



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ARAGÓN**

**EVALUACIÓN AMBIENTAL ESTRATÉGICA DE
LA DISPOSICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS Y
PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE UN
RELLENO SANITARIO EN EL MUNICIPIO DE
XICOTEPEC, PUEBLA**

TESIS

Que para obtener el título de
INGENIERA INDUSTRIAL

P R E S E N T A

JACQUELINE CABRERA FOSADO

ASESOR DE TESIS

M. en C. MARJORIE MÁRQUEZ VÁZQUEZ



Ciudad Nezahualcóyotl, Estado de México 2018



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS.....	9
DEDICATORIA	9
INTRODUCCIÓN.....	10
OBJETIVOS.....	11
GENERAL.....	11
ESPECÍFICOS.....	11
ALCANCE Y LIMITACIONES.....	11
ALCANCES.....	11
LIMITACIONES	12
JUSTIFICACIÓN.....	12
CAPÍTULO I. LA PLANEACIÓN	14
DEFINICIÓN.....	14
ENFOQUES DE LA PLANEACIÓN	15
FUNDAMENTOS PARA DEFINIR LA IMAGEN OBJETIVO	16
FUNDAMENTOS PARA GUIAR LA IMAGEN OBJETIVO.....	17
PLANIFICACIÓN SECTORIAL.....	18
METODOLOGÍA DE LA PLANEACIÓN	19
PRIMERA FASE: ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL	20
SEGUNDA FASE: PLANIFICACIÓN.....	21
TERCERA FASE: GESTIÓN	22
INSTRUMENTOS DE LA PLANIFICACIÓN “LOS PPPP”	22
POLÍTICAS	23
PLANES.....	23
PROGRAMAS	24
PROYECTOS	24
TÉCNICAS PARA EL DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN Y LA GENERACIÓN DE ALTERNATIVAS EN LA PLANEACIÓN.....	25
GRAFOS Y MATRICES DE CAUSA EFECTO	27
DAFO	28
MAPAS MENTALES.....	29
TORMENTAS DE IDEAS	29
CONSULTA DE EXPERTOS	29
ENTREVISTAS	30
CAPÍTULO II. EVALUACIÓN AMBIENTAL.....	31
ORÍGENES	32
PRINCIPIOS	33
CONSTITUCIÓN MEXICANA DE LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS	35
EIA COMO PRIMERA GENERACIÓN DE LA EVALUACIÓN AMBIENTAL.....	36
AMBIENTE.....	41

IMPACTO AMBIENTAL.....	42
PARTICULARIDADES DEL IMPACTO AMBIENTAL.....	43
EAE, EL PARADIGMA DE LA SEGUNDA GENERACIÓN DE LA EVALUACIÓN AMBIENTAL	46
CAPÍTULO III. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA DISPOSICIÓN FINAL DE LA BASURA Y NORMATIVIDAD	58
RESIDUO	60
RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS.....	60
RESIDUOS DE MANEJO ESPECIAL	62
RESIDUOS PELIGROSOS	62
JERARQUÍA DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS	63
GESTIÓN Y MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS	64
LEGISLACIÓN DE GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS	68
LEGISLACIÓN FEDERAL	68
LEGISLACIÓN ESTATAL	72
LEGISLACIÓN MUNICIPAL.....	73
CERTIFICACIÓN INTERNACIONAL PARA LA GESTIÓN DE RESIDUOS.....	73
SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS (SGIRSU). 76	
EFLUENTES IMPORTANTES EN LA DISPOSICIÓN FINAL.....	88
DISPOSICIONES GENERALES DEL SITIO FINAL	94
DEPÓSITOS DE SEGURIDAD.....	94
CAPÍTULO IV.....	95
EVALUACIÓN DEL CASO PRÁCTICO Y PROPUESTA.....	95
ALCANCE DE LA EAE EN EL MUNICIPIO	96
INFORMACIÓN GENERAL DEL MUNICIPIO DE XICOTEPEC.....	97
DESCRIPCIÓN DEL MEDIO HUMANO Y SOCIOLÓGICO.....	98
DESCRIPCIÓN DEL MARCO INSTITUCIONAL	109
DIAGNÓSTICO DEL ESTADO ACTUAL DEL MANEJO DE LOS RSM.....	115
GENERACIÓN PER CÁPITA	116
PESO VOLUMÉTRICO	117
COMPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES	118
PLAN DE MANEJO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO	121
BARRIDO.....	123
DISPOSICIÓN INICIAL Y SEPARACIÓN.....	123
DISPOSICIÓN FINAL	128
LIXIVIADOS	131
BIOGÁS	132
PEPENA INTERNA	133
DIAGNÓSTICO INTEGRADO.....	136
FODA.....	136
ESCENARIOS FUTUROS	137
PROBLEMÁTICA.....	138
PLANEACIÓN ESTRATÉGICA INTEGRAL DE LOS RSM	139
DISEÑO DE LA IMAGEN OBJETIVO	140
OBJETIVOS ESTRATÉGICOS DEL PLAN INTEGRAL DE RESIDUOS.....	140

OBJETIVO GENERAL	140
OBJETIVOS PARTICULARES	140
POLÍTICAS	141
MEDIDAS.....	142
GENERACIÓN Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS	147
EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS PARA LA VALORIZACIÓN ENERGÉTICA DEL GAS GENERADO POR LOS RESIDUOS.....	152
MODELO DE LA DEGRADACIÓN DE PRIMER ORDEN	153
EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS PARA TRATAMIENTO DE LOS LIXIVIADOS GENERADOS POR LOS RESIDUOS.....	154
VALORACIÓN	155
PROPUESTA FINAL DEL PLAN Y PROGRAMAS.....	157
PLAN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES DE XICOTEPEC.....	157
PROGRAMA DE CLAUSURA DEL TIRADERO MUNICIPAL.....	158
PROGRAMA DE LA REUBICACIÓN DE LA DISPOSICIÓN FINAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS EN XICOTEPEC.....	159
PROGRAMA DEL SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES.....	161
PROGRAMA DE EDUCACIÓN AMBIENTAL	163
ACTORES PARA LA REALIZACIÓN	164
MATRIZ DE EVALUACIÓN DEL PLAN GENERAL CON VALORACIÓN DE IMPACTOS	166
ANÁLISIS DE RIESGOS DE CONTAMINACIÓN Y SOBREEXPLOTACIÓN	166
ANÁLISIS COSTO BENEFICIO	167
MEDIDAS CORRECTORAS, PREVENTIVAS Y COMPENSATORIAS.....	169
MEDIDAS DE CONTROL Y SEGUIMIENTO	171
CONCLUSIONES	175
REFERENCIAS	177
ANEXOS	179

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1 FORMATO DE UNA MATRIZ DAFO. (OREA, 2014)	28
TABLA 2 DEFINICIONES SOBRE IMPACTO AMBIENTAL ((INE), 2012)	38
TABLA 3 DIFERENCIAS ENTRE EAE Y EIA (COMISSION, 2005)	51
TABLA 4 JERARQUÍA DE LOS ELEMENTOS DE LOS SISTEMAS DE MANEJO INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS (SEMARNAT, 1999)	64
TABLA 5 PRINCIPALES TIPOS DE LIXIVIADOS (AMOKRANE, 1997, ROBLES 2008 Y ORTA ET AL 2006).....	90
TABLA 6 COMPOSICIÓN DE UN LIXIVIADO EN UN RELLENO SANITARIO SEGÚN SU FASE OPERATIVA. (GARCÍA, 2007)	90
TABLA 7 PRINCIPALES COMPONENTES DEL BIOGÁS (SEDESOL 1996)	92
TABLA 8 HABLANTES DE LENGUAS INDÍGENAS EN EL MUNICIPIO DE XICOTEPEC	109
TABLA 9 PAGO DE DERECHOS (XICOTEPEC H. A.-2., 2014-2018).....	111
TABLA 10 TABLA PARA SINTETIZAR EL DIAGNÓSTICO DEL MARCO INSTITUCIONAL. ELABORACIÓN PROPIA	113

TABLA 11 CLASIFICACIÓN DE LOS RSU DE ACUERDO AL PROGRAMA PILOTO. (CRISTOBAL, 2013).....	125
TABLA 12 VOLUMEN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS RECOLECTADOS, VEHÍCULOS DE MOTOR RECOLECTORES Y SUPERFICIES DE LOS RELLENOS SANITARIOS, DE LOS SITIOS NO CONTROLADOS POR MUNICIPIO. 2015	128
TABLA 13 VIVIENDAS PARTICULARES HABITADAS SEGÚN DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE LA FORMA DE ELIMINACIÓN DE RESIDUOS 2015	131
TABLA 14 FICHA DE PROBLEMA ADAPTACIÓN DE (OREA, 2014).....	136
TABLA 15 PROYECCIÓN DE LA GENERACIÓN PER CÁPITA DE RESIDUOS SÓLIDOS EN XICOTEPEC. ELABORACIÓN PROPIA.	138
TABLA 16 ALTERNATIVAS PARA SUELOS CONTAMINADOS. ELABORACIÓN PROPIA.....	148
TABLA 17 EVALUACIÓN TÉCNICA DE RELLENOS. (ECOLOGÍA, 2002)	149
TABLA 18 ALTERNATIVAS PARA EL TIPO DE SITIO DE DISPOSICIÓN FINAL. ELABORACIÓN PROPIA.....	149
TABLA 19 ALTERNATIVAS DE UBICACIÓN DE DISPOSICIÓN FINAL DE ACUERDO A NOM-083-SEMARNAT. ELABORACIÓN PROPIA.....	150
TABLA 20 ALTERNATIVAS PARA LA VALORIZACIÓN ENERGÉTICA DEL BIOGÁS. ELABORACIÓN PROPIA.	153
TABLA 21 EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS PARA TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS. ELABORACIÓN PROPIA.	154
TABLA 22 VALORACIÓN DE POSIBLES IMPACTOS EN EL NUEVO RELLENO SANITARIO. ELABORACIÓN PROPIA.	156
TABLA 23 MATRIZ DE VALORACIÓN CUALITATIVA DE EFECTOS AMBIENTALES. ELABORACIÓN PROPIA.	157
TABLA 24 MAPEO EN EL SISTEMA DE GESTIÓN DE RSM. ELABORACIÓN PROPIA	158
TABLA 25 MATRIZ DE EVALUACIÓN DE CRITERIOS DE SOSTENIBILIDAD PARA ACCIONES COMPLEMENTARIAS EN EL PLAN. ELABORACIÓN PROPIA.	166
TABLA 26 RIESGOS DE CONTAMINACIÓN DEL PLAN GENERAL. ELABORACIÓN PROPIA. ..	167
TABLA 27 RIESGOS DE SOBREPLOTACIÓN. ELABORACIÓN PROPIA.	167
TABLA 28 INDICADOR 1 DE SEGUIMIENTO AL PLAN. ELABORACIÓN PROPIA.	172
TABLA 29 INDICADOR 2 DE SEGUIMIENTO AL PLAN. ELABORACIÓN PROPIA	172
TABLA 30 INDICADOR 3 DE SEGUIMIENTO AL PLAN. ELABORACIÓN PROPIA.	173
TABLA 31 INDICADOR 4 DE SEGUIMIENTO AL PLAN. ELABORACIÓN PROPIA.	173
TABLA 32 INDICADOR 5 DE SEGUIMIENTO AL PLAN. ELABORACIÓN PROPIA.	173
TABLA 33 INDICADOR 6 DE SEGUIMIENTO AL PLAN. ELABORACIÓN PROPIA.	174
TABLA 34 INDICADOR 7 DE SEGUIMIENTO AL PLAN. ELABORACIÓN PROPIA.	174

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1 LA FORMULACIÓN SE DESARROLLA EN TRES FASES APLICABLES A CUALQUIERA DE SUS INSTRUMENTOS. (OREA, 2014)	19
ILUSTRACIÓN 2 DIMENSIONES DE LA SOSTENIBILIDAD. (SÁNCHEZ, 2011)	33
ILUSTRACIÓN 3 ETAPAS PARA EL DESARROLLO DE LAS MANIFESTACIONES DE IMPACTO AMBIENTAL Y SU SEGUIMIENTO EN MÉXICO. (LÓPEZ, 2015).....	40

