación a la atmósfera.

# TECNOLOGÍAS PARA EL TRATAMIENTO DE LODOS RESIDUALES

## 6. OTRAS TECNOLOGÍAS DE RECIENTE APLICACIÓN.

### ● SECADO TÉRMICO SOLAR DE LODOS

- ✓ El proceso consiste en disponer los lodos residuales en invernaderos, con la finalidad de aprovechar el calor obtenido del sol para su secado.
- ✓ Los lodos se dispersan en el piso de los invernaderos y se someten a un constante volteo mecánico para obtener un secado uniforme.
- ✓ El producto final puede tener aplicaciones en la agricultura, o de lo contrario debe confinarse de alguna manera (relleno, incineración).



# TECNOLOGÍAS PARA EL TRATAMIENTO DE LODOS RESIDUALES

## 6. OTRAS TECNOLOGÍAS DE RECIENTE APLICACIÓN.

### SECADO TÉRMICO SOLAR DE LODOS

- Ventajas

- ✓ Se ofrecen niveles de secado hasta alcanzar un contenido de sólidos de entre del 80 al 90%.
- ✓ Se elimina el requerimiento de combustible para el secado de lodos.

- Desventajas

- ✓ Costos de inversión elevados (24 euros por habitante servido; para la ZMM alrededor de 100 millones de euros).
- ✓ Prevalecen patógenos en el proceso.
- ✓ Tiempo prolongado de secado (10 días), lo que implica grandes invernaderos para tener capacidad de secado de grandes volúmenes.
- ✓ Problemas de olores.
- ✓ Prevalece un producto residual que debe confinarse.



# TECNOLOGÍAS PARA EL TRATAMIENTO DE LODOS RESIDUALES



**1.000 kg**

**Wet sludge**  
4% DS  
40–80% organic in DS

**Mechanical waste water treatment**

Sieves,  
Screens,  
Sand filters



**160 kg**

**Dewatered sludge**  
25% DS  
40–80% organic in DS

**Dewatering**

Belt presses,  
Decanter centrifuges,  
Filter presses



**44 kg**

**Dried sludge**  
>90% DS  
40–80% organic in DS

**Drying**

Belt-, Drum- and  
Fluidbed drying systems



**thermal and  
substantial utilization**



**20 kg**

**Ash**  
0–3% organic  
> 99% DS

**Thermal utilization**

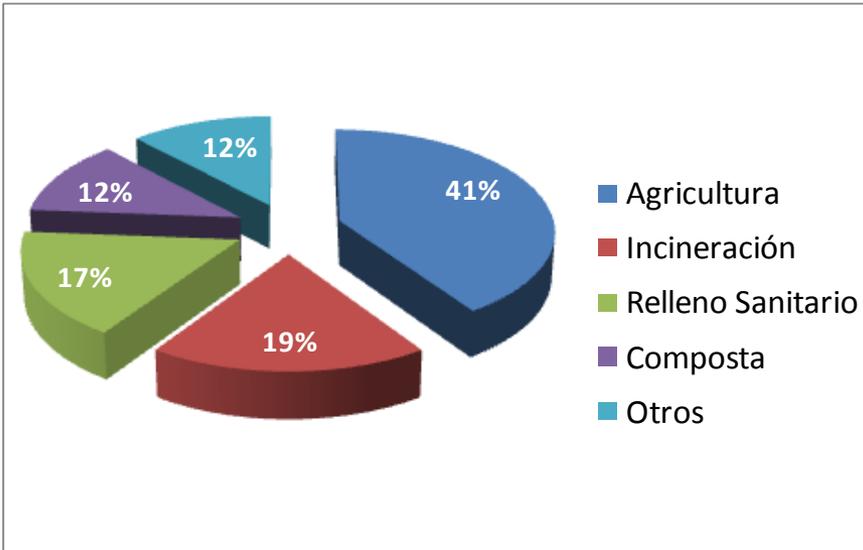
- direct with EcoDry  
- external (industry, agriculture)



# USO DE TECNOLOGÍAS EN EL MUNDO

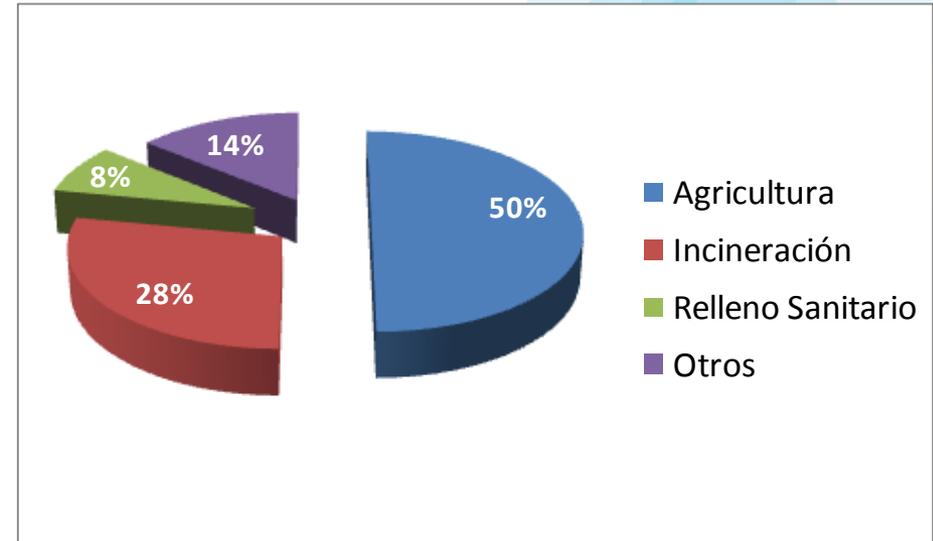
# USO DE TECNOLOGÍAS EN LA UNIÓN EUROPEA

