

Proyectos demostrativos del Programa EnRes de GIZ

Las lecciones aprendidas



Programa Aprovechamiento Energético
de Residuos Urbanos en México



Programa Aprovechamiento Energético de Residuos Urbanos: Av. Insurgentes Sur 813, oficina 1301
Col. Nápoles, CP 03810
Ciudad de México, México

Ejecutado por: GIZ México

Por encargo de: Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo (BMZ) de Alemania

Autores: Equipo Técnico EnRes

Diseño: Leticia Llamas De la Torre, México

Fotografías: Portada (de izquierda a derecha y de arriba a abajo)
Unidad de Proyectos y de Investigación en Ingeniería Ambiental del Departamento de Ingeniería Química de la Facultad De Química de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)
Shutterstock Dmitri Maruta
Shutterstock Sander van der Werf
Unidad de Proyectos y de Investigación en Ingeniería Ambiental del Departamento de Ingeniería Química de la Facultad De Química de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)

Contraportada (de izquierda a derecha y de arriba a abajo)
Unidad de Proyectos y de Investigación en Ingeniería Ambiental del Departamento de Ingeniería Química de la Facultad De Química de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)
GIZ 2015
GIZ 2018
Unidad de Proyectos y de Investigación en Ingeniería Ambiental del Departamento de Ingeniería Química de la Facultad De Química de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)

Fecha de publicación: Abril, 2019

Las opiniones expresadas en este documento no necesariamente representan la opinión de la GIZ. Se autoriza la reproducción parcial o total, siempre y cuando sea sin fines de lucro y se cite a la fuente de referencia.

Proyectos demostrativos del Programa EnRes de GIZ

Las lecciones aprendidas

ENRES

Programa Aprovechamiento Energético de Residuos Urbanos en México

La presente publicación fue elaborada como parte del Programa Aprovechamiento Energético de Residuos Urbanos (EnRes). Su objetivo es, compartir las lecciones aprendidas, los desafíos y los retos enfrentados durante el desarrollo de los proyectos demostrativos que se trabajaron a lo largo de los cuatro años del programa.

El Programa EnRes es desarrollado en conjunto con la Secretaría de Energía (SENER) –Dirección General de Energías Limpias– y la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) –Dirección General Ambiental, Urbano y Turístico–, siendo ejecutado por la Cooperación Alemana al Desarrollo (GIZ) a través del encargo del Ministerio Federal Alemán de Cooperación Económica y Desarrollo (BMZ).

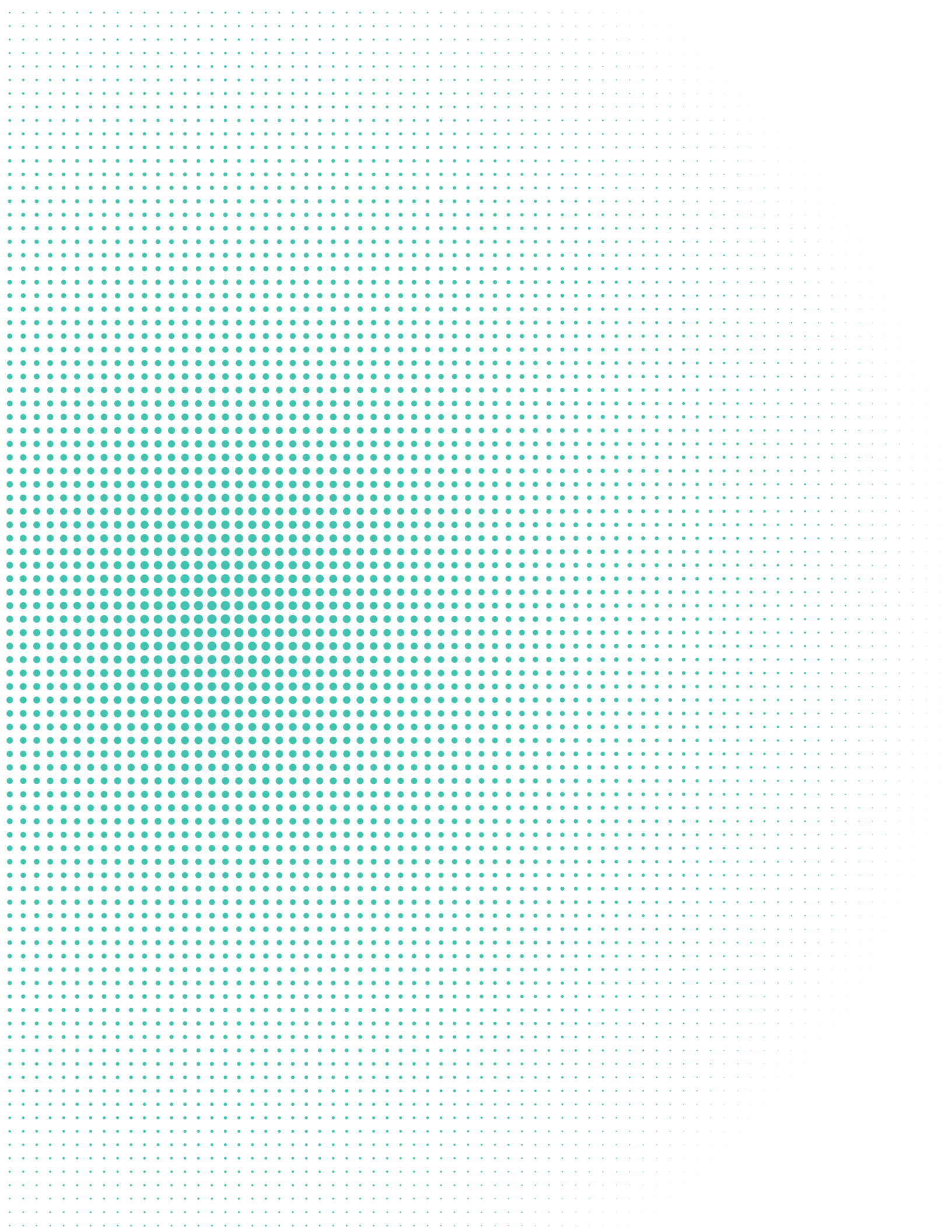
Este documento es un compilado de información general sobre proyectos en México que buscan el aprovechamiento energético a partir de residuos y que contaron con el apoyo del Programa EnRes en diferentes aspectos. La información se presenta en forma de breve relatoría, y aunque cada proyecto se apoyó dependiendo de las necesidades y el contexto de la región, destacan una serie de factores necesarios para desarrollarse como son: la vinculación de actores, el marco normativo, la elaboración de estudios técnicos, el financiamiento y el desarrollo de capacidades.