ILUSTRACIÓN 4 CONCEPTUALIZACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL (SEXTON, 1979).....	42
ILUSTRACIÓN 5 EVALUACIÓN AMBIENTAL ESTRATÉGICA, UNA INTEGRACIÓN DE POLÍTICAS, PLANES, PROGRAMAS Y PROYECTOS. ELABORACIÓN PROPIA.....	47
ILUSTRACIÓN 6 LA EAE: “UPSTREAMING”, O CÓMO HACER VALER EN MOMENTOS MÁS TEMPRANOS DE LA JERARQUÍA DE LA TOMA DE DECISIONES, LAS CONSIDERACIONES AMBIENTALES. (OCDE, 2007)	48
ILUSTRACIÓN 7 FORMAS DIFERENTES DE COMBINAR EL PROCESO DE FORMULACIÓN DEL PPP Y LA EAE. (OREA, 2014)	53
ILUSTRACIÓN 8 COMPARACIÓN ETAPAS Y TRÁMITES DE LA EAE. ELABORACIÓN PROPIA .	58
ILUSTRACIÓN 9 COMPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS EN MÉXICO. DIRECCIÓN GENERAL DE EQUIPAMIENTO E INFRAESTRUCTURA EN ZONAS URBANO-MARGINADAS. SEDESOL, MÉXICO, 2012.....	61
ILUSTRACIÓN 10 DIAGRAMA DE FLUJO DE UN SIRSU. ELABORACIÓN PROPIA.	77
ILUSTRACIÓN 11 PRODUCCIÓN Y COMPOSICIÓN DEL BIOGÁS EN UN RELLENO SANITARIO (ORTA ET. AL; 1999).....	91
ILUSTRACIÓN 12 ESQUEMATIZACIÓN DE LA EAE Y EIA. ELABORACIÓN PROPIA	96
ILUSTRACIÓN 13 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL MUNICIPIO DE XICOTEPEC (INAFED).....	97
ILUSTRACIÓN 14 LOCALIDADES E INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE. INEGI. MARCO GEOESTADÍSTICO 2010, VERSIÓN 4.3. INEGI. INFORMACIÓN TOPOGRÁFICA DIGITAL ESCALA 1:250 000 SERIE III.....	98
ILUSTRACIÓN 15 RELIEVE. INEGI. MARCO GEOESTADÍSTICO 2010, VERSIÓN 4.3. INEGI. INFORMACIÓN TOPOGRÁFICA DIGITAL ESCALA 1:250 000 SERIE III. INEGI. CONTINUO NACIONAL DEL CONJUNTO DE DATOS GEOGRÁFICOS DE LA CARTA FISIAGRÁFICA 1:1 000 000, SERIE I. INEGI-CONAGUA. 2007. MAP	100
ILUSTRACIÓN 16 CLIMAS INEGI. MARCO GEOESTADÍSTICO 2010, VERSIÓN 4.3. INEGI. CONTINUO NACIONAL DEL CONJUNTO DE DATOS GEOGRÁFICOS DE LAS CARTAS DE CLIMAS, PRECIPITACIÓN TOTAL ANUAL Y TEMPERATURA MEDIA ANUAL 1:1 000 000, SERIE I	102
ILUSTRACIÓN 17 MEDIA DE TEMPERATURA Y PRECIPITACIÓN. (METEOBLE, 2017)	103
ILUSTRACIÓN 18 ROSA DE LOS VIENTOS XICOTEPEC DE JUÁREZ. (METEOBLE, 2017).....	104
ILUSTRACIÓN 19 USO DEL SUELO Y VEGETACIÓN. INEGI. MARCO GEOESTADÍSTICO 2010, VERSIÓN 4.3. INEGI. CONJUNTO DE DATOS VECTORIALES DE USO DEL SUELO Y VEGETACIÓN SERIE III ESCALA 1:250 000.....	105
ILUSTRACIÓN 20 SUELOS DOMINANTES. INEGI. MARCO GEOESTADÍSTICO 2010, VERSIÓN 4.3. INEGI. CONJUNTO DE DATOS VECTORIAL EDAFOLÓGICO, ESCALA 1:250 000, SERIE II (CONTINUO NACIONAL).	106
ILUSTRACIÓN 21 ÁREA DE PROTECCIÓN DE RECURSOS NATURALES “ZPFV CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO NECAXA” (CONANP, 2011)	108
ILUSTRACIÓN 22 ORGANIGRAMA DEL H. AYUNTAMIENTO 2014-2018 (XICOTEPEC H. A.-2., 2014-2018)	109
ILUSTRACIÓN 23 ORGANIGRAMA DE LA SECRETARIA DE DESARROLLO URBANO RURAL Y MEDIOAMBIENTE ELABORACIÓN PROPIA CON DATOS DE XICOTEPEC H. A.-2., 2014- 2018.....	109

ILUSTRACIÓN 24 SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA Y SERVICIOS PÚBLICOS. ELABORACIÓN PROPIA CON DATOS DE XICOTEPEC H. A.-2., 2014-2018.	110
ILUSTRACIÓN 25 ORGANISMO OPERADOR DEL SERVICIO DE LIMPIA. ELABORACIÓN PROPIA CON DATOS DE XICOTEPEC H. A.-2., 2014-2018.....	110
ILUSTRACIÓN 26 EJES PARA EL DESARROLLO MUNICIPAL DE XICOTEPEC. ELABORACIÓN PROPIA.....	112
ILUSTRACIÓN 27 GENERACIÓN PER CÁPITA POR TAMAÑO DEL MUNICIPIO (INECC- SEMARNAT, 2012)	116
ILUSTRACIÓN 28 PESO VOLUMÉTRICO PROMEDIO NACIONAL (INECC-SEMARNAT, 2012)	118
ILUSTRACIÓN 29 RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES GESTIONADOS APROXIMACIÓN. ELABORACIÓN PROPIA.	119
ILUSTRACIÓN 30 COMPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES EN LA CABECERA DEL MUNICIPIO DE XICOTEPEC. ORGANISMO OPERADOR DEL SERVICIO DE LIMPIA. H. AYUNTAMIENTO 2014-2018.	120
ILUSTRACIÓN 31 COMPOSICIÓN DE LOS RSM EN LA JUNTA AUXILIAR DE SAN ISIDRO. DATOS BRINDADOS POR LA SECRETARÍA DE DESARROLLO URBANO Y MEDIOAMBIENTE DEL H. A. 2014-2018.	121
ILUSTRACIÓN 32 MAPEO DE PROCESO DEL ACTUAL MANEJO ACTUAL DE LOS RSM EN XICOTEPEC. ELABORACIÓN PROPIA.	122
ILUSTRACIÓN 33 CONTENEDORES DEL PROGRAMA DE CONTENERIZACIÓN EN EL MUNICIPIO DE XICOTEPEC (NOTICIAS.COM, 2015).	124
ILUSTRACIÓN 34 JUNTOS, PERO NO REVUELTOS. CLASIFICACIÓN DE LOS RSU. COMPARTIDA POR LA SECRETARÍA DE DESARROLLO RURAL Y MEDIOAMBIENTE DEL MUNICIPIO DE XICOTEPEC.	125
ILUSTRACIÓN 35 TIRADERO A CIELO ABIERTO "EL ZOQUITAL" Y LOS PEPENADORES QUE VIVEN EN EL SITIO. FOTOGRAFÍA PROPIA	130
ILUSTRACIÓN 36 UBICACIÓN DEL TIRADERO CLANDESTINO "EL ZOQUITAL" GOOGLE MAPS.	135
ILUSTRACIÓN 37 PRODUCCIÓN DE BIOGÁS EN EL NUEVO RELLENO SANITARIO DE XICOTEPEC. MODELO MEXICANO 2.0	154
ILUSTRACIÓN 38 VALORACIÓN DE ENERGÍA EN PRODUCCIÓN DE BIOGÁS EN EL RELLENO SANITARIO MUNICIPAL DE XICOTEPEC. ELABORACIÓN PROPIA.	160
ILUSTRACIÓN 39 CICLO DE PRODUCCIÓN ENERGÉTICA EN EL SITIO DE DISPOSICIÓN FINAL DE RSM. ELABORACIÓN PROPIA.	160
ILUSTRACIÓN 40 ESQUEMA TÍPICO DE UN RELLENO SANITARIO Y LA NUEVA VALORACIÓN ENERGÉTICA. ADAPTADO DE (ARRIAZA, 2016)	161
ILUSTRACIÓN 41 COSTO DE CONTROLAR LA CONTAMINACIÓN FINAL DE LOS RSM. ELABORACIÓN PROPIA.	168
ILUSTRACIÓN 42 BENEFICIOS DE LA REDUCCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN. ELABORACIÓN PROPIA.....	168
ILUSTRACIÓN 43 COMPARACIÓN ENTRE TABLAS DE COSTOS EN BENEFICIOS Y REDUCCIÓN EN PORCENTAJE. ELABORACIÓN PROPIA.....	169

ILUSTRACIÓN 44 ESQUEMA GENERAL DE IMPERMEABILIZACIÓN (SEMARNAT, MANUAL DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE RELLENOS SANITARIOS PARA RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS Y RESIDUOS DE MANEJO ESPECIAL, 2009).....	201
ILUSTRACIÓN 45 TABLA DE LOS TIPOS DE SITIO Y LA COMPACTACIÓN REQUERIDA	204
ILUSTRACIÓN 46 GRAFO DE LAS RELACIONES CAUSA Y EFECTO EN LA MANIFESTACIÓN DE LA ALTERACIÓN DEL MEDIO FÍSICO Y BIOLÓGICO EN EL TIRADERO A CIELO ABIERTO EN XICOTEPEC. ELABORACIÓN PROPIA.....	207
ILUSTRACIÓN 48 PRESUPUESTO DE UN RELLENO SANITARIO CON VALORIZACIÓN ENERGÉTICA	216
ILUSTRACIÓN 49 PRESUPUESTO PARA RESTAURACIÓN DE SUELO CONTAMINADO.....	216

AGRADECIMIENTOS

A mis monstruos y a mis maestros.

DEDICATORIA

A mi comunidad.

Ave soy

*Me hubiera gustado ser ave,
volar, vibrar con mis cánticos tus oídos,
llevar mi canto a tu ventana,
despertarte cada mañana,
poner el perfume en las flores que adornan tu edén,
seguirte donde vas,
mirarte caminar sin percatarme,
ser tu guía,
tu sostén, tu guardián, tu fiel servidor.*

*Pero soy quien no debo ser
y quiero ser quien no puedo,
temeroso tras de ti,
sin tu saberlo te persigo,
te guio,
te protejo,
te acompaño,
te despierto cada mañana,
te miro,
pongo el perfume en las flores que adornan tu jardín,
mi canto es ternura en tus oídos,
es paz en tu corazón.*

*Soy tu ave,
soy tu amor,
tu fiel servidor*

Danila Fosado Muñoz.

INTRODUCCIÓN

Durante muchos años el desarrollo, crecimiento y expansión de las ciudades ha representado un costo total en los aspectos tales como; económico, social y ambiental, esto debido al rápido aumento de la población, de las industrias, de las ciudades y sus edificaciones proyectos mayoritariamente originados sin evaluaciones consistentes de factibilidad y/o viabilidad ambiental, apareciendo, acto seguido, repercusiones como consecuencia de las decisiones carentes de una visión estratégica y consensuada.

Sin embargo, a pesar del problema que representan los costos ambientales al planeta, afortunadamente, en muchos países se ha empezado a impulsar en dicha área de oportunidad para intervenir positivamente en la toma de decisiones concernientes a la aplicación de políticas, líneas de acción y sobre todo instrumentos ambientales que ayudan a evaluar impactos negativos o positivos, resultado de la gestión de proyectos nuevos.

La evaluación ambiental estratégica logra analizar el camino tomado por los niveles más altos de la planeación, realizando una valoración de la bondad o, caso contrario, la probable demasía de las acciones tomadas en la planeación.

La integración de aspectos ambientales a la planeación, permite analizar el sistema con una concepción holística de la problemática, optando por un modelo de estudio en la evaluación estratégica según la jerarquía de arriba hacia abajo (top down), es decir, analizando desde políticas hasta el proyecto.

La metodología siguiente consiste en evaluar primeramente el estado actual de políticas, planes y programas relacionadas con el manejo de residuos sólidos municipales, así como proponer un plan que permita desarrollar de manera integral el manejo y la gestión de los residuos sólidos en el municipio de Xicotepec, asignando de acuerdo a los niveles estratégicos, las alternativas que permitan prevenir, compensar, corregir y vigilar el comportamiento ambiental, económico y social con base medidas técnicas y tecnológicas que beneficiarán a la comunidad.

De igual forma la evaluación de impacto ambiental queda propuesta para la elaboración puntual de los proyectos, obteniendo de la presente evaluación

ambiental estratégica, la información que complementará, integrará y sustentará la perspectiva de los nuevos proyectos.

OBJETIVOS

General.

Evaluar la disposición final actual de los residuos sólidos municipales con la adopción de un instrumento medioambiental internacional para el diagnóstico de los PPPP (planes, políticas, programas y proyectos) con el fin de generar una nueva propuesta de planeación estratégica sustentada en las necesidades del municipio de Xicotepec de Juárez, Puebla.

Específicos

- Correlacionar la viabilidad de la evaluación ambiental estratégica como instrumento internacional de integración para el diagnóstico y la planeación con un nivel local, el municipio de Xicotepec.
- Aplicar con base a los estándares internacionales la evaluación ambiental estratégica adaptándola a las necesidades de la comunidad de Xicotepec, específicamente en la disposición final de residuos sólidos municipales.
- Perseguir los principios de sostenibilidad, conservación y preservación de los ecosistemas, la comunidad y la relación con la economía local

Alcance y limitaciones

Alcances

- La evaluación ambiental estratégica se hace a nivel local, es decir en el municipio de Xicotepec.
- El presente trabajo expone el seguimiento de la evaluación ambiental estratégica, empero este queda centrado en el estudio ambiental estratégico.
- Se realizará el diagnóstico, planeación del manejo y disposición de los residuos, además la optimización final con el propósito de valorar la capacidad de generación de energía de los residuos sólidos municipales.