## DATOS A 2005



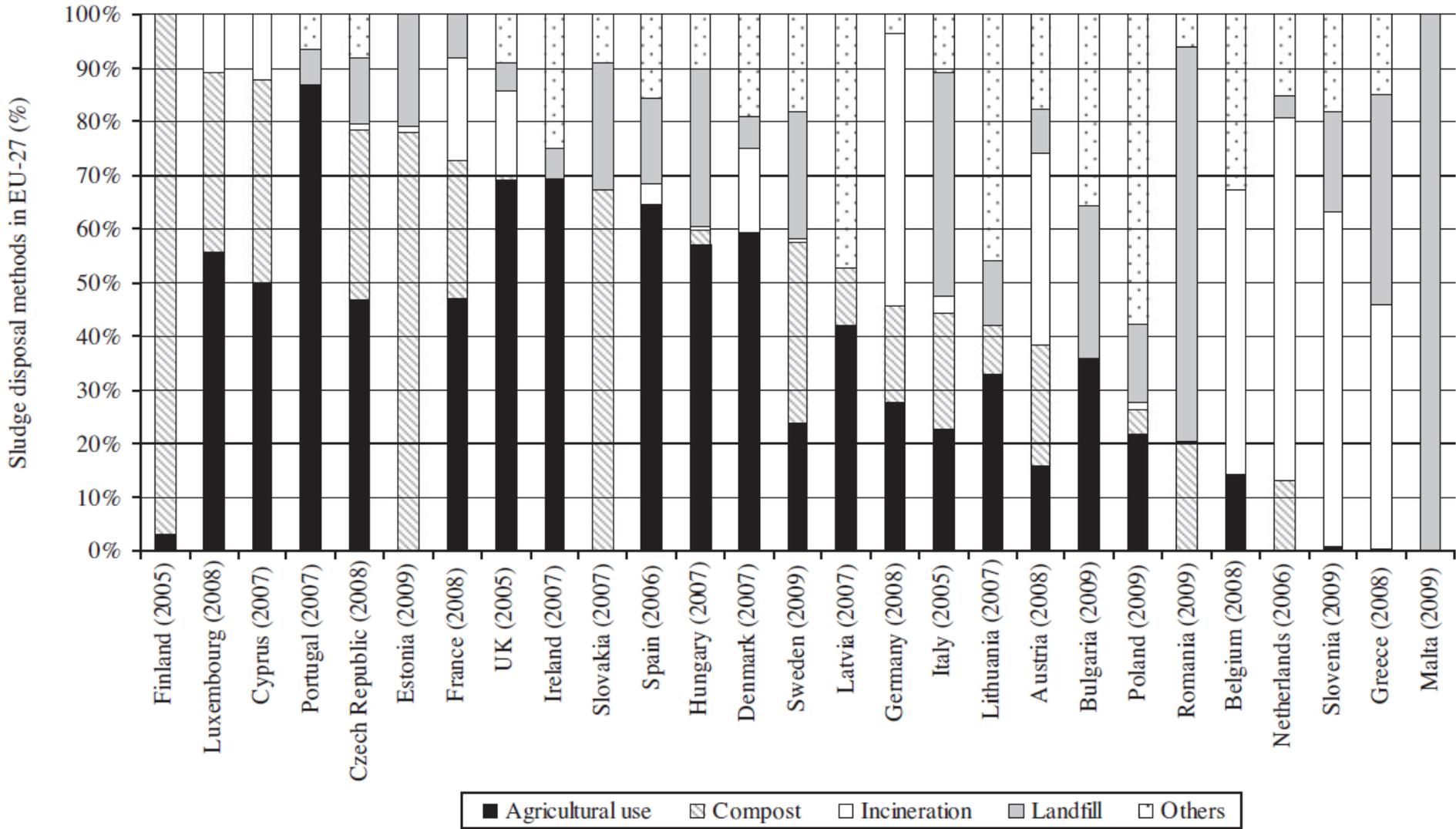
Comparative study of the methods used for treatment and final disposal of sewage sludge in European countries. Elsevier Journal. 2011

## PROYECCIONES A 2020



Environmental, economic and social impacts of the use of sewage sludge on land. Milieu Ltd. for the European Commission. 2008

# USO DE TECNOLOGÍAS EN LA UNIÓN EUROPEA



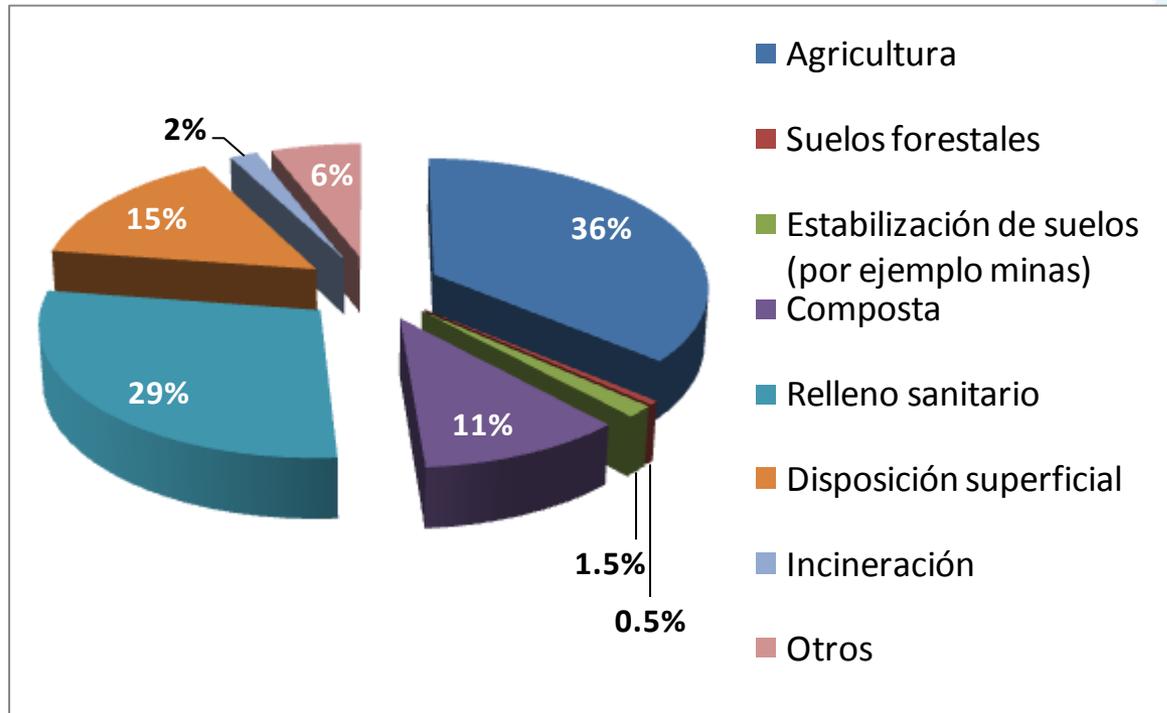
## USO DE TECNOLOGÍAS EN LA UNIÓN EUROPEA

- Algunas plantas de secado térmico de lodos identificadas son:

- ✓ Barcelona, España
- ✓ Lugo, España
- ✓ Alicante, España
- ✓ Dublín, Irlanda
- ✓ Málaga, España
- ✓ Burdeos, Francia
- ✓ Madrid, España
- ✓ Melilla, España
- ✓ Bradford, Inglaterra