CONTENIDO

SIGLAS Y SÍMBOLOS	7
COZUMEL, QUINTANA ROO	9
NAUCALPAN DE JUÁREZ, ESTADO DE MÉXICO	13
LEÓN, GUANAJUATO	17
SALINAS VICTORIA, NUEVO LEÓN	21
XALAPA-ENRÍQUEZ, VERACRUZ	25
REFERENCIAS	29

SIGLAS Y SÍMBOLOS

APP	Asociación público-privada
BANOBRAS	Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos
BENLESA	Bioenergía de Nuevo León, S.A. de C.V.
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
CCAC	Coalición Clima y Aire Limpio (Climate and Clean Air Coalition)
CIM	Centre for International Migration and Development
CONOCER	Consejo Nacional de Normalización y Certificación de Competencias Laborales
CRE	Comisión Reguladora de Energía
ENRES	Aprovechamiento energético de residuos urbanos
EPA	Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de América (Environmental Protection Agency of USA)
FORSU	Fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos
GEI	Gases de efecto invernadero
GEF	Fondo para el Medio Ambiente Mundial (Global Environmental Facility)
GIZ	Cooperación Alemana al Desarrollo Sustentable
IFAT	Feria para tecnologías medioambientales (Internationale Fachmesse für Abwassertechnik)
INEGI	Instituto Nacional de Estadística y Geografía
KfW	Banco Alemán para el Desarrollo (German Development Bank)
kg/cápita	Kilogramo per cápita
MW	Megavatio
ONU	Organización de las Naciones Unidas
PTAR	Planta de tratamiento de aguas residuales
RSU	Residuos sólidos urbanos
PACMUNA	Programa de Acción Climática del Municipio de Naucalpan de Juárez (2013 – 2023)
PASA	Promotora Ambiental, S.A. de C.V.
PRORESOL	Programa de Residuos Sólidos Municipales
SAPAL	Sistema de Agua Potable y Alcantarillado de León
SEMARNAT	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
SENER	Secretaría de Energía
SHCP	Secretaría de Hacienda y Crédito Público
SIMEPRODE	Sistema Integral para el Manejo Ecológico y Procesamiento de Desechos del Estado de Nuevo León
t	Tonelada
t/día	Tonelada al día
tCO ₂ eq	Tonelada de dióxido de carbono equivalente
UNAM	Universidad Nacional Autónoma de México





Fotografía tomada por GIZ.

La condición insular del municipio, aunada a su estatus como centro turístico, presenta retos particulares en la gestión y manejo de sus residuos: La isla de Cozumel cuenta con una población de 86,514 habitantes según el último censo del INEGI en el año 2015 [1] y recibió durante el año 2018 un ingreso de turismo extranjero a la isla de 5,050,440 personas vía marítima y de 206,720 personas vía aeropuerto internacional [2]. La afluencia de turistas hacia la isla incide en la generación de residuos, de tal manera que la mitad de los residuos generados al día en la isla pertenecen al sector turístico [3]. La generación de residuos sólidos urbanos en la isla para el año 2017 fue de 97.6 toneladas al día, con una fracción orgánica del 43% [4].

La participación del Programa EnRes con el municipio de Cozumel ha constado de tres fases:

Primera fase

La primera fase inició en agosto del 2016, cuando el equipo del Programa EnRes realizó un estudio de prefactibilidad para un proyecto demostrativo de aprovechamiento energético de residuos en Cozumel; el primer paso consistió en la recopilación de información sobre la generación de residuos sólidos orgánicos. En general, en esta fase se realizaron aportaciones en materia de sensibilización, concientización y vinculación de actores en materia de aprovechamiento energético de residuos por medio de talleres, entrevistas y reuniones con consultores nacionales e internacionales y representantes del municipio, del sector hotelero y de la empresa privada encargada de la gestión de residuos en Cozumel.