Limitaciones

- Para un cumplimiento total de la evaluación ambiental estratégica el presente estudio ambiental, debe de someterse a las consultas públicas y privadas.
- La evaluación ambiental estratégica no es un instrumento ambiental vigente en México, sin embargo, la planeación estratégica actualmente puede tomar ese rol.
- La información y datos tomados referentes mayoritariamente son teóricos, haciendo los ajustes pertinentes y las comparaciones con datos prácticos obtenidos.
- Como producto final se entrega un plan general, sin embargo, la gestión y aplicación debe llevarse a cabo por las autoridades correspondientes del municipio.

JUSTIFICACIÓN

México es un país con una riqueza natural amplia y vasta, tiene aproximadamente un 12% de la biodiversidad del mundo (OECD, 2003), lo que nos posiciona dentro del conteo de países con mayor biodiversidad en el mundo. Hoy en día, muchos países comparten acuerdos, leyes y normas que velan por la protección de áreas naturales y, que, además, unen esfuerzos para buscar nuevos alcances en la sustentabilidad ambiental. Sin embargo, no todas las acciones terminan los cometidos buscados debido a lagunas de ineficiencia de las estrategias ambientales o bien, la nula preocupación tanto de los gobiernos como de los ciudadanos, repercutiendo directamente en la biocenosis de cada país.

La sustentabilidad tiene diversas aristas a tratar, pero todas convergen en un solo punto, la sostenibilidad ambiental. Uno de los focos rojos de preocupación ambiental es, sin duda alguna, el manejo y gestión de residuos sólidos, tema que recae principalmente en los gobiernos, es decir, bajo la emisión de políticas, normas y pautas para encarar la responsabilidad de los desechos que a su vez tengan como propósito preservar la vida de la comunidad y sus ecosistemas presente y/o futura. No obstante, la orientación actual que se tiene en sistemas de integración social, ecológica y económica es deficiente, lo que exige cada vez más proyectos de acción

y reacción no sólo social sino de innovación y tecnología que enfrenten los problemas existentes en los diversos temas de sustentabilidad.

Pero, ¿por qué intervenir con una Evaluación Ambiental Estratégica?, realizar un diagnóstico de la disposición de residuos sólidos a nivel municipal pareciera una tarea sencilla y bastante obvia, no obstante, hace poco tiempo se empezó a hondar en estos temas, es por ello que existen muy pocos estudios de barasitología que sean un referente para las buenas prácticas cotidianas de recolección de los residuos. Una evaluación ambiental expone a fondo el sistema y manejo de los residuos, las interrelaciones, sinergias y complejidades, la ineficiencia generada por la contaminación, los costos operativos y los impactos ambientales que derivan en aquellos ecosistemas vulnerables no sólo en un nivel estratégico bajo, sino en cada nivel de la planeación que requiera intervención. Con lo anterior, se podrá obtener un panorama completo acerca de ¿qué?, ¿cómo?, y ¿cuánto?, está siendo afectado de acuerdo al manejo actual de los residuos, proponiendo como último fin los ¿qué?, ¿cómo?, y ¿cuándo?, intervenir.

CAPÍTULO I. LA PLANEACIÓN

Alicia: - ¿Podrías decirme que camino debo seguir para salir de aquí?

Gato: - Eso depende en gran parte del sitio al que quieras llegar.

Alicia: -No me importa mucho el sitio.

Gato: -Entonces tampoco importa mucho el camino que tomes...

Lewis Carroll.

Definición

El concepto de planeación viene dotado de un vasto significado en áreas como la ingeniería. La Real Academia de la Lengua Española (RAE), define dos términos, primero que nada y el más usual en México, *planeación*, palabra que se encuentra asentada en el diccionario como “*planeamiento*” definida como la acción y efecto de planear (trazar un plan), del mismo modo, “*planificación*” es concebida como el “plan general metódicamente organizado y frecuentemente de gran amplitud, para obtener un objetivo determinado, tal como el desarrollo armónico de una ciudad, el desarrollo económico, la investigación científica, el funcionamiento de una industria, etc.” (RAE)

Los dos términos tienen la raíz etimológica en la palabra plan, proveniente del latín *planus* término que hace referencia a las definiciones anteriormente dichas.

La planeación no es fiel a sólo un área de aplicación, los ingenieros proyectistas realizan el planteamiento de las políticas, planes, programas y proyectos, conocidos como PPPP en actividades humanas como la industria, los servicios, infraestructuras, transportes, tecnología y en general cualquier sistema que requiera la intervención presente y la proyección futura.

Tal como lo cita Russell Ackoff; “*La planeación es proyectar un futuro deseado y los medios efectivos para conseguirlo*”, haciendo que cada organización u empresa, adopte sus propios criterios abordando así, todas las características que integran el sistema. (Ackoff, 2001)

Anteriormente, el significado de planeación, no integraba completamente al sistema, involucrando al medio circundante, es decir, el medio ambiente que la rodea. Con ello la planeación se simplificaba a los aspectos técnicos y sociales, sin

integrar las proyecciones que convenían e involucraban al entorno o bien lo que se conoce como, el universo que la contiene. La interrelación que contiene al objeto de la planeación dota diversas dimensiones al estudio del mismo, potencializando la validez del estudio, logrando así, integrar aspectos físicos, químicos y biológicos.

Enfoques de la planeación

La planeación puede ser presentada por ciertos enfoques según lo patenten los sistemas que se deseen intervenir. Estos enfoques generan la información primaria para poder observar y realizar una síntesis de la empresa, dicha información no refleja la filosofía, psicología o los aspectos sociológicos dentro de las organizaciones, sin embargo, muchas veces son estos enfoques los que continuamente están generando internamente las pautas para planear y administrar los sistemas. Los enfoques de la planeación se presentan principalmente en cuatro tipos, el reactivismo, inactivismo, proactivismo y el más usual pero no más importante dentro de la planeación estratégica, el interactivismo. (Ackoff R. L., 1993)

Enfoque reactivo; el enfoque reactivista, tiene por característica principal no involucrarse en el presente ni en el futuro, sino centrarse meramente en el pasado. La planeación reactivista analiza a los problemas separadamente, proponiendo pocas interrelaciones, queriendo conservar a la vez, la jerarquía actual, interviniendo sólo en los aspectos críticos o los fallos que se presenten en la organización, sin realizar cambios abruptos y repentinos para no alterar el orden actual, aunque muchas veces estos cambios sean requeridos.

Enfoque inactivo; es básicamente la ausencia de objetivos, no perspectivas hacia el futuro y conformismo con el presente. La planeación inactiva posee la cualidad de intervenir los problemas cuando ya están presentes, a pesar de ver con gran asombro el futuro no se engarzan él y sólo otean en el horizonte sin plantear soluciones verdaderas, mitigando la enfermedad con dosis de placebos que sólo corregirán el problema, más no lo solucionarán por completo, para el tipo de organizaciones que se orientan con base a este enfoque el ir al día, es lo mejor que saben hacer.

Enfoque proactivo; enfoque que busca la aceleración al cambio y a la apertura de la oportunidad, planteando el futuro como salvador de las organizaciones,

dejando a un lado el pasado y el presente. Busca estar siempre a la vanguardia, olvidando la experiencia y focalizándose en aspectos técnicos como programación lineal, presupuestos, análisis de riesgos y estudios orientados a la eficiencia y productividad, teniendo como objetivo el crecimiento a diestra y siniestra. Realizan un tipo de dirección de arriba hacia abajo con el fin de pronosticar y prevenir los aspectos adversos para cada miembro de la jerarquía.

Enfoque interactivo; El interactivismo puede verse como el equilibrio entre el reactivismo y el proactivismo, es decir, no adquiere una visión romántica ni conservadora de la actual organización, ni pronostican el futuro apostando todo a la optimización sin fundamentos, la planeación interactiva busca la idealización del futuro que sea el óptimo para las organizaciones y sistemas, así mismo crea protocolos dentro de la planeación que apuestan por “el diseño de un futuro deseable de la intervención de los métodos para llegar a él”, buscando el desarrollo de la empresa utilizando la experimentación, persiguiendo metas, objetivos e ideales. (Ackoff R. L., 1993)

Ahora bien, la idealización dentro de la planeación tiene que establecer obligatoriamente el punto a donde se quiere llegar en el futuro partiendo de la peculiaridad de la situación actual a intervenir. La proyección de los fines para el proceso de planeación adquiere el carácter formal y determinante una vez redactados los mismos.

Una vez percibido el fundamento de los fines es conveniente decir que no todos los procesos de planeación enuncian dentro de los documentos técnicos textualmente los fines, pero con ayuda de las llamadas estrategias definen constantemente el rumbo y la dirección de la planeación. Para el presente trabajo se clasificarán a los fundamentos de la planeación como: uno, los fundamentos que se requieren definir para llegar a la imagen objetivo y dos, los fundamentos para lograr dicha imagen objetivo, siendo una especie de guía que se planteará desde el inicio de la intervención del sistema.

Fundamentos para definir la imagen objetivo

Meta: Son los fines que la planeación espera lograr durante el proceso de la intervención, marcando así el tiempo específico para su realización.

Objetivo: Al igual que las metas, los objetivos son fines que la planeación persigue, con la distinción que los objetivos no establecen un tiempo límite o concreto, sino que el transcurso de realización es el progreso continuo de dichos fines.

Visión: Es el ideal del sistema que se espera lograr a largo plazo, refiriendo la forma resumida y contextualizada de la razón de ser del sistema.

Misión: Se refiere a la función ideal que se quiere conseguir a largo plazo o bien dicho con otras palabras, es la razón de hacer que el sistema define para su conceptualización.

Fundamentos para guiar la imagen objetivo

Estrategia: Es la fijación de cursos de acción para el uso y asignación de medios, medias y recursos para lograr los objetivos fijados durante la planeación, con un periodo de largo plazo. Algunos ejemplos son: estrategias de crecimiento, estrategias de integración, estrategias de consolidación, estrategias de diversificación, etc.

Táctica: Son acciones tomadas a corto plazo con base a las estrategias para lograr los mismos objetivos de la planeación, pudiendo formular una o más tácticas por estrategia.

Para continuar con el proceso de consolidación de la planeación es necesario también conocer la tipología de planeación existente para poder optar por el tipo específico que más concorde y aborde el universo del sistema y de una solución óptima a la problemática evaluada. Como se analizará a continuación los enfoques de la planeación difieren mucho de acuerdo a los autores que los definen, no obstante, se puede establecer lo que primordialmente se generaliza de acuerdo al contenido tácito de las estructuras metodológicas. Como se mencionó en la tipología de planeación propuestas por el autor Ackoff, los fines deben ser incluidos en la planificación sin importar la perspectiva o tipología que se adopte a continuación, se desglosan dichas perspectivas de la planificación:

Planeación operacional: La autoridad competente superior establece las metas a lograr, permitiendo así la formación de medios para lograr lo establecido a corto plazo.

Planeación táctica: Consiste en fijar metas y seleccionar los medios para conseguir los objetivos establecidos por la autoridad, siendo de mediano plazo dicha planeación.

Planeación estratégica: Busca la identificación de líneas de acción o enfoques de carácter estratégico, es decir la formulación de meta, objetivo e ideal, que infieran directamente sobre las áreas funcionales del sistema a evaluar. Los proactivistas generan este tipo de planeación normalmente a largo plazo.

Planeación normativa: Fija explícitamente las metas, objetivos, ideales y medios para lograr una planeación tanto externa e interna, sin establecer un tiempo definido.

Planificación sectorial

Existen tantas formas de planeación como los requerimientos de los proyectos lo dicten, si bien en mucha bibliografía están asentados como planeación sectorial, esta definición se refiere a los diferentes tipos de planificación elaborada. Para lo concerniente al presente trabajo se definirán a continuación los tipos de planeación sectorial que refieren al tema a tratar.

Planificación ambiental: Se trata de evaluar los impactos ambientales, así como prevenir y corregir los posibles problemas que deriven de la integración de los recursos naturales dentro de un sistema.

Planificación de infraestructuras ambientales: Tienen por objeto formular la gestión de las emisiones o efluentes, líquidos, gaseosos o sólidos, como son los vertidos, efluentes gaseosos y los residuos sólidos para la reutilización, reciclado, valorización o eliminación de los residuos.

Planificación de la gestión ambiental: Utiliza las herramientas de la planeación para evaluar un sistema de acuerdo a normas tanto de cumplimiento obligatorio o bien las de carácter voluntario, a fin de normalizar y regularizar los procesos e implementar la mejora continua dentro de los mismos.

Planificación del desarrollo sostenible: este tipo de planificación es una de las más completas e integrales que buscan gestionar las interacciones entre la dinámica social, económica y ecológica o ambiental, teniendo como objetivos la sustentabilidad y la sostenibilidad.

Ahora bien, se han mencionado los tipos de planeación que más conciernen al área de estudio, sin embargo, para la integración del entorno o del aspecto medioambiental, definido en inglés como *environment* de la misma forma que en francés *environnement*, el mejor método de planeación no consiste en seguir fases o etapas sin importar de qué tipo o a qué sector le concierna, sino que el proceso de investigación debe de contemplar la integración del entorno que lo rodea, sea cual sea el sector en donde se realizará la planeación.