# USO DE TECNOLOGÍAS EN ESTADOS UNIDOS

## DATOS A 2004



## USO DE TECNOLOGÍAS EN ESTADOS UNIDOS

- Al año 2004 existían 234 incineradores funcionando en Estados Unidos.
- Algunas plantas de secado térmico de lodos en Estados Unidos son:
  - ✓ Milwaukee, WI
  - ✓ Baltimore, MD
  - ✓ North Andover, MA
  - ✓ Newport, TN
  - ✓ Sacramento, CA
  - ✓ Ocean County, NJ
  - ✓ St. Paul, MN
  - ✓ Waco, TX
  - ✓ New York City, NY
  - ✓ Amsterdam, NY
  - ✓ Hamilton City, OH
  - ✓ Hartford, Connecticut
  - ✓ Millbury, MA

## USO DE TECNOLOGÍAS EN MÉXICO

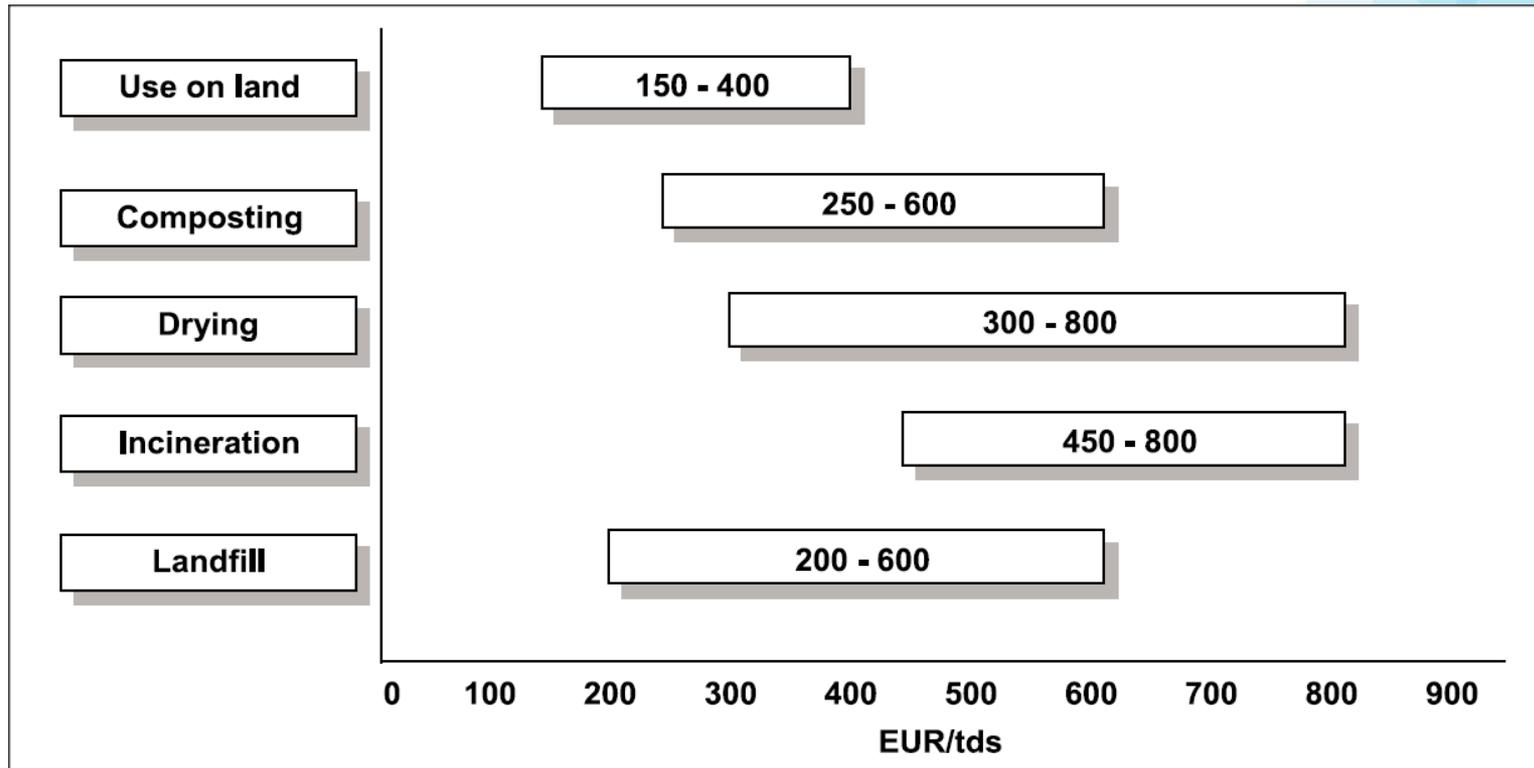
- El método generalizado en México para la disposición final de lodos, es el confinamiento en relleno sanitario o tiraderos a cielo abierto.
- Existen casos en que los lodos residuales se vierten directamente a cuerpos de agua.



- Ejemplos de algunas prácticas:
  - ✓ Compostaje en PTAR Internacional Nuevo Laredo (uso para donaciones a instituciones, parques y jardines de la ciudad y áreas verdes de la planta). Generación aproximada de lodos: 10 ton/día.
  - ✓ PTAR Atotonilco. Capacidad media de tratamiento 33 m<sup>3</sup>/seg de agua. Generación de lodos: 2,297 ton/día, con disposición en relleno sanitario.
  - ✓ Aplicaciones para uso agrícola a nivel de proyectos académicos de investigación.

## COSTOS DE TECNOLOGÍAS

- Rangos comparativos de costos de tratamiento de lodos (Euros/ton **base seca**)



## COSTOS DE TECNOLOGÍAS

- Referencias de costos de secado térmico de lodos (costo promedio **base húmeda**).

COSTOS EN OTROS SITIOS DONDE SE APLICAN TECNOLOGÍAS DE SECADO TÉRMICO DE LODOS		DÓLARES/TON	PESOS/TON	PROMEDIO (PESOS/TON)
PAÍS	PLANTA			
EUA	HARTFORD, CONNETICUT	37.4	486.2	611.1
JAPÓN	YOKOHAMA DOCKYARD AND MACHINERY WORKS, TOKYO	42.3	549.9	
EUA Y CANADÁ	MILLBURY, MA ST. PAUL, MN PICKERING, ONTARIO CRACSTONE RHODE ISLAND	37.4	486.2	
EUA	HAMILTON CITY, OH	84.28	1095.64	
INGLATERRA	DIVERSAS EXPERIENCIAS	33.66	437.58	

## CONCLUSIONES SOBRE ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS

- Estabilización para uso agrícola. *NO se consideró como alternativa viable para SADM, para realizar un análisis más detallado, debido a:*
  - ✓ No existe un mercado en las inmediaciones de Monterrey para comercializar las casi 450 toneladas que se generan diariamente de lodos.
  - ✓ Los costos de transporte de los lodos residuales estabilizados implican un costo importante a considerar, que le resta ventajas económicas a esta alternativa.
  - ✓ Existe debate internacional respecto a los daños a la salud humana, suelos, acuíferos y fauna, por la aplicación de lodos residuales en agricultura.