Segunda fase

Para comenzar con la segunda fase, EnRes presentó un diagnóstico situacional sobre el manejo de residuos en el municipio, realizado por una consultoría nacional, con el fin de generar propuestas concretas de valorización energética de la fracción orgánica de los residuos, basadas en las cuatro líneas de trabajo propuestas inicialmente.

Al concluir la segunda fase, en un taller multisectorial, se acordaron cuatro líneas de trabajo:

1. Área de residuos de Municipio con enfoques de actualización, mayor eficiencia y aprovechamiento energético.
2. Actualización del sistema tarifario: mejora del sistema de cobros.
3. Caracterización de RSU/RME en Cozumel.
4. Proyecto demostrativo de biodigestión con sector hotelero.

Dentro de las actividades realizadas en la segunda fase, se inició con un estudio técnico de caracterización de RSU/RME en Cozumel y la presentación de resultados ante actores claves del Ayuntamiento, sector hotelero y la empresa encargada de recolección de los RSU/RME en la isla y su debida disposición final. A partir del diagnóstico se encontraron deficiencias tales como la duplicidad de funciones y la falta de aplicación de planes de manejo. Se destaca la importancia que implica contar con un buen manejo de residuos que mejore la imagen del municipio a favor del desarrollo del turismo como actividad económica.

En septiembre de 2018, se realizó una reunión de cierre de administración del Ayuntamiento. El proyecto en esta etapa se enfrentó a un desafío derivado del cambio de gobierno, al rotar las autoridades municipale, cambian también sus prioridades, de forma que la tarea de sensibilización respecto a la valorización energética de residuos urbanos tuvo que recomenzar con los nuevos representantes del Ayuntamiento. En una reunión con las nuevas autoridades se acordó la aportación del Programa EnRes en relación con el Plan Municipal de Desarrollo; e instalar una persona dentro del Municipio que fungirá como cabeza del área de residuos a fin de organizarlo con mayor eficiencia. Es decir que, debido a que los cambios de administración se realizan en periodos de tiempo desfasados en comparación con los tiempos que toma el desarrollo e implementación de un proyecto de aprovechamiento energético de residuos, el avance en el proyecto demostrativo de la isla fue limitado. También en el desarrollo de capacidades queda una gran área de oportunidad, ya que el municipio requiere de personas preparadas en materia de manejo y gestión integral de residuos que se apropien de un posible proyecto de aprovechamiento energético de residuos y que busquen mecanismos de financiamiento que funcionen para las condiciones particulares de la región.



Tercera fase

En la tercera fase, además del levantamiento de datos duros en cuanto a la generación de RSU/RME en la isla y la propuesta detallada de cómo hacer más eficiente el sistema tarifario relacionado a la recolección y disposición de los residuos generados en la isla, algunos de los éxitos del trabajo consistieron en el impulso de un plan de acción, basado en el concepto del aprovechamiento energético de residuos urbanos para el Programa Municipal para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos (PMPGIR) vigente, la introducción de principios de economía circular y desarrollo sustentable de la Agenda 2030 en el Plan Municipal de Desarrollo de Cozumel 2018-2021, así como propuestas específicas del cómo alinear varios reglamentos relacionados al ámbito de los residuos urbanos con el Plan Municipal de Desarrollo vigente. Asimismo, se planteó al Ayuntamiento la necesidad de contar con un área designada a la gestión integral de residuos, con un enfoque prioritario a la minimización de residuos y con visión de aprovechamiento energético para aquellos que no puedan evitar ser recuperados y/o producidos.

El proyecto demostrativo de biodigestión se encuentra actualmente en fase conceptual y se buscó dejarlo en las manos de actores clave del municipio de Cozumel y de la industria privada, que representan tanto el ámbito de recolección y tratamiento de residuos como del de la generación de residuos, sector financiero internacional y de la sociedad civil.





Fotografía tomada por GIZ.

En 2016, el municipio de Naucalpan de Juárez, en el Estado de México, se enfrentó al cierre de su relleno sanitario, lo que representó nuevos retos, entre ellos un aumento de casi el 50% en costo por tonelada para realizar la recolección, transporte y disposición final de los residuos.

Actualmente el relleno sanitario se encuentra operando nuevamente, la cantidad de residuos sólidos que se genera es de 1,347.88 toneladas/día, tomando en consideración los datos mostrados en el Programa para la Prevención Integral de los Residuos Sólidos y de Manejo Especial del Estado de México. El porcentaje de la fracción orgánica de los residuos en Naucalpan es 50.3 % y el 38.29 % corresponde a residuos inorgánicos, los cuales contienen un porcentaje significativo de residuos con potencial valorizable (14.03 %). De acuerdo con la estadística del INEGI, en 2015 habitaban 844, 219 personas en el municipio de Naucalpan de Juárez [5]. Esto representa una generación per cápita de 582.75 kg por habitante al año.