Metodología de la planeación

Primero que nada, se debe aclarar que no existe una metodología única para llevar a cabo el proceso de planeación, sin embargo, existen muchos autores que concuerdan enunciando los ejemplos de la formulación del proceso de la planeación. En términos generales la elaboración de un plan se lleva a cabo con tres fases conocidas como: diagnóstico, planificación y gestión. (Orea, 2014)

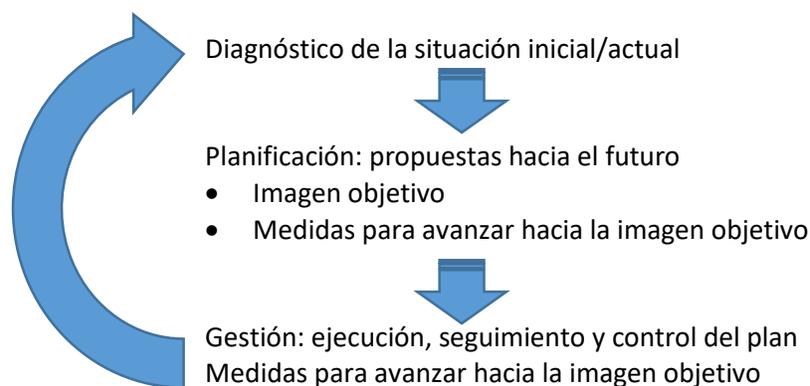


Ilustración 1 La formulación se desarrolla en tres fases aplicables a cualquiera de sus instrumentos. (Orea, 2014)

Para llevar a cabo con éxito la planeación es necesario entender y comprender las posibles interrelaciones en el sistema a intervenir, es decir, en las tres fases debe de haber una concordancia con lo que se desea obtener al final de la planeación y este equilibrio se basa enunciando algunos principios como los siguientes:

- ✚ Principio de continuidad; la continuidad tiene por objetivo la realización efectiva de todo el proceso con ayuda del monitoreo constante, es decir, si durante la alguna fase de la planeación existen algunos cambios respecto a un plan o programa, la planeación debe de resignificarse para poder adaptarse a las condiciones requeridas. Así mismo, refiere a la elaboración holística de la planeación, es decir, la coordinación e integración de todos los planes y programas existentes.
- ✚ Principio de coordinación; este principio busca la interrelación de las diferentes unidades de la planeación por cada nivel de la estructura, buscando el mayor número de evaluaciones y coordinaciones, eliminando las independencias en el proyecto.
- ✚ Principio de integración; la integración en la planeación es uno de los principios holísticos que más se buscan actualmente, dado que las condiciones ambientales externas y los aspectos críticos de los planes, buscan la proyección evaluando las mayores interacciones posibles. Este principio se visualiza en las dependencias de las unidades de diferentes niveles.

De ahí que, la mejor planeación no es la que se rige por una metodología única, sino la que prevé, analiza y sintetiza todas las posibles iteraciones dentro del sistema, componiendo los tres principios mencionados anteriormente a lo largo del horizonte temporal.

Primera fase: Análisis y diagnóstico de la situación actual

Básicamente se enfoca en la búsqueda de la problemática actual incidente en el sistema, el principal componente que caracteriza esta fase como tal, es el diagnóstico. Se puede dividir en tres categorías para su estudio.

1. Delimitación del espacio; es propiamente el análisis de sistemas, basado en el criterio de homogeneidad, funcionalidad y administración, definiendo los problemas, causas, efectos y potencialidades.
2. Compilación o generación de información; es la recolección de información relevante para poder comprender la totalidad del sistema.
3. Diagnóstico; interpretación de la evolución histórica y de las “tendencias previsibles de cambio” también llamadas pronósticos. El diagnóstico debe de ser una interpretación integral y coordinada pues si no se obtienen los datos de un análisis externo y de otro interno paralelamente al proceso, la concordancia y veracidad del proyecto pueden ponerse en duda.

Segunda fase: Planificación

En esta fase, se crea la imagen que se desea proyectar, de acuerdo a las características analizadas en la primera fase del diagnóstico. La proyección se da puntualizando la dirección que se quiere para llegar a lo esperado, a los fines propuestos, tomando en cuenta los medios y recursos disponibles de todo tipo. La planeación, es el proceso que lleva más tiempo, pues a pesar de permitir idealizar la imagen querida, el desarrollo e implementación de los medios debe de ser racional y realista.

1. Creación de objetivos; esta tarea consiste en identificar los objetivos y metas de manera estructurada, jerarquizada, compatibilizada y racionada con el fin de conseguirlos a corto, mediano y largo plazo. Así, objetivo se puede definir como los “resultados específicos que se desean alcanzar, medibles y cuantificables a un tiempo, para lograr la misión”. (Münich, 2013)
2. Diseñar el ideal; conocido como diseño idealizado (Ackoff R. L., 1993), consiste en proyectar la imagen objeto deseado dotando a la planeación a su vez del propósito deseado, usando dos características principales la visión, definiendo la razón de ser y la misión, dictando la razón de hacer.
3. Identificación de medios y medidas; la tarea proporciona el conjunto coherente de acciones encaminadas a la realización de los objetivos como regulación, intervención y gestión, evaluando todas las alternativas posibles.

Tercera fase: *Gestión*

La gestión es básicamente la puesta en marcha de todo lo planificado, asignando las responsabilidades pertinentes previamente evaluadas por el ingeniero proyectista. Esta etapa responde a las preguntas como lo son: ¿Qué?, ¿Cuándo? y ¿Dónde?, no obstante, la tarea de la planeación no acaba en la proyección del proyecto, sino que realiza tareas como la evaluación y el seguimiento de la implementación y así mismo sus consecuencias.

1. Diseño de gestor; es asignar a la responsabilidad al ente para algún plan específico.
2. Sistema de gestión; es la articulación de los flujos de decisiones, flujos de información y normas de funcionamiento dirigidas por el ente gestor.
3. Programa de puesta en marcha: se sustentan en los cronogramas y diagramas de flujo, enunciando las acciones tomadas en un período de tiempo con su respectivo, inicio y fin.
4. Programa de seguimiento y control: se refiere a proporcionar los indicadores, controles e instrucciones para ejecutar el plan, evaluando la realización de los objetivos, en general propician la adaptación continua, enunciando el principio de continuidad. Así mismo, en caso de ser necesario se realiza una evaluación “ex post”, para formular los planes subsecuentes si se necesitan para la planificación continua.
5. Presupuesto para la gestión.

Instrumentos de la planificación “*Los PPPP*”

Una vez que el diagnóstico se llevó a cabo es necesario utilizar herramientas para el proceso de la planificación, sin embargo, esa misma fase de diagnóstico ayudará a delimitar el enfoque, estilo, contenidos y extensión de las herramientas tales como políticas, planes, programas y proyectos (PPPP). Los PPPP son dirigidos específicamente a resolver una meta única para cada eje temático, espacial y temporal, realizando a su vez dentro de cada uno de ellos las fases del proceso visto en el punto anterior citando a la vez a (Ackoff R. L., 1993), en lo que dicta a la planeación interactiva: formulación de la problemática, planeación de los

finés, planeación de los medios y recursos, traducidas también como medidas y por último, gestión de la implementación de tales medidas.

Con ello se llega a la afirmación de que la planeación no es un proceso abstracto, ni único en la evaluación del sistema, sino por el contrario, es el desarrollo de la implementación de medidas concurrentes e interrelacionadas, con el mismo modelo de realización, haciendo hincapié en la formulación de la conformación sus propios supra sistemas y subsistemas.

Políticas

Perennemente durante el proceso de la intervención de un sistema se requiere la adopción y especificación de los lineamientos generales, reafirmando la idea de la estrategia de acción que se tiene sobre la planeación. A esta serie de lineamientos o criterios generales que se perpetúan en el desarrollo y ejecución de actos administrativos se les conoce como políticas, así mismo, se pueden dividir en estratégicas o generales, tácticas o departamentales y operativas. (Münich, 2013)

Estratégicas o generales: Se dictan desde el mando más alto de la jerarquía de la organización o bien, el planeador las utiliza para generar al sistema como una unidad integrada.

Tácticas o departamentales: Refieren a la aplicación de las políticas a cada nivel del sistema.

Operativas: Se aplican a cada una de las unidades que integran cada nivel de la organización o bien del sistema.

Planes

Comúnmente los planes dan significado aquellas acciones y medidas tomadas sobre alguna situación organizada y estructurada con base a objetivos previamente definidos, fijando a la vez un horizonte temporal para su realización. Dichas acciones y medidas de acción quedan sustentadas en un documento técnico con especificaciones de “lo que se va hacer y de lo que no se debe hacer”, conteniendo a su vez programas y proyectos con medidas como lo son normas reguladoras, actos administrativos, aprovechamientos, comportamientos y metodología para su gestión. (Orea, 2014)

El análisis de la situación actual de una problemática específica permitirá la propuesta técnica de la o las acciones concretas para el objetivo particular y la meta general de la planeación.

Programas

Los programas son las actividades cronológicamente ordenadas para llevar a cabo objetivos particulares de alguna problemática diagnosticada, mismos que a la vez influyen en el objetivo general del proceso de planeación. Atendiendo al principio de la integración, los programas deben de estar interrelacionados entre las distintas unidades del sistema, de manera que se logren articular de acuerdo al segundo principio holístico de la coordinación.

Los programas pueden componerse de subprogramas, que son una especificación de segundo grado para los programas, mismos que son divididos más tarde en proyectos optando de igual manera por los planes, los medios y recursos para su ejecución. Así mismo, los programas requieren la asignación de responsabilidades y tiempos, acordes a las estrategias planeadas para el sistema a intervenir, los cuales, además, deben de tener un orden de asignación de las actividades a priorizar durante su ejecución, propiciado la elaboración de dos de los principales métodos para los programas, el llamado “Program Evaluation Review Technique” (PERT) y el “Critical Path Method” (CTM).

Proyectos

Hasta aquí las herramientas de la planeación han permitido generar una ruta de seguimiento para la metodología; política, plan y programa para llegar al proyecto. Dicha ruta puede tener tantas iteraciones como lo requiera la problemática a resolver, el proyecto entonces, es una unidad de inversión, cuya localización puede adquirir la característica puntual o lineal, en lo concerniente a un aspecto concreto, con su propio plazo y presupuesto. (Orea, 2014)

La integración de las 4 P define la sensibilidad, compromiso y conocimiento del medio ambiente en lo que refiere al proceso de planificación, tomando como variable principal el tiempo, permitiendo así, la evaluación del comportamiento de los PPPP vertical y horizontalmente. Si bien, el plan es la unidad de planeación con mayor

extensión por su conformación, en la integración de programas y proyectos, los proyectos de manera particular, definen la idea de la intervención a menor escala persiguiendo metas inmediatas con base también en la normatividad agregando además algo muy importante, el presupuesto.

Técnicas para el diagnóstico de la situación y la generación de alternativas en la planeación.

Para el estudio de las diferentes etapas dentro de la planeación es necesario recolectar y compilar información tanto interna como externa del sistema, sea durante el diagnóstico, la planificación o bien durante la gestión. Esto quiere decir, que continuamente se estarán utilizando herramientas para el análisis, la evaluación y la propuesta de nuevas soluciones que sean alternativas óptimas y apropiadas para la intervención de la situación actual.

Los sistemas tales como instituciones, organizaciones, empresas, procesos, o cualquier conjunto unidades interactuando entre sí, siguen una forma única de ordenación para su funcionamiento. Esta forma se puede representar con recursos gráficos o bien, documentos técnicos, algunas de estas formas, son, por ejemplo: diagramas de flujo, mapeo de procesos, manuales, jerarquías organizacionales entre otras, mismas que esbozan el seguimiento que debe tener el sistema.

En algunas ocasiones los problemas que presentan las organizaciones son muy visibles que no se necesita más que observar los diagramas de seguimiento del proceso y hacer una comparación con la realidad observada, esto, para generar las posibles causas que enmarcan la problemática actual, sea por concepto de potencialidades negativas internas o externas. Sin embargo, no basta con solo ver y esbozar tentativa y superficialmente los problemas, es necesario, por ende, realizar técnicas y procedimientos metodológicos para reducir la incertidumbre de la valoración en el análisis tanto del diagnóstico como la planeación en sí. Estas técnicas de intervención deben de responder a los requerimientos del sistema, optando por una o más herramientas dentro de cada etapa, procurando la lectura de los procedimientos internos y del medio ambiente externo, siguiendo la funcionalidad del sistema expresada en los siguientes términos. (Orea, 2014)

✚ Sinergia, cuando las actividades se refuerzan entre sí.

- ✚ Complementariedad, cuando una actividad es complemento para la realización de otra.
- ✚ Compatibilidad, cuando dos o más actividades pueden coexistir en tiempo y espacio.
- ✚ Disfuncionalidad, cuando las actividades muestran reacciones por concepto de intervenciones generadas, pero sin llegar a la incompatibilidad.
- ✚ Incompatibilidad, cuando dos o más actividades no pueden coexistir en el mismo tiempo y espacio.
- ✚ Neutralidad, cuando las actividades dentro del sistema no significan intervención o efectos ni negativos ni positivos.