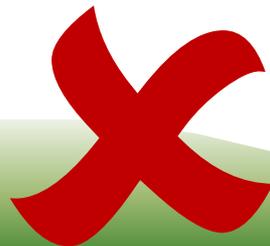
## CONCLUSIONES SOBRE ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS

- Relleno sanitario. *Se consideró como alternativa viable, para realizar un análisis más detallado, debido a:*
  - ✓ Es el método aplicado actualmente.
  - ✓ No es factible seguir operando el relleno de Dulces Nombres, por los impactos negativos que genera en la zona Pesquería – Aeropuerto Internacional Mariano Escobedo, pero se puede construir un nuevo relleno más alejado de la mancha urbana.
  - ✓ Para optimizar los costos de transporte desde Dulces Nombres al nuevo relleno, se podría implementar un lododucto.



## CONCLUSIONES SOBRE ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS

- Incineración. *NO se consideró como alternativa viable para SADM, para realizar un análisis más detallado, debido a:*
  - ✓ Altos costos de inversión.
  - ✓ Altos costos de operación y mantenimiento, fundamentalmente por el alto consumo energético.
  - ✓ Tecnología riesgosa (incendio y explosión).
  - ✓ Es necesario implementar sofisticados sistemas depuradores de gases, para evitar contaminación atmosférica, con los costos que esto representa.
  - ✓ Con las cenizas resultantes, si bien se reduce considerablemente el volumen (en alrededor del 75%), se tiene un producto residual que debe ser confinado.



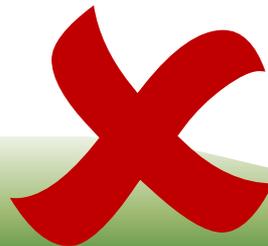
## CONCLUSIONES SOBRE ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS

- Secado térmico de lodos. *Se consideró como alternativa viable, para un análisis más detallado, debido a:*
  - ✓ Los costos de inversión, operación y mantenimiento son menores a la incineración, aunque mayores al relleno sanitario.
  - ✓ El requerimiento energético es menor a la incineración, por tratarse de un proceso de baja temperatura.
  - ✓ Con la tecnología adecuada se pueden eliminar la totalidad de patógenos, así como olores y contaminación atmosférica.
  - ✓ Con la tecnología adecuada, se carece de riesgos de incendio y explosión.
  - ✓ El producto residual tiene un mercado potencial en la industria cementera, con lo cual su comercialización es más factible en una ciudad como Monterrey, respecto a la aplicación de lodos para uso agrícola.



## CONCLUSIONES SOBRE ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS

- Secado solar de lodos. *NO se consideró como alternativa viable para SADM, para realizar un análisis más detallado, debido a:*
  - ✓ Es una tecnología relativamente nueva, con pocas aplicaciones a nivel mundial.
  - ✓ Hay riesgo de generación de olores.
  - ✓ Riesgo de que prevalezcan patógenos en el proceso.
  - ✓ Se requieren grandes extensiones de terreno.
  - ✓ Costos de inversión elevados.
  - ✓ Prevalece un producto residual que debe confinarse, dada la carencia de un mercado agrícola.



## CONCLUSIONES SOBRE ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS

- Las dos alternativas para analizar económicamente corresponden a:
  - ✓ Nuevo relleno sanitario más alejado de la zona urbana Pesquería – Aeropuerto Mariano Escobedo (en municipio de Dr. González), con un lododucto para conducción de lodos desde la PTAR Dulces Nombres.
  - ✓ Planta de secado térmico de lodos.

# ANÁLISIS ECONÓMICO DE ALTERNATIVAS

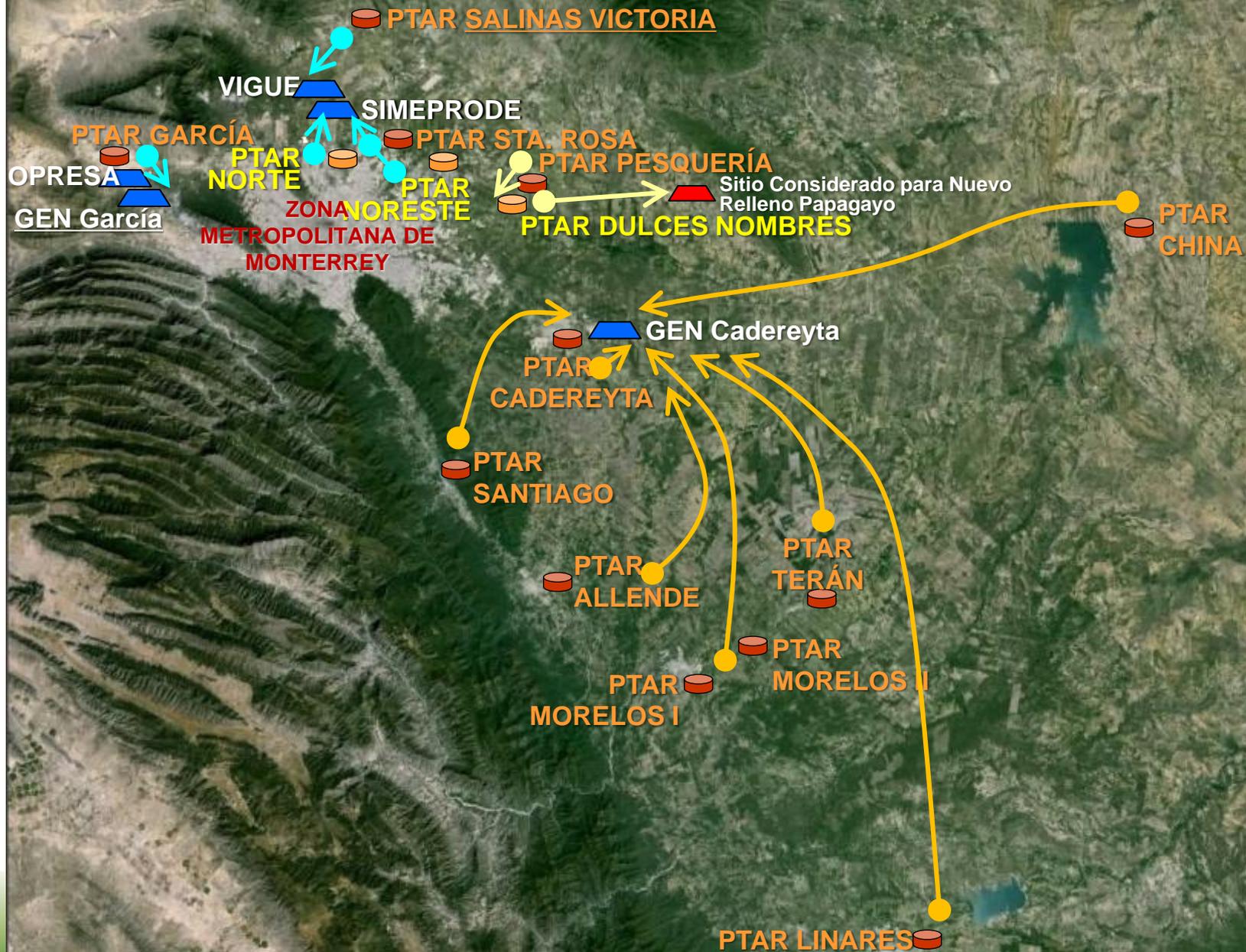
**NUEVO RELLENO SANITARIO EN DR.  
GONZÁLEZ CON LODODUCTO DESDE PTAR  
DULCES NOMBRES**

## ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

### **NUEVO RELLENO SANITARIO CON LODODUCTO**

- Esta alternativa consiste en la construcción de un nuevo relleno sanitario más alejado de la mancha urbana, a alrededor de 35 km de Dulces Nombres.
- Se construiría un lododucto para conducir los lodos residuales de la PTAR Dulces Nombres al nuevo relleno, evitando el transporte en camiones.
- De la PTAR Pesquería se trasladarían los lodos residuales a Dulces Nombres, para incorporarlos en el lododucto.
- Las arenas y basura de la PTAR Dulces Nombres y de la PTAR Pesquería se trasladarían en camiones al nuevo relleno.
- Del resto de las PTARs se podrían confinar los lodos residuales, arenas y basura en los rellenos sanitarios disponibles más cercanos a cada PTAR.
- Esta alternativa podría comenzar a operar en un escenario optimista en el año 2016, por la gestión de los permisos correspondientes, la adquisición del predio y la ejecución de las obras.

# OPERACIÓN CON NUEVO RELLENO SANITARIO



# NUEVO RELLENO SANITARIO CON LODODUCTO

## ● COSTOS PARA SADM:

<b>COSTOS OPERATIVOS</b>			
CONCEPTO	COSTO 2016		
	TOTAL ANUAL	TONELADAS (lodos, arena, basura)	COSTO UNITARIO (pesos/ton)
Transporte y confinamiento de PTAR Dulces Nombres en nuevo relleno	53,132,209	172,801	307.48
Transporte de PTAR Noreste y confinamiento en SIMEPRODE	12,100,991	65,374	185.11
Transporte de PTAR Norte y confinamiento en SIMEPRODE	13,311,199	73,951	180.00
Transporte de PTARs Foráneas y confinamiento en rellenos más cercanos	4,481,738	12,612	355.35
<b>Costo Total</b>	<b>83,026,137</b>	<b>324,738</b>	<b>255.67</b>
<b>COSTOS COMPLEMENTARIOS</b>			
Costo total por inversiones en nuevo relleno sanitario y lododucto		440,800,000	pesos
Costo total por inversiones para incrementos de capacidad de relleno en el periodo 2013-2040		438,600,000	pesos
Costo incremental de transporte de personal hasta el nuevo relleno		11,344,107	pesos
Costo por clausura de celdas y conservación de ambos rellenos como pasivos ambientales		172,589,716	pesos
<b>COSTOS TOTALES</b>			
Costo Total 2013 - 2040		4,440,200,027	pesos
Costo Anual Equivalente (CAE)		152,079,103	pesos
Promedio lineal 2013 - 2040		<b>419</b>	pesos/ton

# NUEVO RELLENO SANITARIO CON LODODUCTO

## COSTOS SOCIOECONÓMICOS

<b>EXTERNALIDADES NEGATIVAS</b>			
Externalidades negativas en predios cercanos al nuevo relleno sanitario		67,759,668	pesos
Tiempo de transporte del personal hasta el nuevo relleno sanitario		18,111,674	pesos
Daños ocasionados a pavimentos durante el transporte		1,281,653,079	pesos
<b>COSTOS SOCIOECONÓMICOS TOTALES</b>			
Costo total por externalidades 2013-2040		167	pesos/ton
Costo para SADM		419	pesos/ton
Costo promedio socioeconómico lineal 2013 - 2040		<b>586</b>	pesos/ton

# PLANTA DE SECADO TÉRMICO EN PTAR DULCES NOMBRES

## ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

### SECADO TÉRMICO DE LODOS

- Entre las nuevas tecnologías, se considera como mejor alternativa técnica y económica el Secado Térmico de Lodos, por ofrecer menores costos respecto a la incineración, además de que no presenta problemas de mercado respecto a la opción de estabilización de lodos para comercialización de fertilizantes.
- Esta tecnología se considera como la más viable por ofrecer las siguientes ventajas:
  - ✓ Proceso con circuito cerrado de gases que no emite polvos, gases ni olores a la atmósfera
  - ✓ Bajo costo energético
  - ✓ El producto final puede ser utilizado como combustible, principalmente en la industria cementera
  - ✓ El único residuo del proceso es agua
  - ✓ Nulo riesgo de incendio o explosión en las instalaciones (en otras tecnologías se tiene este riesgo latente)
  - ✓ Existen diversas experiencias exitosas en España, Irlanda, Francia y recientemente en Brasil.

## ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

### SECADO TÉRMICO DE LODOS

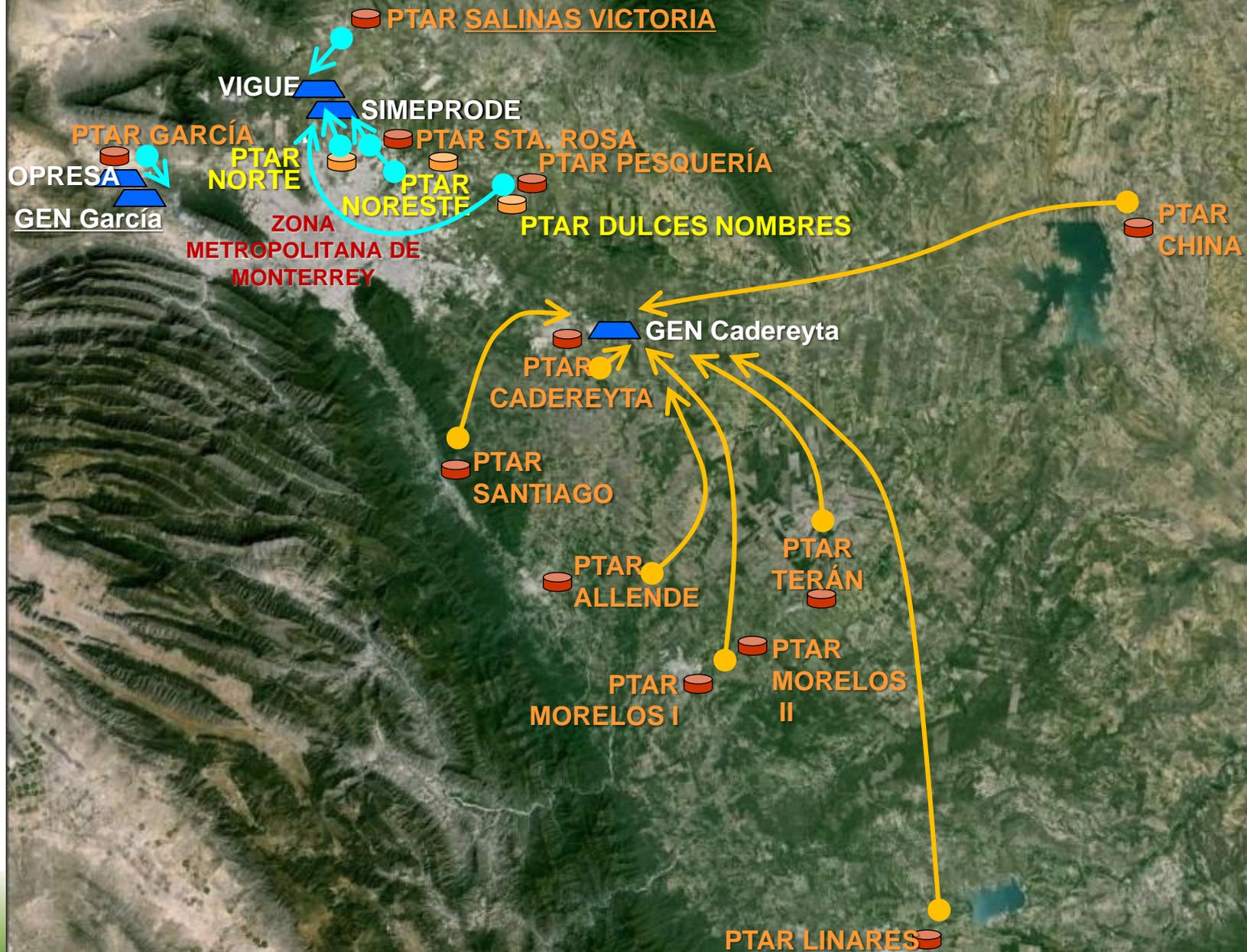
- El proyecto consiste en la construcción de una Planta de Secado Térmico de Lodos para ser construida dentro de las instalaciones de la PTAR Dulces Nombres.
- La empresa ganadora sería responsable de la inversión, operación y mantenimiento de la planta por un periodo de 25 años, mediante un contrato de prestación de servicios, después del cual la planta pasaría a ser propiedad de SADM.
- De esta manera, el financiamiento inicial de la infraestructura se realiza con capital privado, de la misma forma en la que actualmente operan los contratos de prestación de servicios.
- Durante los 25 años se aplicaría una tarifa estimada de alrededor de 408 pesos por tonelada de lodos residuales tratados.

## ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

### **SECADO TÉRMICO DE LODOS**

- Existe el potencial de que los lodos secos obtenidos del proceso se comercialicen, por parte de la empresa ganadora, a cualquier planta cementera, sustituyendo parcialmente combustible fósil en la producción de cemento, con lo cual también se obtienen beneficios socioeconómicos y ambientales por disminución de emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera, además del valor del lodo seco como material residual de reúso en la fabricación de cemento.
- En la Planta de Secado Térmico se tratarían todos los lodos residuales de la PTAR Dulces Nombres y el resto de los lodos se confinarían en rellenos sanitarios disponibles, además de las arenas y basura de todas las PTARs.
- De esta manera se podría clausurar el relleno sanitario de Dulces Nombres.
- Una vez comprobada la eficiencia de la planta y sus beneficios, podrían analizarse nuevos proyectos similares para el resto de las PTARs en ubicaciones estratégicas.

# OPERACIÓN CON PLANTA DE SECADO TÉRMICO



# SECADO TÉRMICO DE LODOS

## ● COSTOS PARA SADM:

COSTOS OPERATIVOS			
CONCEPTO	COSTO 2016		
	TOTAL ANUAL	TONELADAS (lodos, arena, basura)	COSTO UNITARIO (pesos/ton)
Tratamiento en Planta de Secado Térmico de lodos de PTAR Dulces Nombres	85,651,913	171,888	498.30
Traslado de lodos hacia planta de secado	1,861,629		10.83
Traslado de arenas y basura de PTAR Dulces Nombres y confinamiento en SIMEPRODE	240,340	913	263.33
Transporte de PTAR Noreste y confinamiento en SIMEPRODE	12,100,991	65,374	185.11
Transporte de PTAR Norte y confinamiento en SIMEPRODE	13,311,199	73,951	180.00
Transporte de PTARs Foráneas y confinamiento en rellenos más cercanos	4,182,245	12,612	331.61
<b>Costo Directo</b>	<b>117,348,318</b>	<b>324,738</b>	<b>361.4</b>
COSTOS COMPLEMENTARIOS			
Costo por clausura de celdas y conservación de como pasivo ambiental del relleno de Dulces Nombres		65,562,849	pesos
Costo para SADM por acondicionamiento de líneas de agua y biogás para la planta		13,714,000	pesos
COSTOS TOTALES			
Costo Total 2013 - 2040		3,809,695,090	pesos
Costo Anual Equivalente (CAE)		132,627,887	pesos
Promedio lineal 2013 - 2040		<b>359.2</b>	pesos/ton