El Programa EnRes participó en la planeación y financiamiento de un proyecto de biodigestión de la FORSU en Naucalpan; dicho proyecto de gestión y aprovechamiento de residuos sólidos urbanos estará conformado por una planta de separación mecánica y por una planta de biodigestión anaeróbica con generación eléctrica de 7.6 MW de capacidad eléctrica y 2.7 MW de capacidad térmica, el cual será usado para calentar el agua de las piscinas de un deportivo cercano a la planta. Cuenta con un potencial de reducción de emisiones de 77,000 tCO₂eq/año y representará ahorros del 52 % en los costos de disposición final de RSU (59 millones de pesos al año) y 20 % en electricidad (86 millones de pesos al año) al presupuesto municipal, contando con certificados de energía limpia como incentivos.

El proyecto ha sido realizado en tres fases en colaboración directa con los representantes del municipio y con otros organismos de cooperación y de financiamiento internacional como la Agencia de Protección Ambiental de Estado Unidos (EPA, por sus siglas en inglés) y el Banco Alemán para el Desarrollo (kfW, por sus siglas en alemán).

Primera fase

La primera fase consistió en que a partir del Diagnóstico de prefactibilidad elaborado en 2016 por la CCAC y US-EPA., se realizaron una serie de ajustes al concepto del proyecto, y se identificaron las áreas de oportunidad para formular un proyecto viable de biodigestión de la FORSU de Naucalpan. A través de la asesoría estratégica del Programa EnRes se logró establecer contacto con BANOBRAS para participar en el Programa de Residuos Sólidos Municipales (PRORESOL) del Fondo Nacional de Infraestructura FONADIN, quien otorgó el financiamiento del 50% de los costos totales de los estudios de diagnóstico integral, factibilidad técnica, ambiental y financiera, así como de estudios de evaluación socioeconómica, lo anterior bajo un mecanismo de asociación público privada (APP).

En esta fase, el Programa EnRes realizó el acompañamiento en la búsqueda de mecanismos de financiamiento internacional y posteriormente en el cumplimiento de los requisitos señalados en el PRORESOL.

Segunda fase

En la segunda fase se realizaron diez estudios con financiamiento de US-EPA, GIZ, DEG, FONADIN y Naucalpan, con un valor de 20 millones de pesos. El Programa EnRes en conjunto con la UNAM, colaboraron en la realización de Estudios de digestión anaeróbica húmeda y seca a nivel planta piloto para la construcción de una planta de tratamiento de FORSU en el municipio de Naucalpan.

En el estudio se emplearon tres tipos de FORSU recolectados en el municipio de Naucalpan de Juárez, en el Estado de México y se denominaron con base en su origen:

1. Mercados y tianguis.
2. Domiciliaria.
3. Grandes generadores.

De las tres FORSU utilizadas para las pruebas de producción de biometano, la correspondiente a grandes generadores fue la que presentó una producción más elevada de biogás por unidad de masa tratada, 43 % más que la de mercados y tianguis y 52 % más que la domiciliaria. Esto se debe a que los residuos de los grandes generadores contaban con mayor cantidad de materia orgánica disponible y potencialmente biodegradable [6].

Los diez estudios que se realizaron fueron:

1. Estudio de caracterización de los residuos sólidos urbanos.
2. Diseño conceptual para la construcción de una planta de tratamiento de FORSU en el Municipio de Naucalpan.
3. Estudio de digestión anaeróbica seca a nivel de planta piloto para construcción de una planta de tratamiento de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos.
4. Estudio de digestión anaeróbica húmeda a nivel de planta piloto para construcción de una planta de tratamiento de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos.
5. Estudio de la situación actual de la generación y disposición final de la fracción orgánica de los residuos sólidos
6. Análisis de viabilidad de una asociación público-privada.



7. Análisis de la rentabilidad social.
8. Estudio de estimación de beneficios climáticos y otros cobeneficios.
9. Asesoría estratégica.
10. Estudio de interconexión CFE.

Tercera fase

Actualmente, la tercera fase del proyecto está en desarrollo, la cual consiste en la entrega de concesión a una empresa bajo el esquema de APP/DBOM, la creación de un fideicomiso para darle certidumbre legal económica al proyecto. En esta misma fase se espera empiece la construcción de la planta con una duración de aproximadamente un año. Simultáneamente, el municipio emprenderá acciones para la separación de origen a través de la implantación de políticas públicas en la gestión y manejo de los RSU.

Es complejo estructurar proyectos técnicamente especializados. Entre los retos a los que se enfrentó el proyecto inicialmente destaca la falta de priorización de los temas ambientales en el municipio debido a la adopción de una visión a corto plazo en la gestión de los residuos, por ello, resulta indispensable mencionar que para que un proyecto de esta magnitud pudiera progresar antes contó con el respaldo de instrumentos en el marco legal que lo sustentaran, como lo es el Programa de Acción Climática del municipio de Naucalpan de Juárez 2013-2023 (PACMUNA) [7], así como el Plan para el Manejo Integral de los Residuos Sólidos Urbanos en el municipio de Naucalpan de Juárez publicado en 2018, entre cuyos ejes estratégicos se señala la generación de energía eléctrica a partir de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos [8].

Otro reto importante a destacar, al que se enfrentó el proyecto dentro del contexto mexicano, es el desconocimiento teórico y práctico ante la reciente renovación del marco legal derivada de nuevas políticas nacionales como son la reforma energética, metas locales de mitigación de emisiones y la actualización de la Ley de APP.