Es conveniente establecer quienes son los participantes dentro del sistema, pues la mala o nula definición de las partes que integran la dinámica de las relaciones dentro del sistema generan discrepancias para la planeación y redacción de los documentos técnicos, provocando efectos nocivos tanto materiales como sustanciales. Para ello es necesario aclarar que la planeación muchas veces no define al medio ambiente como el medio físico que rodea el sistema, como podría ser el suelo, paisaje, ecosistema o población circundante que lo rodea. A las siguientes definiciones de las partes que integran el medio ambiente del sistema habría que integrar también el medio físico externo y las relaciones que puede generar consigo.

1. Parte transaccional: Refiere a los individuos, organizaciones e instituciones que generan una intervención en el sistema.
2. Parte contextual: parte del medioambiente que influye o es influida por el sistema, tales como condiciones económicas, condiciones sociales, condiciones ambientales de manera interna y externa en la organización.

Para el diagnóstico y la planificación integrada, es conveniente resaltar que, si bien, la filosofía de intervención para la planeación actual genera una poca y escasa preocupación por el medioambiente que rodea al sistema tomando en cuenta sólo el propio medio ambiente que se general interior de la organización, es preocupante y concerniente para la funcionalidad responsable del sistema, previniendo así conflictos y escenarios fatalistas en el futuro.

Dicho lo anterior podemos utilizar infinidad de técnicas para generar los análisis pertinentes. Por ahora solo se mencionarán algunas de las herramientas más utilizadas por la facilidad de aplicación y la adaptación para cualquier tipo de planeación y tipo de sistema.

Grafos y matrices de causa efecto

La búsqueda de las causas que están generando manifestaciones dentro del sistema se pueden representar de manera esquemática admitiendo las relaciones dentro del sistema. Esta técnica de representación es una herramienta altamente socorrida por los resultados que genera, tomando un análisis de inferencia de lo particular a lo general o viceversa, permitiendo a la vez realizar el esquema hacia atrás o hacia adelante.

Los grafos se ramifican para poder obtener las causas primarias secundarias y los efectos correspondientes siendo uno o más de dos, siempre respondiendo a lo que sea mejor para encontrar la raíz del problema a diagnosticar. Este tipo de grafos tiene una variante de representación conocida común mente como diagrama de pez o bien el nombre original de diagrama Ishikawa, llamado así por su creador.

Una vez hecho el análisis más simple identificando las causas y efectos es pertinente identificar los tipos de problemas que se están generando, estableciendo la lógica funcional con la que operan, pudiendo ser verticales ejerciendo la acción sobre los niveles del sistema u horizontales manifestándose sobre unidades del mismo nivel del sistema. Estas relaciones identificadas, se pueden representar con la ayuda de diagramas de árbol o igualmente con matrices, con cuadros de doble entrada colocando las causas y efectos sobre el sistema o problemática o para cada problemática en particular, este último tipo de técnica identifica y evalúa la sinergia ponderando con calificaciones por ejemplo de 1-5, 1-10 o hasta de -100 a +100 según se adapte mejor al análisis, la suma de las columnas y filas reflejará la sensibilidad de la problemática evaluada. Por último, este tipo de matrices también ayuda a la generación de soluciones y alternativas una vez encontradas las relaciones de causa y efecto.

DAFO

El análisis DAFO (Debilidades-Amenazas-Fortalezas-Oportunidades) también conocido como FODA o en inglés SWOT es una de las principales herramientas dentro del proceso de la planeación, siendo herramienta potencialmente efectiva para el diagnóstico de problemas e identificación de estrategias para objeto de elaboración de las políticas, planes, proyectos y programas. Se basa en el análisis interior y exterior del sistema, las fortalezas y debilidades son atributos fuertes o débiles que posee el sistema, mientras que las amenazas y oportunidades son aspectos externos de carácter coyuntural que pueden inferir directamente en el sistema positiva o negativamente. El producto de la realización de esta técnica es una matriz conteniendo las columnas que son fortalezas y debilidades y las filas, disponiendo las amenazas y oportunidades.

MATRIZ D.A.F.O	<i>FORTALEZAS</i> $F_1 F_2 F_3$	<i>DEBILIDADES</i> $D_1 D_2 D_3$
<i>AMENAZAS</i> A_1 A_2 A_n	ENFOQUE resultado de cruzar: Amenazas y fortalezas	ENFORQUE resultado de cruzar: Amenazas y Debilidades
<i>OPORTUNIDADES</i> O_1 O_2 O_n	ENFOQUE resultado de cruzar Oportunidades y Fortalezas	ENFOQUE resultado de cruzar Oportunidades y Debilidades

Tabla 1 Formato de una matriz DAFO. (Orea, 2014)

El análisis del sistema con la ayuda de esta técnica permitirá diagnosticar la situación actual en la que se encuentra el sistema, así como la identificación de las estrategias y líneas de acción realizando un cruce sistémico de las fortalezas con las oportunidades, las fortalezas con amenazas, las debilidades con oportunidades y debilidades con amenazas mediante una suma algebraica, teniendo como resultado final el balance de las columnas orientadas a optar por alguna estrategia de acción como las estrategias defensivas, reduciendo con ello las debilidades

frente las amenazas, estrategias reactivas, orientadas a fortalecer los puntos fuertes del sistema así como eliminar amenazas, las estrategias adaptativas, orientadas a interferir en las debilidades y por último las estrategias ofensivas, orientadas para aprovechar las oportunidades.

Mapas mentales

Es la técnica que al igual que las mencionadas anteriormente ayudan a la identificación tanto de causas y efectos como de las posibles soluciones. Es una herramienta con esquema libre, sin direcciones evitando la omnipresencia de una sola idea, genera la representación del pensamiento lateral.

Tormentas de ideas

Es una técnica que expresa las ideas de un grupo de personas de diferente formación profesional pero que, sin un juicio, emiten sus propias opiniones respecto a las posibles causas que generan la problemática que se está consultando, las fases que se siguen son cuatro; preparación de la reunión, incubación de ideas, expresión de las mismas y por último, evaluación final. Las reglas son simples, básicamente consiste en no criticar ideas de terceros y buscar la raíz de los problemas o las alternativas grupalmente. También es conocida por el nombre de lluvia de ideas. (Münich, 2013)

Consulta de expertos

La consulta a expertos puede adoptar diferentes formas de operación. Por un lado, pueden ser entrevistas a profundidad, realización de cuestionarios con opción a distancia, o talleres de trabajo. La técnica consiste en expresar las ideas que cada experto tiene, basadas en una encuesta o cuestionarios, haciendo que las rondas sean participativas entre los involucrados recurriendo a la técnica mencionada anteriormente, tormenta de ideas. Una técnica más formalizada es la consulta Delphi, teniendo el mismo objetivo de la consulta a expertos, sin embargo, requiere más tiempo, lo que en ocasiones puede representar fatiga y abandono del seguimiento.

Entrevistas

Esta técnica de recolección de información es muy útil cuando la situación a intervenir involucra directamente no sólo a los participantes internos del sistema como trabajadores, ejecutivos, directores, sino aquellas personas que van desde proveedores, clientes hasta los habitantes circunvecinos de la ubicación donde se encuentra el sistema, esto quiere decir que no sólo expertos o involucrados en el proyecto podrán responder a las preguntas incluso se podrá involucrar para obtener información verídica y con amplio margen de integración de la situación interna y externa. Empero, la veracidad de la información en esta aplicación dependerá de la profundidad y grado de realización de la entrevista, tratando de que el entrevistador sea lo más neutral y directo posible, pero al mismo tiempo cauteloso con la forma de ejecutar las preguntas. De ahí que esta técnica requiera tres fases principales como preparación, aplicación y análisis de las entrevistas efectuadas, logrando así una integración del entrevistado, no sólo respondiendo a los interrogatorios, más aún, se observará la situación y al sujeto en el contexto a evaluar. Es importante aclarar que las entrevistas, a diferencia del cuestionario o listas de comprobación, contienen preguntas abiertas lo que significa una mayor recolección de información tanto tácita como explícita, de cualquier modo, los cuestionarios también generan una información sustancial a la planeación si se realizan con base a normas y procedimientos formales, obteniendo así respuestas cerradas, pero con un grado de incertidumbre reducido al mínimo.

Recogiendo lo más importante, se puede decir que existen un sinnúmero de técnicas para buscar y generar información tanto para generar un sistema como para intervenirlo, incluso se pueden crear nuevas formas de compilar información a medida que la planeación lo requiera, pero siempre se tendrán que adaptar a los objetivos, metas, ideales y, sobre todo, a la extensión que en la planeación se estipule.

CAPÍTULO II. EVALUACIÓN AMBIENTAL

Ella está en el horizonte.
Me acerco dos pasos
y ella se aleja dos pasos.
Camino diez pasos y el horizonte
se corre diez pasos más allá.
Por mucho que yo camine,
nunca la alcanzaré.
¿Para qué sirve la utopía?
Para avanzar.
Fernando Birri.

El crecimiento demográfico de las sociedades ha significado una alta demanda de más y mejores servicios para abatir las necesidades básicas y complementarias propiciando una explotación indiscriminada de los recursos naturales, con el objetivo de hacer frente los constantes requerimientos de una sociedad consumista.

No obstante, la oferta que representa los “recursos naturales” es insuficiente para abastecer y mantener las actividades que representan el curso de las teorías económicas actuales, incluso habiendo establecido el actual modelo de desarrollo sustentable bajo la preocupación global del curso del progreso de la humanidad. Este modelo, interrelaciona lo económico, lo social y lo ambiental (ecológico) para una mejor gestión de las economías. En muchos países este modelo para el desarrollo económico se ha implementado en los últimos treinta años, empero, en países incorporados tarde al expansionismo ha sido una tarea ardua el tratar de instrumentar los proyectos y los procesos de industrialización bajo el impulso de la sostenibilidad, principio que respalda dicho modelo.

Así, el costo de esta incorporación tardía, además de la mala adaptación de los modelos descriptivos de las teorías ambientales, ha significado una nula preocupación y un deterioro ambiental en la biodiversidad del planeta, creando proyectos sin el diagnóstico estratégico de los impactos ambientales negativos de

carácter casi irreversible. Es por ello que la planeación, sea de cualquier tipo, es un recurso que se debe de proyectar abordando la integración de las tres dimensiones mencionadas anteriormente para así responder a la problemática ambiental, gestionando entonces, el desarrollo sostenible real de las sociedades.

Orígenes

La idea de que los recursos naturales eran inagotables afortunadamente quedó extinguida a nivel mundial tres décadas atrás con la iniciativa de un informe llamado “Brudtland”, específicamente en la obra titulada “Nuestro Futuro Común” elaborado por la doctora Gro Harlem Brundtland bajo petición de la Organización de las Naciones Unidas (ONU). Más aun, una década antes, se habría presentado un informe con el nombre de “Los límites del crecimiento” realizado por el Club de Roma, en el año de 1972 a la par de la conferencia de Estocolmo sobre el desarrollo humano. El informe anterior, se basó en características como: el comportamiento crecientemente consumista de la población con un beneficio insolidario, pensamiento de previsiones a corto plazo, predominio de lo privado sobre lo público, deslocalización de la producción y consumo, y la especulación del suelo, además del modelo típico de centro-periferia (Orea, 2014).

Regresando al informe presentado en 1987, elaborado específicamente por la World Commission on Environment and Development, bajo protesta de la ONU, se sentó una de las definiciones más recordadas del desarrollo sustentable, diciendo entonces que es *“el desarrollo que satisface las necesidades actuales sin poner en peligro la capacidad de las futuras generaciones de satisfacer sus propias necesidades”*, con ello se refundaba la idea global y no local de sustentabilidad, a la vez, se reforzó la idea de que, el desarrollo y el ambiente, no era necesariamente un problema de los países pobres. (López, 2015)

El concepto de desarrollo sostenible permea en las tres dimensiones económica, social y ecológica, buscando con su interrelación e integración el progreso de la sociedad, satisfaciendo las necesidades presentes y futuras bajo la concientización de los recursos disponibles. Lo ambiental, promete mantener una huella ecológica por debajo de la biocapacidad del planeta, minimizando impactos negativos; lo

social, da palabra a la calidad de vida de todos los seres humanos y, por último, lo económico, refiere adecuar los flujos de capital a los objetivos de la sostenibilidad.

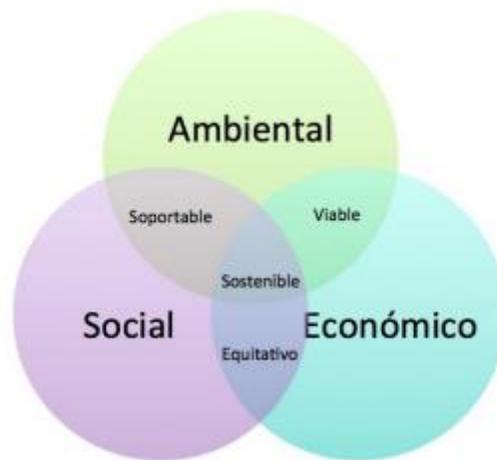


Ilustración 2 Dimensiones de la sostenibilidad. (Sánchez, 2011)

Para junio de 1992, la ONU abanderó la segunda “Cumbre de la Tierra” con sede en Río de Janeiro, Brasil, que dio como frutos la llamada agenda 21, convenios en áreas como cambio climático, diversidad biológica y los principios generales bajo la idea del desarrollo continuo. Aquí se esbozan algunos de los principios que resume el autor Domingo Gómez Orea pronunciados en la segunda “Cumbre de la Tierra” (Orea, 2014)

Principios

Principio no. 1: los seres humanos son el centro del desarrollo sostenible. El ser humano tiene derecho a una vida productiva y saludable en armonía con la naturaleza.