# SECADO TÉRMICO DE LODOS

- COSTOS SOCIOECONÓMICOS**

<b>EXTERNALIDADES NEGATIVAS</b>			
Daños ocasionados a pavimentos durante el transporte		1,925,377,924	pesos
<b>EXTERNALIDADES POSITIVAS</b>			
Valor del lodo residual seco para industria cementera		398,005,316	pesos
Reducción de emisiones de CO <sub>2</sub> equivalente		613,542,828	pesos
<b>COSTOS SOCIOECONÓMICOS TOTALES</b>			
Costo total por externalidades 2013-2040		93	pesos/ton
Costo para SADM		359	pesos/ton
Costo promedio socioeconómico lineal 2013 - 2040		<b>452.4</b>	<b>pesos/ton</b>

# RESUMEN DE ALTERNATIVAS

	ALTERNATIVA	COSTO LINEAL PROMEDIO POR TONELADA (2013-2040)		
		COSTO DIRECTO PARA SADM	EXTERNALIDADES NEGATIVAS (AFECTACIONES A TERCEROS)	COSTO SOCIOECONÓMICO
<b>1</b>	MANTENER LA OPERACIÓN DEL RELLENO SANITARIO DULCES NOMBRES COMO EN LA SITUACIÓN ACTUAL (ESCENARIO NO SOSTENIBLE SOCIAL Y AMBIENTALMENTE)	<b>321</b>	<b>194</b>	<b>515</b>
<b>2</b>	NUEVO RELLENO SANITARIO CON LODODUCTO	<b>419</b>	<b>167</b>	<b>586</b>
<b>3</b>	PLANTA DE SECADO TÉRMICO DE LODOS PARA PTAR DULCES NOMBRES	<b>359</b>	<b>93</b>	<b>452</b>

# COMPARATIVA NUEVO RELLENO VS. PLANTA DE SECADO TÉRMICO

## COSTOS PARA SADM

- Para los costos estimados del nuevo relleno, el nivel de incertidumbre en el costeo es despreciable, por tratarse de un proceso ya aplicado por SADM, con costos efectivamente observados, tanto de la operación como de la inversión en el relleno y en el lododucto.
- No obstante, en el caso del proceso de secado térmico de lodos, podría existir cierto nivel de incertidumbre respecto a los costos estimados de tratamiento, debido a que no hay referencias en México sobre la aplicación de esta tecnología.
- Por este motivo, se analizó hasta qué costo sería aceptable, para que se mantuviera como mejor alternativa económica para SADM con respecto a la construcción y operación de un nuevo relleno sanitario con lododucto.

# COMPARATIVA NUEVO RELLENO VS. PLANTA DE SECADO TÉRMICO

## COSTOS PARA SADM

TRATAMIENTO	COSTO PROMEDIO POR TONELADA TRANSPORTADA EN LODODUCTO Y CONFINADA EN NUEVO RELLENO	COSTO PROMEDIO POR TONELADA POR EL MANEJO DE LA TOTALIDAD DE LOS LODOS (DULCES NOMBRES Y PESQUERÍA EN NUEVO RELLENO, RESTO DE PTARs EN RELLENOS EXISTENTES)
NUEVO RELLENO SANITARIO EN DR. GONZÁLEZ, CON LODODUCTO	<b>650</b>	<b>419</b>

# OPCIONES PARA LA TOMA DE DECISIONES

## OPCIONES PARA LA TOMA DE DECISIONES

- A. Mantener la operación como hasta ahora, con la operación del relleno sanitario de la PTAR Dulces Nombres y sus ampliaciones futuras.
- Ventajas
    - ✓ Es la opción más barata para SADM.
  - Desventajas
    - ✓ Se mantienen los impactos negativos en la periferia del relleno sanitario, por proliferación de moscas y olores, afectando el potencial de desarrollo urbano del corredor Pesquería – Aeropuerto Internacional Mariano Escobedo.
    - ✓ Se mantienen los potenciales impactos negativos en suelos y acuíferos por la operación del relleno sanitario.

## OPCIONES PARA LA TOMA DE DECISIONES

B. Licitación de la construcción de un nuevo relleno sanitario en el municipio de Dr. González, a 30 kilómetros del actual relleno de Dulces Nombres, con un lododucto para el traslado de lodos residuales.

- Ventajas

- ✓ Se eliminan en el corto y mediano plazo los impactos negativos en la periferia del relleno sanitario de Dulces Nombres.

- Desventajas

- ✓ Habría un incremento marginal de costos de tratamiento de lodos residuales.
- ✓ Se postergan los impactos negativos de la operación de un relleno sanitario, para futuras generaciones.
- ✓ Se mantiene la incertidumbre de potenciales afectaciones a suelos y acuíferos.

## OPCIONES PARA LA TOMA DE DECISIONES

C. Licitación de la implementación de un sistema de secado térmico de lodos en la PTAR Dulces Nombres.

- Ventajas

- ✓ Se eliminan en el corto, mediano y largo plazo los impactos negativos en la periferia del relleno sanitario de Dulces Nombres.
- ✓ Existe un potencial de generar beneficios ambientales por sustitución de combustible fósil en la producción de cemento.

- Desventajas

- ✓ Habría un incremento marginal de costos de tratamiento de lodos residuales.

## OPCIONES PARA LA TOMA DE DECISIONES

- En caso de optarse por la implementación del secado térmico de lodos, se seguiría el siguiente procedimiento:
  - ✓ Llevar a cabo la licitación del servicio de secado térmico de lodos, con las especificaciones de la tecnología que SADM considera la más adecuada en función de los análisis técnicos realizados.
  - ✓ Cumpliendo con las especificaciones tecnológicas, en caso de que ninguna de las propuestas ofrezca un precio competitivo respecto a la alternativa de implementación del relleno sanitario con lododucto, se declarararía desierta la licitación y se podría considerar la opción de construcción del nuevo relleno en Dr. González, con un lododucto desde Dulces Nombres.
  - ✓ La referencia de precio máximo para el secado térmico sería de hasta **622 pesos/ton**, con lo cual el costo promedio por el tratamiento de los lodos residuales, considerando que una parte de ellos se confinaría en rellenos disponibles, sería de **419 pesos/ton**, que es el mismo costo promedio del manejo de lodos al incorporarse un nuevo relleno sanitario en Dr. González con lododucto.

## CONCLUSIONES

- Por la naturaleza pública de SADM, se considera que la mejor alternativa es la operación de la Planta de Secado Térmico de Lodos para la PTAR Dulces Nombres, con lo cual SADM tendría una estructura de costos mayor respecto al traslado y disposición final en su situación actual –misma que no debería continuar–, pero asumiendo su compromiso social y ambiental.
- Con respecto a la opción del manejo de lodos en un nuevo relleno sanitario con un lododucto –opción que podría eliminar coyunturalmente los problemas del relleno de Dulces Nombres –, el Secado Térmico de Lodos sí genera ahorros en costos directos a SADM.
- Socioeconómicamente la alternativa de operación de la Planta de Secado Térmico en Dulces Nombres es la que permite un manejo más eficiente de los lodos residuales, arenas y basura, con menor costo para SADM y con los impactos socioeconómicos negativos más bajos.