En ocasiones, cuando se requieren opiniones técnicas de las instituciones federales, estatales y locales, el proyecto se enfrenta al desconocimiento técnico por parte del personal de las instituciones. El desarrollo de capacidades entre los responsables de toma de decisión representa una gran área de oportunidad. Otro desafío se presenta ante los cambios de administración municipal, ya que los procesos para obtener información o realizar trámites se dificulta ante la rotación de funcionarios clave.

Entre las lecciones aprendidas durante el desarrollo de este proyecto destaca la experiencia de que sí hay financiamientos disponibles, no siendo necesario partir de un enfoque de subsidio o asistencialista para acceder a los mismos, sino promoviendo la participación y el financiamiento privado como medida para reducir los riesgos de inversión: al contar con inversión privada es más fácil acceder a financiamientos nacionales e internacionales, ya que hasta cierto punto garantizan al organismo que funja como inversionista que el proyecto funcionará a pesar de los cambios políticos. Es fundamental manejar los procesos con total transparencia, partiendo de un plan de acción local en el corto mediano y largo plazo, basando el proyecto en información sólida y validada en todos los aspectos: técnicos, legales, económicos, financieros y ambientales.

Finalmente, también es relevante que, estratégicamente, los responsables del proyecto se mantengan en actividad continua de vinculación, intercambiando experiencias, generando alianzas, buscando oportunidades y alternativas para estructurar e implementar el proyecto.





Fotografía tomada por GIZ.

En la PTAR León, el Programa EnRes realizó el apoyo técnico y asesoramiento en la implementación del arranque del sistema de desulfurización del biogás generado en la PTAR, obtenido a través de la biodigestión anaeróbica. Durante este proyecto también se realizó una guía técnica para el uso de biogás y se desarrollaron dos estándares de competencia que ahora tienen validez ante el Consejo Nacional de Normalización y Certificación de Competencias Laborales (CONOCER) en materia de bioenergía.

El proceso de selección para llevar a cabo el proyecto demostrativo en la PTAR León se realizó mediante un mapeo nacional inicial que incluyó a cuarenta PTAR con capacidad de tratamiento mayor a 250 l/s. Se partió de los siguientes requisitos mínimos: la planta debía contar con el sistema de tratamiento anaeróbico funcional y con la generación del biogás, faltando únicamente el uso y aprovechamiento del biogás.

En febrero de 2016, se realizó una visita de campo, dentro del proceso de preselección de la PTAR León como posible proyecto demostrativo en el Programa EnRes. En esta visita se analizaron las condiciones de operación y mantenimiento de las plantas, el interés demostrado por el personal y se buscó estabilidad política, es decir que no hubiera cambios en el horizonte a corto plazo.

Una gran ventaja de la PTAR León fue que se encontraba en proceso de licitación para aumentar su capacidad de tratamiento; adicional a esto, se había adquirido recientemente, de un proveedor danés, una torre de desulfurización para el tratamiento de biogás, la cual no se estaba utilizando en ese momento.

En enero 2017, se realizó una reunión de arranque con los diferentes actores interesados: representantes del Programa EnRes, del Sistema de Agua Potable y Alcantarillado de León (SAPAL) y de empresas mexicanas dedicadas al diagnóstico, construcción, arranque y operación de plantas de tratamiento de aguas residuales, así como con representantes de plantas de generación de biogás. En esta reunión se aclararon los términos y alcances del posible proyecto demostrativo en la PTAR León.

El aporte clave durante el acompañamiento del proyecto consistió en el arranque del sistema desulfurización biológico con tres objetivos:

1. Incrementar la capacidad de tratamiento de biogás para el futuro escenario de ampliación de la planta.
2. Mejorar la calidad de biogás para incrementar la vida útil y las horas de operación al año de los equipos de cogeneración.
3. Disminuir los costos de tratamiento del biogás generado, los cuales se estaban realizando por la vía fisicoquímica.

En mayo 2017, se comenzó con la asesoría técnica de ingeniería y protocolo de arranque del sistema de desulfurización. Se elaboró la ingeniería del sistema piloto para crecimiento de biomasa, se envió una misiva a FYPASA sobre los requerimientos técnicos y se elaboró el protocolo de arranque del sistema de desulfurización

En agosto 2017, en materia de desarrollo de capacidades, se impartió una capacitación al personal técnico de FYPASA y SAPAL, en lo referente al arranque y operación del sistema de desulfurización de biogás.

En septiembre 2018, se firmó el *addendum* del Convenio de Colaboración. Por medio de este *addendum* se extiende el acompañamiento en sitio de los asesores de la GIZ hasta marzo 2019, con el fin de terminar la fase de arranque.

Muchos de los proyectos en PTAR dependen de la cooperación y de la comunicación fluida, constante y transparente entre actores de distintos sectores como son la empresa concesionaria, el organismo operador y las empresas distribuidoras de tecnología para la biodigestión.