Principio no. 2: los estados conforme a la Carta de las Naciones Unidas y a la legislación internacional tienen el derecho soberano a explotar sus propios recursos de acuerdo con sus propias políticas ambientales y de desarrollo.

Principio no. 3: debe satisfacerse el derecho al desarrollo, así como hacer frente de una forma equitativa a las necesidades de las generaciones presentes y futuras.

Principio no. 4: la protección del medio ambiente debe ser parte integrante del proceso de desarrollo para lograr el desarrollo sostenible, y no podrá considerarse aislada del mismo.

Principio no. 5: todos los estados y todas las personas deberían colaborar en la tarea fundamental de erradicar la pobreza como un elemento indispensable del desarrollo sostenible...

Principio no. 8: para alcanzar el desarrollo sostenible y una mayor calidad de vida, los estados deberían reducir o eliminar los modelos insostenibles de producción y consumo, y promover las políticas demográficas más convenientes.

Principio no. 9: los estados deberían cooperar para fortalecer su capacidad endógena para construir un desarrollo sostenible mediante la mejora del conocimiento científico y técnico y su intercambio, y el desarrollo, adaptación, difusión y transferencia de tecnologías.

Principio no. 10: la mejor forma de tratar los problemas ambientales consiste en la participación de todos los ciudadanos afectados a un nivel aplicable. A nivel nacional, cada individuo debe tener un acceso adecuado a la información que sobre el medio ambiente poseen las autoridades públicas, incluyendo la información acerca de los materiales y actividades peligrosas de sus comunidades. Además, cada individuo debe tener la oportunidad de participar en el proceso de toma de decisiones. Los estados facilitarán y estimularán la conciencia pública y la participación para que la información sea asequible a todo el mundo.

Principio no. 15: para proteger el medio ambiente, todos los estados deberían aplicar el principio de precaución en función de su capacidad. Donde haya amenazas serias de daños irreversibles, no debería utilizarse la falta de conocimientos científicos como una razón para posponer las medidas más eficaces para prevenir la degradación ambiental.

*Principio no. 17 debería utilizarse la **Evaluación de Impacto Ambiental** para controlar las actividades que posiblemente van a causar impactos ambientales muy negativos.*

Principio no. 20: la mujer tiene un papel vital en el desarrollo y en la gestión ambiental. Su participación es esencial para alcanzar el desarrollo sostenible.

Principio no. 22: la población indígena y sus comunidades, además de otras comunidades locales cercanas tienen un papel importante en la gestión ambiental debido a sus conocimientos y prácticas tradicionales. Los estados deberían reconocer y apoyar su identidad, cultura e intereses y permitir su participación eficaz en el objetivo de alcanzar el desarrollo sostenible.

Constitución Mexicana de los Estados Unidos Mexicanos

Dentro de la revisión general del seguimiento de la sustentabilidad, en México es importante conocer cómo ésta ha repercutido e impactado en la política ambiental y en la preservación y conservación del medio ambiente. La Constitución Mexicana de los Estados Unidos Mexicanos retoma los preceptos constitucionales en lo referente a la población en general y la autonomía de los pueblos y comunidades indígenas.

- a) El Art. 2º, ap A, Fracc V... *La constitución reconoce y garantiza el derecho de los pueblos y comunidades indígenas a la libre determinación y en consecuencia a la autonomía para..., Conservar y mejorar el hábitat y preservar la integridad de sus tierras en los términos establecidos en la constitución.*
- b) El Art. 2º, ap B, Fracc VII... *Apoyar las actividades productivas y el desarrollo sustentable de las comunidades indígenas mediante acciones que permitan alcanzar la suficiencia de sus ingresos económicos, la aplicación de estímulos para las inversiones públicas y privadas que proporcionen la creación de empleos, la incorporación de tecnologías para incrementar su propia capacidad productiva, así como para asegurar el acceso equitativo a los sistemas de abasto y comercialización.*

El progreso de la sociedad cuesta, teniendo más peso cuando de impactos ambientales se trata. Según estudios realizados por organismos como lo son CEPAL, ONU y Banco Mundial, los costos generados por la degradación en América Latina rondan entre un 3% y 10% del producto interno bruto (PIB), encontrándose problemas como la contaminación, la erosión, la degradación de los suelos, la

pérdida de la biodiversidad y el ineficaz tratamiento de la contaminación (López, 2015).

EIA como primera generación de la evaluación ambiental

La idea de un desarrollo sostenible ha generado directrices para el progreso de las sociedades gracias a grupos sociales, investigadores y profesionistas preocupados por la creación de proyectos sociales y tecnológicos, sustentados por la filosofía ecologista.

La planificación ecológica en las últimas dos décadas ha significado una vasta labor para los trabajos relacionados directamente con el crecimiento económico, dado que el crecimiento demográfico es proporcional a la utilización de recursos e inversamente proporcional a los efectos generados por los impactos ambientales que se propician con las actividades humanas. Por lo anterior, los proyectos de infraestructura, industriales o en general de ingeniería se ha hecho obligatoria la evaluación de impacto ambiental, como resultado del estudio del impacto ambiental.

Se define entonces a la EIA (Evaluación de Impacto Ambiental) como el instrumento útil para la planeación y gestión ambiental, que incluye el conjunto de acciones orientadas a mejorar la viabilidad de los programas y proyectos, para evaluar la toma de decisiones respecto a la conservación de los elementos del sistema evitando errores y costos ambientales, sociales y económicos, a fin de responder al análisis costo-beneficio-ambiental.

Es importante mencionar que la evaluación ambiental se debe realizar con anterioridad al desarrollo de proyectos, es decir, desde la primera fase de la planeación, identificando, analizando e interpretando los impactos ambientales que se pueden propiciar por acción *de los planes*.

“La evaluación de impacto ambiental es un instrumento preventivo de gestión que se aplica a nivel de proyecto”. (Orea, 2014)

Una evaluación de impacto ambiental debe tomar en cuenta puntos como; delimitar el espacio y tiempo en los que actuará el proyecto, definir el ambiente afectado, generar la información requerida, determinar actores involucrados, identificar las acciones y factores más relevantes y, por último, asignar

responsabilidades para la realización del estudio tanto internos como externos. (López, 2015)

En síntesis, *el proceso de identificación, predicción y la pertinente evaluación de impacto ambiental durante la planificación recrea la integración de los campos multidisciplinarios para abordar los temas técnicos ambientales, es por ello que a todo ese procedimiento se le conoce como estudio de impacto ambiental.* El estudio de impacto ambiental toma acciones favorables para la realización de los proyectos, de manera directa a la acción/causa y al factor/efecto, optando por acciones que minimicen los efectos ambientales negativos y/o maximicen los efectos ambientales positivos, permitiendo así, la intervención de autoridades con el conocimiento pleno de los proyectos para poder aprobar o rechazar la modificación de sistema proponiendo a la vez un control ambiental de las causas a fin de garantizar el monitoreo constante del funcionamiento del sistema y del ecosistema por su parte.

Evaluación de impacto ambiental en México y el mundo.

La evaluación del impacto ambiental en el mundo se remonta al año de 1969, en los Estados Unidos de América, particularmente en la incorporación de la legislación federal de la National Environment Policy Act (NEPA), cuyo propósito principal fue la evaluación ambiental para la toma de decisiones para los proyectos, aunado a ello, se crea el Council of Environmental Quality (CEQ), encargado de la ejecución de directrices sustentadas y leyes ambientales para el proceso de la evaluación ambiental. También se creó la Environmental Protection Agency (EPA) en 1970, encargada de la reglamentación ambiental. Nueva Zelanda, Dinamarca y Austria decidieron de igual forma, tomar cartas en el asunto y empezar a reglamentar las evaluaciones de impacto ambiental, mientras que Canadá, encarnaba una evaluación extendida del impacto ambiental.

El procedimiento latinoamericano para la incorporación de la evaluación de impacto ambiental a la legislatura se dio hasta el establecimiento a la búsqueda de la calidad de vida en términos globales, así como la patente del desarrollo sustentable, por instituciones económicas como el Banco Interamericano de Desarrollo y el Banco Mundial. Colombia abanderó la causa ambiental latinoamericana e incorporó la evaluación de impacto ambiental en 1973 y en los

siguientes veinte años países como Venezuela, Uruguay, Bolivia, Chile, Paraguay y Honduras realizaron la integración del documento a la legislación en curso.

En México, el primer instrumento jurídico que reguló en el país las actividades productivas con el fin de evitar, prevenir y controlar la contaminación ambiental, fue la Ley Federal para Prevenir y Controlar la Contaminación Ambiental (LFPCCA), publicada en el Diario Oficial de la Federación el 23 de marzo de 1971 ((INE), 2012), a esta ley le hacía falta la introducción del concepto de impacto ambiental, así como, la prevención de la contaminación, fue hasta 1982, que se promulgó la Ley Federal de Protección al Ambiente (LFPA), que abrogó a la ley anteriormente mencionada, operando los primeros elementos de la gestión ambiental. Dicha ley incorporó los términos de “impacto ambiental” y “manifestación del impacto ambiental”. En 1986 se publicó una nueva Ley Forestal, sin embargo, no fue hasta 1988 cuando que entró en vigor oficialmente la legislación actualmente vigente, la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, presentando con ella, información para el apoyo de la evaluación de impactos ambientales en las modalidades general, intermedia y específica, así como el informe preventivo (López, 2015), notoriamente, fue uno de los momentos más importantes en la historia de la legislación ambiental, pues por primera ocasión se contaba con un marco legal sobre la evaluación del impacto ambiental como un instrumento de la política ecológica que refería a la vez, un reglamento específico ((INE), 2012).

Ley Federal de Protección al Ambiente (1982)
<i>Impacto ambiental:</i> la alteración del ambiente ocasionada por la acción del hombre o de la naturaleza
<i>Manifestación del impacto ambiental:</i> El documento mediante el cual se da a conocer, con base a estudios, el impacto ambiental, significativo y potencial de un proyecto y la forma de evitarlo o atenuarlo en caso de que sea negativo
Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (1988)
<i>Impacto ambiental:</i> modificación del ambiente ocasionada por la acción del hombre o de la naturaleza
<i>Manifestación del impacto ambiental:</i> el documento mediante el cual se da a conocer, con base en estudios, el impacto ambiental, significativo y potencial que generaría una obra o actividad, así como la forma de evitarlo o atenuarlo en caso de que sea negativo

Tabla 2 Definiciones sobre impacto ambiental ((INE), 2012)

Actualmente, la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente a citado un largo camino de reformas, no obstante, como se ha mostrado en la tabla anterior, la modificación en el año 1988 ha establecido la regularización de los documentos tales como: informe preventivo y la manifestación de impacto ambiental a nivel particular y regional, precisando los alcances pertinentes y complementando guías de apoyo para su aplicación.

El documento de evaluación de impacto ambiental, está integrado en la Manifestación de Impacto Ambiental (MIA), sujeta a la evaluación por parte de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), siguiendo los contenidos que dicta la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), así como el Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Proyección al Ambiente, publicado el 30 de mayo de 2000, en el Diario Oficial de la Federación, incluyendo además los procedimientos internos para la evaluación de proyectos sometidos y la normatividad aplicable para emitir el dictamen final (López, 2015).