## **ANÁLISIS DEL ESQUEMA DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO:**

***LICITAR LA CONSTRUCCIÓN DE UNA PLANTA DE SECADO TÉRMICO DE LODOS, CON OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DIRECTO POR PARTE DE SADM***

***VS.***

***LICITAR EL SERVICIO DE SECADO TÉRMICO DE LODOS A UN TERCERO***

## **CONSIDERACIONES PARA LA COMPARACIÓN DE COSTOS**

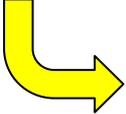
- **En caso de que SADM licite sólo la construcción de la planta de secado térmico de lodos y se haga cargo de la operación y mantenimiento de la planta, se tendrían los siguientes ajustes en costos:**
  - ✓ Los costos de operación serían más elevados, debido a las prestaciones del personal sindicalizado de SADM.
  - ✓ Se elimina la utilidad para el inversionista privado, salvo en los siguientes rubros:
    - Costos de inversión, ya que la construcción de la planta sería realizada por una empresa privada, que aplicaría una utilidad normal por la ejecución de las obras.
    - Costos de mantenimiento, ya que por la tecnología de vanguardia a utilizar, se requeriría de mantenimiento y refacciones especializadas.
  - ✓ Se elimina el pago de ISR en gastos de operación.
  - ✓ Se considera un plazo mayor para el pago del crédito en caso de ser contratado por SADM (25 años vs 15 años).

## COMPARACIÓN DE COSTOS

	ALTERNATIVA	COSTO PROMEDIO POR TONELADA
<b>1</b>	LICITAR CONSTRUCCIÓN DE PLANTA DE SECADO TÉRMICO, CON OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO A CARGO DE SADM	<b>403.08</b>
<b>2</b>	LICITAR EL SERVICIO DE SECADO TÉRMICO DE LODOS	<b>498.30</b>

- La licitación de la planta, con operación y mantenimiento a cargo de SADM, implica un ahorro promedio en costos directos de **95.22 pesos/ton** durante el periodo 2016-1040.
- Este ahorro es del **19.11%**, respecto a licitar el servicio.

## RIESGOS NO INCORPORADOS EN EL COSTO DIRECTO

- Riesgos de manejo de la tecnología.
  - ✓ Por tratarse de tecnología de vanguardia, hay un riesgo latente de que la falta de experiencia del organismo operador en plantas y tecnologías de este tipo, genere:
    - Sobrecostos por curvas de aprendizaje
    - Detenciones prolongadas ante fallas
    - Manejo adecuado de inventarios de refacciones (riesgo de paro y riesgo de sobrecosto)
-  Con un CPS por el servicio de secado, los riesgos se trasladan al prestador del servicio, con una tarifa fija e inamovible, trasladándosele la responsabilidad por el adecuado manejo de los lodos aún ante detenciones por fallas.
- Riesgos en la comercialización de lodos secos a cementeras.

## RIESGOS NO INCORPORADOS EN EL COSTO DIRECTO

- No se cuenta con disponibilidad presupuestal para un proyecto de esta magnitud, que implicaría alrededor de **264.4** millones de pesos entre los años 2014-2015, así como **91.5** millones adicionales para ampliación en 2018.
- Sería altamente riesgoso para SADM contratar deuda para la ejecución del proyecto, considerando:
  - ✓ Se tienen vigentes créditos para el pago de las obras **Monterrey IV** (Presa Cuchillo) y **Monterrey V** (2º Anillo de Transferencias; ampliación PTARs):
    - Entre las “**obligaciones de hacer y no hacer**” de estos créditos, existen impedimentos para que SADM incremente las obligaciones de pago para nuevos créditos, de manera que para contratar deuda adicional, se requeriría una reestructura de la deuda actual, con riesgos de que se incremente la sobretasa que actualmente se tiene fijada.
  - ✓ Las sobretasas se fijan, entre otros factores, en función de la calificación del riesgo crediticio del organismo.

## RIESGOS NO INCORPORADOS EN EL COSTO DIRECTO

- Sería altamente riesgoso para SADM contratar deuda para la ejecución del proyecto, considerando:
  - ✓ Actualmente se tiene una Calificación Corporativa “**HR A**”, asignada por HR Ratings, **con perspectiva estable**.
  - ✓ Esta calificación implica que SADM ofrece “**...seguridad aceptable para el pago oportuno de obligaciones de deuda...**” y “**Mantiene bajo riesgo crediticio**”.
  - ✓ No obstante, entre los factores negativos que HR Ratings destaca en su calificación, se encuentran los siguientes:
    - La mayoría de sus ingresos están comprometidos para el pago de la deuda;
    - En los contratos de crédito se establecen “**obligaciones de hacer y no hacer**”, que en caso de no cumplirse podrían activar un evento de vencimiento anticipado.
  - ✓ Para el pago del suministro de agua en bloque del **Proyecto Monterrey VI**, si bien no se contratará deuda, pero las garantías de pago del servicio corresponderán a los remanentes de operación de SADM, después del pago de la deuda actual.

## RIESGOS NO INCORPORADOS EN EL COSTO DIRECTO

- Así, la contratación de deuda para ejecutar el proyecto y operarlo por cuenta propia, podría implicar riesgos cuya sucesión en cadena puede generar un impacto considerable a las finanzas del organismo, si se llegara a incrementos en sobretasas de más de **0.92 puntos**, lo que pudiera llegar a ocurrir derivado de decrementos en la calificación.
- El mayor riesgo es que se precipite el pago anticipado de la deuda vigente, lo que tendría consecuencias muy graves para las finanzas del organismo.
- Por su parte, al contratarse el servicio de secado térmico de lodos se contabiliza como gasto de operación, sin comprometer la calificación crediticia o corporativa de SADM.
- El incremento en los costos globales del organismo al pasar del confinamiento en relleno sanitario de los lodos de Dulces Nombres, al confinamiento con secado térmico a través de un CPS, sería de alrededor de **0.5%**, de manera que no se generan impactos considerables en los flujos de operación y es factible amortizarlo con los incrementos normales indexados en tarifas.
- Todos los riesgos se mitigan con la contratación del servicio, con un sobrecosto para SADM de aproximadamente un **19.11%** respecto a operar la planta por cuenta propia.

***¡Gracias!***