Para que un proyecto de biodigestión en PTAR pueda conseguir fuentes de financiamiento se tienen que superar diferentes barreras:

- El préstamo que se requiere es para una empresa privada (por lo tanto, no tiene una garantía federal).
- El monto del préstamo es relativamente pequeño (varias entidades sólo están interesadas en proyectos mayores a 10 millones de dólares estadounidenses).
- Falta de líneas de financiamiento específicas para los proyectos de energía renovables con biogás.

Entre las lecciones aprendidas, destaca el éxito del trabajo de la vinculación que EnRes realizó entre la industria y las universidades públicas del país para realizar investigación, aumentando así el intercambio de experiencias en el sector y acelerar procesos en proyectos de aprovechamiento energético de residuos. Se comprobó la factibilidad de transferencia de tecnología, ya que el proyecto de la PTAR León se basó en otro proyecto que ya se había realizado antes en una PTAR de la industria cervecera en Chile.





Fotografía tomada por GIZ.

El Estado de Nuevo León es pionero en el país en materia de aprovechamiento energético de residuos. Bioenergía de Nuevo León, S.A. de C.V., (BENLESA) es una asociación público privada (APP), responsable de la operación de la planta de generación de energía eléctrica mediante el aprovechamiento del biogás generado en el relleno sanitario del Sistema de SIMEPRODE1 de Salinas Victoria, en el estado de Nuevo León, México. Utiliza desechos del área metropolitana de Monterrey, y a su vez proporciona energía eléctrica a las 13 entidades asociadas mediante un permiso de cogeneración por parte de la CRE [9].

El relleno sanitario de Salinas Victoria, en Nuevo León, comenzó operaciones en el año de 1990 y para el año 2015 su vida útil estaba por expirar, a raíz de esta problemática se comenzaron a explorar opciones tecnológicas para disponer de la fracción orgánica de los residuos y fue por medio de un cambio de visión en el modelo de negocios que se insertó la valorización energética de los residuos del relleno sanitario como una solución para extender la vida útil del mismo.

Entre las lecciones aprendidas en este proyecto, destaca como reto inicial el desconocimiento de tecnologías para la gestión integral de los residuos por parte de los tomadores de decisiones (funcionarios públicos y directivos de la empresa), para solucionar esta situación, los representantes de la empresa y del estado asistieron en un viaje de delegación EnRes a la IFAT 2016, en donde tuvieron contacto con expertos en las tecnologías más recientes en gestión integral y aprovechamiento energético de residuos. A partir de ésta visita a Alemania, los tomadores de decisión comprendieron la importancia de enfocar las

políticas públicas a la prevención de la generación de residuos (de acuerdo a la jerarquía de residuos) y de las oportunidades de valorización energética de los mismos: así, SIMEPRODE, con el apoyo técnico de un experto integrado asignado por la GIZ a través del Programa EnRes, pudieron plantear una solución técnicamente factible y económicamente viable para extender la vida útil del relleno sanitario y además realizar la valorización energética de los residuos.

Entre las medidas implementadas se encuentran:

- El aumento de la capacidad de separación de los residuos.
- La biodigestión de la FORSU con miras a producir hasta 100 MW.
- Incineración para la minimización del volumen enviado a disposición final.

El proyecto está siendo financiado parcialmente por medio del Programa de Residuos Sólidos Municipales (PRORESOL) del Fondo Nacional de Infraestructura (FONADIN) que tiene entre sus objetivos el fortalecimiento de la capacidad técnica y financiera de los tres órdenes de gobierno para el cumplimiento de sus responsabilidades en la gestión de Residuos Sólidos y facilitar el establecimiento de mecanismos de financiamiento para la construcción de infraestructura para el aprovechamiento y la adecuada disposición final de los mismos [10].



Entre los retos que quedan para proyectos futuros, se debe considerar el correcto dimensionamiento por parte de las autoridades para la problemática ambiental, económica y social, ya que de ello deriva que la gestión integral de residuos (GIR) no se realice óptimamente en la mayoría de los municipios del país. Otro aspecto a considerar es la tropicalización de tecnologías, ya que no se pueden imitar idénticamente las tecnologías probadas en otros países, sino que se tienen que adaptar a las condiciones particulares de cada región. Finalmente, aspectos como la corrupción que ha frenado innumerables proyectos y la aplicación puntual de sanciones por parte de las autoridades federales, cuando las leyes no se estén cumpliendo.





Fotografía obtenida el 9 de abril de 2019 del portal del H. Ayuntamiento de Xalapa: <https://ayuntamiento.xalapa.gob.mx/home/-/blogs/pronunciamento-del-h-ayuntamiento-de-xalapa-ante-el-cierre-arbitrario-del-relleno-sanitario/maximized>.

A principios de 1989, el tiradero a cielo abierto ubicado en Xalapa fue cerrado. En 1990 el Ayuntamiento adquirió un nuevo terreno para utilizarlo como sitio de disposición provisional de residuos llamado “El Atorón” que no contaba con las condiciones necesarias para fungir como relleno sanitario, ya que estaba localizado a 650 m de asentamientos humanos, a 300 m del río Pixquiac y con características del subsuelo que presenta materiales parentales muy permeables. Más tarde se adquirió un nuevo predio en la localidad de “El Tronconal”, con la intención de establecer un relleno sanitario regional [11].