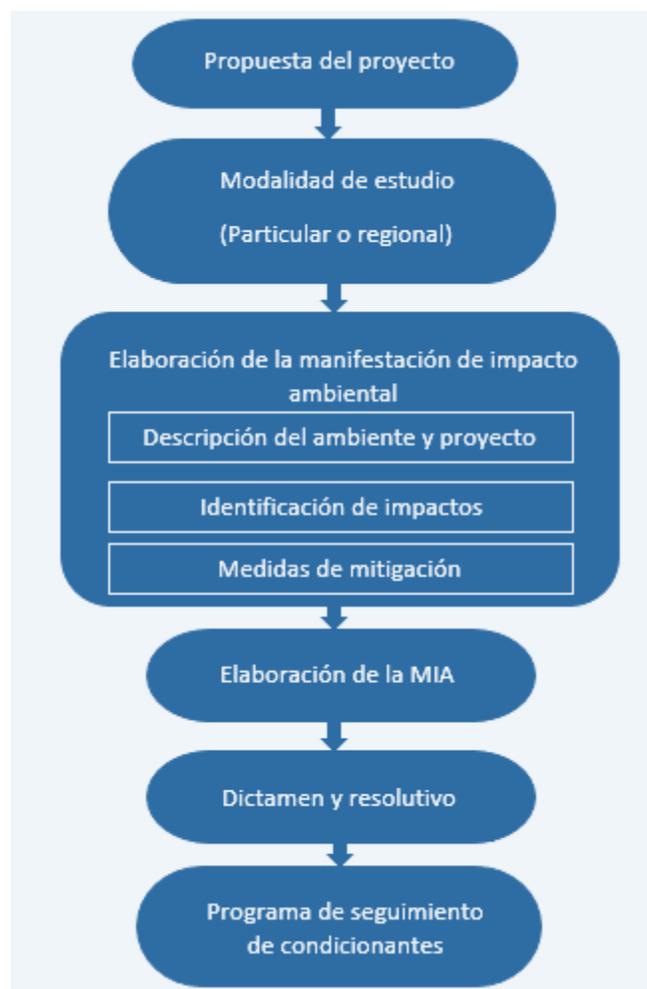


Ilustración 3 Etapas para el desarrollo de las manifestaciones de impacto ambiental y su seguimiento en México. (López, 2015)

Es competencia federal emitir la legislación en materia ambiental, sin embargo, el seguimiento que se debe realizar tiene facultad estatal y municipal, es por ello que, dentro de la LGEEPA, se establece el artículo séptimo, el cual hace referencia a la disposición jurídica que tienen los Estados como árbitros en materia ambiental, siguiendo los lineamientos correspondientes como lo son: formulación, conducción y evaluación de la política ambiental estatal, aplicación de instrumentos de la política ambiental, prevención y control de la contaminación, regulación de actividades riesgosas, vigilancia de áreas naturales protegidas, *“regulación de los sistemas de recolección, transporte, almacenamiento, manejo, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos industriales que no estén considerados como peligrosos de*

conformidad con lo dispuesto por el artículo 137 de la esta ley”, formulación y ejecución de programas de ordenamiento ecológico, atención asuntos de equilibrio ecológico, participación de emergencias y contingencias ambientales, vigilancia y cumplimiento de las normas oficiales mexicanas en materia a lo que repercute esta ley, conducción de la política ambiental, promoción de la participación ciudadana, la “evaluación del impacto ambiental de las obras o actividades que no se encuentren expresamente reservadas a la Federación, por la presente Ley y, en su caso, la expedición de las autorizaciones correspondientes, de conformidad con lo dispuesto por el artículo 35 BIS de la presente ley”, el ejercicio de las funciones de preservación del equilibrio ecológico, programas estatales de protección al ambiente, la emisión de recomendaciones en materia ambiental y la atención de asuntos que afecten el equilibrio ecológico tanto en el Estado como en la Federación.

Una de las características a resaltar es que la importancia de la evaluación de impacto ambiental no sólo compete a la promoción del proyecto nuevo a ejecución sino también a la regularización de obras que ya han sido efectuadas, sea de la cualidad de producto, sistema, o servicio. De ahí deriva el verdadero valor de los estudios ambientales, pues la preocupación por la regularización y mitigación de impactos ambientales es novedosa, mas, la era industrial y post industrial llegaron desde tiempos remotos con el interés de quedarse para siempre.

Ambiente

Para entrar en materia, es conveniente saber a lo que se refiere el término de ambiente, dado que en muchas ocasiones se confunde la idea que define a la proximidad interna que envuelve el sistema, sin embargo, la definición más apropiada refiere al termino ecológico. Por ello se respalda dicho concepto con lo que se asienta en la legislación en materia ambiental, definiendo ambiente, según la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en su artículo tercero como:

“El conjunto de elementos naturales y artificiales o inducidos por el hombre que hacen posible la existencia y desarrollo de los seres humanos y demás organismos vivos que interactúan en un espacio y tiempo determinados”.

Impacto ambiental

El concepto de impacto ambiental se puede precisar como aquella acción que infiere sobre el entorno físico que propiciará una diferencia de la situación futura con su aplicación, comparando la modificación contra la no intervención, es decir, la condición normal sin efectos de acción, con la condición modificada, dando como resultado un efecto neto (López, 2015).

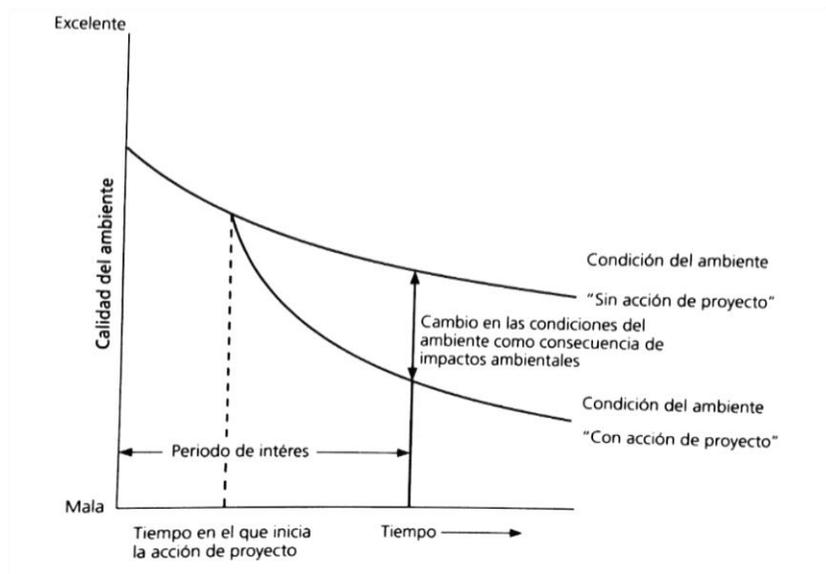


Ilustración 4 Conceptualización del impacto ambiental (Sexton, 1979)

Dicha alteración significará efectos temporales y espaciales, es decir, en el área concreta y el período correspondiente a la situación presente. Esta modificación individual alterará el sistema medioambiental completo, por lo que es necesario calificar con un valor dicha intervención para poder evaluar la acción sobre el sistema, para emitir por consiguiente los juicios pertinentes para efecto de la planeación.

Los impactos ambientales se pueden clasificar de acuerdo a su naturaleza e interacción con el medio, por ejemplo los impactos por aprovechamiento; los impactos generados por la sobreexplotación de los recursos naturales, los impactos de ocupación; resultado generalmente por asentamientos humanos, impactos por

residuos, emisiones o descargas; creados por los procesos industriales o de actividades productivas, en su fase líquida, sólida o gaseosa, esta última clasificación también alberga la mala disposición de los residuos que afecta tanto la calidad del suelo como la posible alteración de los mantos freáticos.

Particularidades del impacto ambiental

El impacto ambiental entonces se definirá por la acción de una actividad (que provoca) sobre un factor ambiental (que lo recibe), determinados por un signo y valor que se evaluarán de acuerdo al espacio y el tiempo, en el correspondiente diagnóstico del impacto. Con lo anterior, expresa la intervención del impacto actual de acuerdo al potencial y prioridad que se muestre.

El signo

Se refiere al carácter benéfico, o perjudicial del impacto, siendo positivo el primero, o bien, negativo el segundo (López, 2015). Algunas veces, la información proporcionada para el diagnóstico de impactos no expresa el signo positivo o negativo según corresponda, en este caso, se puede expresar con signos de interrogación (¿?), desconociendo el carácter del impacto.

El valor

Mide la magnitud y la importancia de la alteración, validando la cantidad, calidad, severidad grado y forma en que el factor ambiental se modifica de acuerdo a la representación ambiental que provoca la alteración, calificando la gravedad si el impacto es negativo y la bondad en caso de ser un impacto positivo.

La importancia, se refiere a la severidad, grado y forma del factor ambiental con una intensidad correspondiente y la medición de atributos de los impactos involucrados en el sistema. Dichos atributos permiten reafirmar la base de la funcionalidad del sistema y la manera en la que se interrelacionan dinámicamente las unidades y niveles del sistema. Ahora bien, los atributos que miden la intensidad de la causa-efecto en el ambiente, como lo muestra (López, 2015) son:

- ✚ Intensidad, grado de incidencia de la alteración.
- ✚ Extensión, área afectada bajo la influencia del efecto considerando un total y una escala.

- ✚ Momento, lapso de tiempo que marca el surgimiento y acción del efecto.
- ✚ Persistencia, duración de la subsistencia del efecto.
- ✚ Acumulación, incremento continuo de la acción prolongada.
- ✚ Sinergia, coexistencia de varios efectos simples dando como resultado la suma de los mismos.
- ✚ Reversibilidad, capacidad que tiene el medio para asimilar los efectos generados y así volver a las condiciones iniciales.
- ✚ Recuperabilidad, posibilidad de recuperación del medio por intervención eterna.

Carga crítica

Las actividades humanas son las fuentes que generan los impactos ambientales, muchas veces se mide la gravedad o la bondad de dichas intervenciones al ambiente, sin embargo, en algunas ocasiones el diagnóstico de los impactos concluye una modificación límite o máxima del ambiente evaluando los niveles de algún contaminante, es decir, que la cantidad y la concentración del efluente o afluente no causan efectos negativos significativos en el ambiente, dichas calificaciones de los impactos se pueden expresar en las curvas de respuesta de los ecosistemas o bien de los elementos sujetos a evaluación.

Análisis del impacto

El diagnóstico de los impactos es un proceso complejo pues requiere de gran sensibilidad para evaluar la influencia y repercusión a corto y largo plazo de la magnitud e importancia que un impacto ambiental significa en la aplicación de un proyecto, ya que las variables y los componentes considerados reflejan un comportamiento no lineal y una interacción no sólo en una dimensión sino a veces hasta en tres o más, por lo que la interpretación de dichas interacciones puede ser considerado el mayor trabajo dentro del estudio de impactos ambientales.

Es por ello, que no sólo se requiere el conocimiento en materia de documentación técnica, sino también es vital el manejo de métodos y metodologías para caracterizar los impactos ambientales. Algunos autores en materia de impacto

ambiental concuerdan en la generación de pasos o niveles de aplicación, por ejemplo:

1. Un primer paso para seguir alguna metodología es la identificación y valoración de los impactos ambientales pudiendo ser considerados de la forma más básica o abstracta.
2. En segundo lugar, se debe de tener clara la valoración cualitativa, es decir, la calificación obtenida de acuerdo a las características de atributos de los impactos.
3. En tercer lugar, puede comprender una evaluación cuantitativa particular para comprender una valorización global, lo que conlleva a realizar una homogenización en los criterios para valuar de lo particular a lo general cada uno de los impactos ambientales.

Actualmente existen un cúmulo de métodos para la identificación y evaluación de impactos ambientales, desarrollados para comprender desde cómo se desea analizar dichos impactos durante el diagnóstico hasta los requerimientos del proyecto, para ilustrar un poco el tema se pueden mencionar algunos ejemplos como lo son:

- a) Métodos ad hoc: Proporciona un panorama general de la situación a evaluar con los correspondientes impactos ambientales, es útil para una primera aproximación del diagnóstico, puede ser con la ayuda de diagramas como los de flujo, o bien con entrevistas o paneles de expertos como la técnica Delphi.
- b) Métodos de listas de verificación: Presenta una compilación de características potencialmente impactantes a evaluar, las cuales son potencialmente impactantes extendiendo el diagnóstico acorde a los requerimientos del proyecto, sin embargo, no representa relaciones causa-efecto directamente, por ejemplo, la lista de verificación del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), o la lista de verificación de Leopold.
- c) Métodos de matrices: Incorporan las actividades del proyecto, así como los factores ambientales afectados, de esta forma se identifican las relaciones

causa-efecto de los impactos ambientales. Este tipo de método también establece la generación de matrices con los impactos generados y las alternativas propuestas para evaluar cuáles son las más óptimas con una ponderación realizada, un ejemplo muy utilizado es la matriz de Leopold.

- d) Métodos de redes: Proporcionan una lectura del medio amplia, estableciendo las relaciones causa-estado-efecto, permitiendo el diagnóstico de los impactos ambientales, así como las alternativas y seguimiento a proponer, verbigracia, redes de Sorensen.
- e) Métodos cartográficos: Es un método útil para la planificación ecológica y de ordenamiento, identificando el sitio y el área del proyecto con la ayuda de mapas de componentes como clima, geología, topografía, hidrología, etc. El análisis de los mapas se efectúa con la superposición de los mismos para señalar los impactos ambientales potenciales dentro del área del proyecto.

Conociendo los métodos para evaluar los impactos ambientales se puede proceder a la elección de alguno sobre la base de las categorías a evaluar, verbigracia: la identificación del impacto, determinación, asignación, medición, transformación de escala, ponderación, integración, sensibilidad o tratamiento de incertidumbre.

EAE, el paradigma de la segunda generación de la evaluación ambiental

La constante búsqueda por garantizar la sostenibilidad y sustentabilidad ambiental ha hecho que la teoría ambiental proponga más instrumentos y herramientas para fundamentar el desarrollo económico, social y ecológico de acuerdo a los límites ambientales propuestos globalmente como objetivo tangible. Dentro de los avances en materia ambiental, actualmente con la invención de la EAE se vive la llamada segunda generación de la evaluación ambiental, algunos países integrados desde hace algunos años y otros en vías de la implementación de dichas políticas ambientales, aprobadas para el mejoramiento de las actividades productivas y de gestión. La segunda generación ampara la Evaluación Ambiental Estratégica (EAE), principiando no sólo aplicación de la herramienta de evaluación a los proyectos, sino a la incorporación de la evaluación desde los primeros niveles

de la planeación incluyendo entonces desde los planes generales hasta los proyectos particulares.