Desde abril de 2013, el municipio de Xalapa utiliza el Relleno Sanitario El Tronconal para la disposición final de sus RSU. La recolección de los mismos se realiza de forma mixta. Adicionalmente, la zona conurbada desvía parte de sus RSU a los sitios de disposición final “Pinoltepec” y “Villa de Aldama”.

En 2014, se publicó el Plan de Acción *Xalapa Sostenible: La visión para un futuro con servicios eficientes, un territorio resiliente y cuentas transparentes*, como resultado de un trabajo conjunto entre la ciudad de Xalapa y la Iniciativa de Ciudades Emergentes y Sostenibles (ICES). En este plan se establecen las recomendaciones del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) para que Xalapa pueda enfrentar los retos ambientales, urbanos y fiscales derivados de su crecimiento. Entre estas recomendaciones destaca la de alcanzar una gestión integral de residuos, ya que al relleno sanitario le quedaban cinco años de vida, además de que la laguna de lixiviados de El Tronconal contribuye a la contaminación del río Sedeño.

El BID también recomendó la realización de un estudio de alternativas al relleno sanitario, así como la realización de un proyecto de acondicionamiento y restauración ambiental para la clausura del relleno sanitario de la mano del planteamiento de un nuevo modelo de sistemas de recolección y servicios de limpia considerando alternativas para la valorización [12].

En julio de 2015, derivado del plan de acción del ICES, el Fondo para el Medio Ambiente Mundial, conocido como GEF por sus siglas en inglés (Global Environmental Facility), autorizó un fondo de 13.7 millones de dólares estadounidenses para poner en marcha el Programa Global Environmental Facility, con la finalidad de llevar a cabo la implementación de proyectos prioritarios en tres ciudades mexicanas, teniendo como piloto a las ciudades de Xalapa, Veracruz; La Paz, Baja California Sur y Campeche, Campeche.

El Programa EnRes, por medio de una consultora mexicana y de un experto internacional, colaboraron con el BID en la preparación y revisión final de una propuesta para implementar la biodigestión de la FORSU de Xalapa. Dicha propuesta (actualmente aprobada) incluyó la viabilidad técnica, socioeconómica, institucional y financiera del proyecto.

El biodigestor recibirá 204.5 toneladas de residuos sólidos municipales diariamente, permitiendo aumentar por tres años la operación del relleno sanitario actual y tendrá una capacidad instalada de 452 kW.

Durante el tiempo de funcionamiento del biodigestor, se estima reducir 5.127 toneladas de CO₂eq y 56,400 emisiones de GEI en promedio al año.

Se contemplan dos escenarios de gestión de RSU para la operación del biodigestor:

1. Recolección de RSU mezclada (Capacidad 204.5 t/d, Potencia 452 KW).
2. Recolección de RSU separada (Capacidad 72.14 t/d, Potencia 462 KW).

Además de lo anterior, se prevé que la planta disminuya los costos de electricidad de la ciudad y provea 26.1 toneladas al día de composta [13].



Como parte del apoyo de EnRes a este proyecto, se realizó un viaje de delegación a la Feria IFAT que se realiza en Múnich, Alemania, que es el evento considerado como líder mundial en el sector de las tecnologías medioambientales. En esta delegación participaron representantes del municipio con el fin de informarse sobre alternativas tecnológicas para la optimización de recursos, recuperación de materiales, logística, aprovechamiento y tratamiento de residuos y efluentes. Otra importante contribución al proyecto ha sido también a nivel técnico, ya que originalmente se estaba pensando en una simple planta de biodigestión y mediante la asistencia técnica de los expertos, se detectó la necesidad de incorporar el tratamiento mecánico biológico al proyecto. En la línea de desarrollo de capacidades se impartió un taller para los representantes del municipio, sobre los factores técnicos y económicos a considerar para la construcción de una planta de biodigestión. También se realizaron reuniones para apoyar en la elaboración de una estrategia de implementación de proyecto con enfoque en la sensibilización y vinculación de la sociedad civil y otros actores.

El proyecto tuvo un período de incertidumbre de casi un año derivado del cambio de gobierno, la inestabilidad propia que se presenta en cualquier cambio de administración y la postura respecto de la gestión de los residuos. Esta dificultad, demostró que es imprescindible que quienes toman decisiones en el municipio se involucren en los proyectos con perspectiva sustentable, también que la población de la región esté informada sobre los proyectos desde el inicio, sus alcances y sobre las fuentes de financiamiento para evitar el estancamiento de los mismos.

El 6 de marzo de 2019, el BID anunció públicamente el convenio de financiamiento no reembolsable entre el Gobierno de México por conducto de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP) y el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) número GRT/FM-16409-ME que permitirá el desarrollo de este proyecto.

- [1] INEGI. Censos económicos 2019, (2019). Consultado el 9 de marzo de 2019 en: <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2010/>
- [2] Secretaría de Turismo, Gobierno de Quintana Roo, (2017). *Reporte Anual de Turismo Quintana Roo*. Consultado el 9 de marzo de 2019 en: <http://caribemexicano.travel/ARCHIVOS/REPORTE%20TURISMO%202017.pdf>
- [3] Reporte EnRes, (2018, septiembre). *Actualización de indicadores de generación y composición de RSU y corrientes específicas de RME*.
- [4] GIZ, Grupo Taaf, (2017). *Incorporación del aprovechamiento energético de RSU al plan de gestión integral de residuos urbanos del municipio de Cozumel, con desarrollo de acciones de sensibilización, validación y consenso por parte de los actores locales para ponerlo en práctica*. Programa de Aprovechamiento Energético de Residuos Urbanos.
- [5] Dirección General de Medio Ambiente del Municipio de Naucalpan de Juárez, (2018). Plan para el Manejo Integral de los Residuos Sólidos Urbanos en el municipio de Naucalpan de Juárez.
- [6] Durán Moreno, (2018). *Estudio de Digestión Anaerobia húmeda y seca a nivel planta piloto para la construcción de una planta de tratamiento de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos (FORSU) en el municipio de Naucalpan*.
- [7] Centro Mario Molina y Dirección General de Medio Ambiente del Municipio de Naucalpan de Juárez, (2014, noviembre). Programa de Acción Climática del Municipio de Naucalpan de Juárez 2013-2023. Consultado el 9 de marzo de 2019 en: <http://ieecc.edomex.gob.mx/sites/ieecc.edomex.gob.mx/files/files/PACMUN/PACMUN%20NAUCALPAN%202014.pdf>
- [8] Dirección General de Medio Ambiente del Municipio de Naucalpan de Juárez, (2018). Plan para el Manejo Integral de los Residuos Sólidos Urbanos en el Municipio de Naucalpan de Juárez.
- [9] Pino Pérez Fabián, (2013, septiembre 28). *Asociación Público-Privada entre Bioeléctrica, S.A. de C.V. y el Gobierno del Estado de Nuevo León “Bioenergía de Nuevo León, S.A. de C.V. Tecnológico de Monterrey, IDB y Multilateral Investment Fund Member of the IDB Group*. Consultado el 9 de marzo de 2019 en: http://www.cca.org.mx/ps/funcionarios/muniapp/descargas/Documentos_de_apoyo/informaciontematica/capp/APP_Bioelectrica.pdf
- [10] Fondo Nacional de Infraestructura. Fideicomiso 1936. Lineamientos aplicables al Programa de Residuos Sólidos Municipales PRORESOL. Consultado el 9 de marzo de 2019 en: http://www.fonadin.gob.mx/wp-content/uploads/2016/08/Lineamientos_PRORESOL.pdf
- [11] Cervantes García, María Luisa y Mayo Moreno, Teresa de Jesús, (2010, julio 26). *Diagnóstico del Desempeño de la Administración Municipal en el Manejo y Gestión de los Residuos Sólidos Urbanos de la Ciudad de Xalapa, Veracruz, México*. Universidad Veracruzana. Facultad de Ingeniería Química. Consultado el 9 de marzo de 2019 en: <https://cdigital.uv.mx/bitstream/handle/123456789/42152/CervantesGarciaLuisa.pdf;jsessionid=1D91EE21C12E42F8C82F0D79A45D1FBD?sequence=1>
- [12] H. Ayuntamiento de Xalapa, Veracruz. Plan de Acción Xalapa Sostenible. *La visión para un futuro con servicios eficientes, un territorio resiliente y cuentas transparentes*. Banco Interamericano de Desarrollo, Banobras y H. Ayuntamiento de Xalapa. Consultado el 9 de marzo de 2019 en: http://xalapa.gob.mx/wp-content/uploads/2015/06/Xalapa_plandeaccion.pdf
- [13] H. Ayuntamiento de Xalapa, Veracruz, (2018, enero 2). Gaceta Oficial Núm. Ext. 004. Tomo CXCVII. Reglamento Operativo del Programa de Ciudades Emergentes Sostenibles Folio 1817. Capítulo IV. Componentes del Programa. 4.1. Aprovechamiento energético de residuos sólidos y reducción de emisiones de GEI en la ciudad de Xalapa. Consultado el 9 de marzo de 2019 en: <https://ayuntamiento.xalapa.gob.mx/documents/39593/288331/60+004+2ene18+Regla+Operativo.pdf/2da1b393-f3a2-3f17-88dc-e868336e7b4d>

Los testimonios de algunos de los actores involucrados en los proyectos demostrativos presentados en esta publicación se pueden consultar en: <https://youtu.be/ZfJw8ByLgUI>



© Publicado por: Deutsche Gesellschaft für
Internationale Zusammenarbeit
(GIZ) GmbH

- Cooperación Alemana al Desarrollo -

Friedrich-Ebert-Allee 36 + 40
53113 Bonn, Deutschland
T +49 228 44 60-0
F +49 228 44 60-17 66

Dag-Hammarskjöld-Weg 1 - 5
65760 Eschborn, Deutschland
T +49 61 96 79-0
F +49 61 96 79-11 15
E info@giz.de
I www.giz.de

Agencia de la GIZ
en México:

Torre Hemicor, PH
Av. Insurgentes Sur No. 826
Col. Del Valle, CP 03100
Ciudad de México, México
T +52 55 5536 2344
F +52 55 5536 2344
E giz-mexiko@giz.de
I www.giz.de/mexico