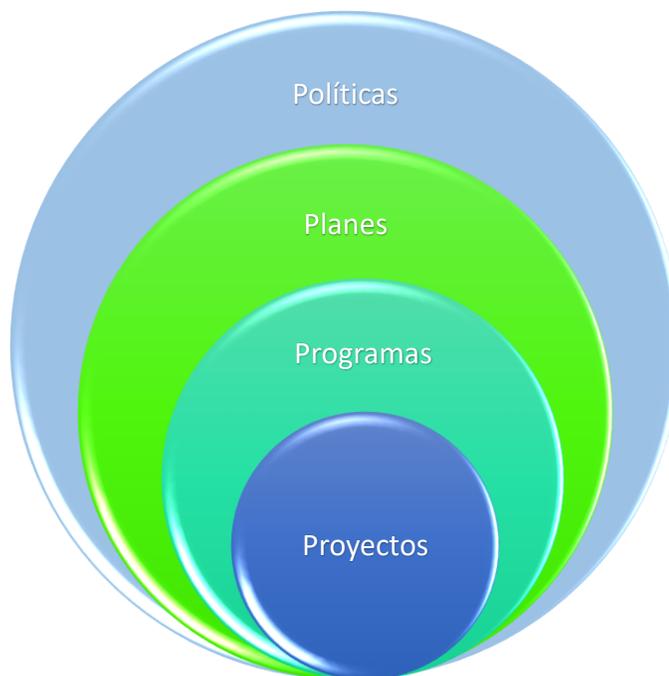


Ilustración 5 Evaluación ambiental estratégica, una integración de políticas, planes, programas y proyectos. Elaboración propia.

Así pues, la evaluación ambiental estratégica sustenta la prevención para el diagnóstico de políticas, planes, programas y proyectos, afirmando que la *“Evaluación ambiental es un enfoque preventivo de gestión orientado a conseguir el desarrollo sustentable”* (Orea, 2014), siendo la EAE la prevención más temprana en el proceso de planeación.

La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), define a la EAE como el conjunto de *“enfoques analíticos y participativos que buscan integrar las consideraciones ambientales en los planes, políticas y programas, y evaluar las interconexiones con las consideraciones económicas y sociales”*.

Con la integración de la EAE a la formulación temprana de las políticas, planes y programas se logra evaluar la efectividad y sostenibilidad de los mismos, aplicándose bajo un régimen normativo como la diligencia de la evaluación de impacto ambiental (EIA), pero con un carácter más trascendente, siendo el

instrumento ambiental con un enfoque proactivo que se adopta a la EAE en contraste con el enfoque reactivo de la EIA.

Ahora bien, el adjetivo estratégico se refiere a *“las opciones de enfoque definidas con un alto nivel de abstracción, a los aspectos importantes, clave o críticos y, en general, a todos aquellos con mayores posibilidades de repercutir sobre aspectos y factores ambientales de carácter sintético, espacios amplios, visión de largo plazo y capacidad para desencadenar procesos que se prolongan en el tiempo”* (Orea, 2014), es decir, correlacionando el patrón ambiental con la enlaces causales entre el objeto de la planeación y los problemas ambientales susceptibles. En síntesis, el carácter estratégico es el componente que estructura de forma sistémica las explicaciones de cómo y porqué son producidos los efectos ambientales por la generación de nuevas intervenciones de actividades productivas o de gestión, generando la directriz o el enfoque general que se debe seguir en la estructura de la planeación desde el nivel más estratégico del PPP hasta lograr la realización tangible de los mismos con los proyectos evaluados.

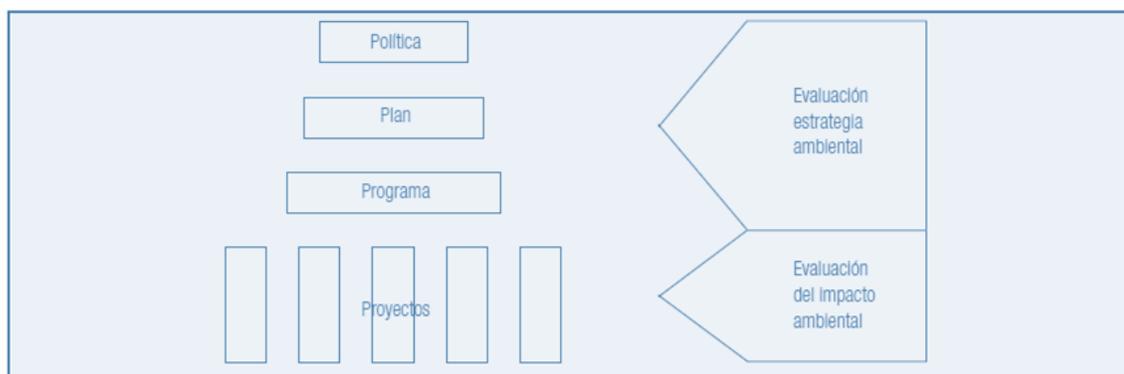


Ilustración 6 La EAE: “Upstreaming”, o cómo hacer valer en momentos más tempranos de la jerarquía de la toma de decisiones, las consideraciones ambientales. (OCDE, 2007)

Para ilustrar esta definición de la EAE, se puede poner como ejemplo un plan de transporte, donde de primera instancia se explicaría por qué los automóviles generan un impacto atmosférico en la calidad del aire, mientras que por extensión a lo que corresponde la EAE se tendría que analizar el por qué los usuarios del transporte público optan por la utilización de un automóvil particular.

El primer antecedente de la EAE es un procedimiento de evaluación a todos los niveles de la planeación y se encuentra registrada en la NEPA (National Environmental Policy Act, USA) titulada al español, “Ley Nacional de Política Ambiental” en el año de 1969. Para 1983, la Unión Europea ya había propuesto extender la EIA a las políticas, planes, programas y proyectos, estableciendo en algunos reglamentos los objetivos buscados con la evaluación ambiental estratégica, tales como: análisis de la situación ambiental de la región, evaluación de las estrategias y actividades para el desarrollo sostenible, así como normas comunitarias en materia del medio ambiente.

Si bien la evolución de esta segunda generación de evaluación ambiental apenas lleva una década y media de su aplicación en países pertenecientes a la Unión Europea, o el caso de Canadá y los EEUU, en Latinoamérica en los países como Argentina, Brasil, Chile y Costa Rica. Actualmente cada vez más, algunos países se muestran interesados en agregar este instrumento a su legislación ambiental, tal es el caso más reciente de Honduras. La evaluación ambiental estratégica es entonces una herramienta concerniente a los tópicos de la estructura gubernamental como políticas, planes, programas y proyectos, debatiendo la evaluación de consecuencias ambientales entre los organismos afectados y la opinión pública para ajustar el desarrollo sustentable con base a los instrumentos de evaluación ambiental, teniendo la oportunidad de ser un proceso formal avalado por la ley o, utilizada de manera oportunista y flexible, puede ser desarrollada para la aplicación no sólo de los nuevos proyectos a evaluar de acuerdo a los lineamientos que establece la EAE y la EIA sino también *“La evaluación ambiental estratégica puede incluso transformarse en una evaluación sectorial utilizada para establecer la agenda para futuras políticas y planes”* (Partes, 2008), sea municipal, estatal o federal. De esta manera las ventajas de la EAE, es la aplicación paralela al proceso general de planificación, independiente al proceso de planificación como consultor externo o bien, intermitente a los PPPP como instrumento de regulación ambiental.

Actualmente en México la EAE no ha sido establecida bajo ningún mando legislativo ambiental, contando sólo con la evaluación en la táctica operacional de los proyectos, es decir, la Ley General de Evaluación y Protección al Ambiente sólo establece los lineamientos estructurales para la EIA. Esta política ambiental refleja la poca preocupación del gobierno en los proyectos de ingeniería mismos que se deberían ver obligados a una evaluación profunda y sustancial de la sinergia o *liaison*² entre los PPPP y el ambiente contextual.

El avance en la política de desarrollo sugiere la implementación de la EAE legítima y refuerza la estructura de la planeación dentro de los gobiernos para robustecer las decisiones sobre los nuevos proyectos a efectuar. Es necesario hacer hincapié en que la EAE no sustituye ni reemplaza a la actual EIA, por el contrario, la vigoriza y estructura el carácter preventivo y no correctivo de la evaluación ambiental (ilustración 8), siguiendo la misma filosofía que se sustenta en los informes y metas globales de la sustentabilidad, aun cuando la situación hoy por hoy de la evaluación ambiental es utópica, dejará de serlo cuando sea la calidad de vida quien determine la planificación para el desarrollo (Orea, 2014).

² Término francés utilizado para definir la coordinación o enlace entre dos objetos consecutivos.

	EAE	EIA
Nivel de decisión	Plan o programa en un marco de política.	Proyecto.
Naturaleza de la acción	Estratégica, visionaria, conceptual.	Inmediata, operacional.
Productos	Generales.	Detallados.
Escala de los impactos	Macroscópica, acumulativa, no definida.	Microscópica, localizada.
Escala temporal	De largo a medio plazo.	De medio a corto plazo.
Principales fuentes de información	Estrategias de desarrollo sostenible, informes sobre el estado del medio ambiente, visiones.	Trabajo de campo, análisis de muestras.
Tipos de datos	Más cualitativos.	Más cuantitativos.
Alternativas	Área extensa, política, regulativa, tecnológica, fiscal, económica.	Localizaciones concretas, diseño, construcción, operación.
Rigor del análisis	Más incierto.	Mayor rigor.
Evaluación de cumplimiento	Referencias ambientales y de sustentabilidad (criterios y objetivos).	Restricciones legales y buenas prácticas.

Tabla 3 Diferencias entre EAE y EIA (Comisión, 2005)

Incorporación de la EAE al diseño del PPPP

Diversos órganos ambientales internacionales proporcionan algunas guías para la incorporación de la evaluación ambiental estratégica a la política ambiental dentro de cada país. La OCDE, propone una guía para las buenas prácticas de la EAE tomando dos enfoques para la validación de la EAE, estas orientaciones permean sobre la línea base para la aplicación de la evaluación ambiental de cada país de acuerdo a las condiciones actuales y los requerimientos para alcanzar las metas ambientales. El primer enfoque propuesto que ha suscitado interés por órganos internacionales es el “enfoque a la EAE centrado en instituciones”, lo que quiere decir, que las instituciones de gobierno que tengan a bien vigilar la aplicación de las formalidades de la EAE deben apostar por el desarrollo de la comunidad evaluando aspectos culturales y sociales, respetando usos y costumbres de comunidades indígenas y en general las garantías individuales y derechos públicos. El segundo

enfoque queda más especializado a la materia ambiental, siendo un enfoque de la “EAE centrada en impactos”. Para suscribir la legislación ambiental en tema de la EAE es necesario analizar el contexto social, económico y ambiental por el cual cada país ha tomado la decisión de integrarse a esta segunda generación de la evaluación ambiental, tomando en consideración algún modelo que optimice dicha decisión siendo el segundo ejemplo, (ilustración 10) el más aprobado por diversas instituciones ambientales de reconocimiento internacional.

La recolección de información para la aprobación de la EAE debe tomar en cuenta la integración ambiental, en otras palabras, incorporar primero al medio ambiente en la realización del PPP y luego verificar la realidad de dicha integración. Una vez adoptado el marco legal para la evaluación ambiental es importante mostrar un seguimiento de la integración ambiental del PPP y en caso de llegar a ejecutarse algún proyecto, se someterá a la evaluación de los resultados, mediante la correspondiente identificación, valoración, prevención y seguimiento de impactos que se producirán, sean estos, negativos o positivos. Todo lo anterior debe esclarecerse en los documentos oficiales con base a la estructuración de la EAE, definiendo los objetivos, alcance, contenido efectos, propuestas, alternativas y desarrollo del PPP.

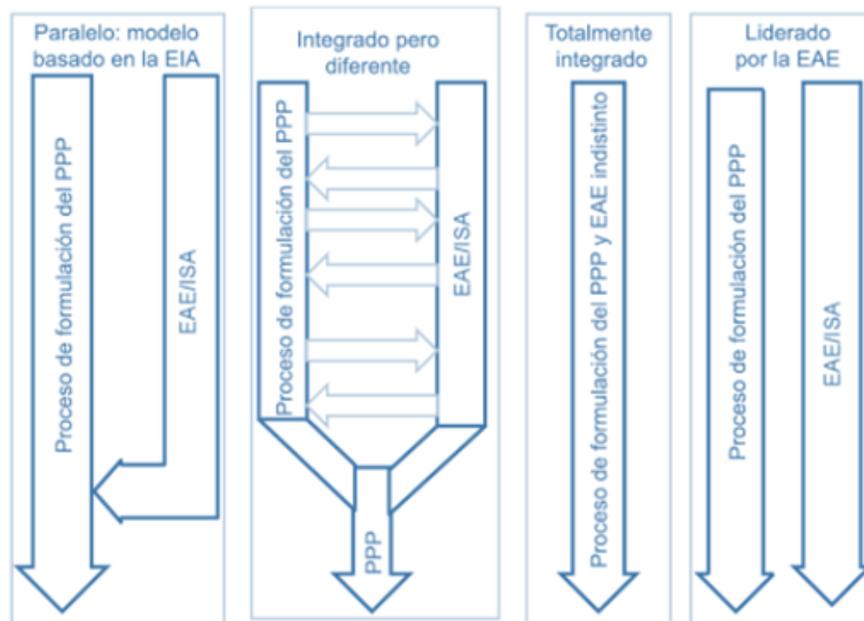


Ilustración 7 Formas diferentes de combinar el proceso de formulación del PPP y la EAE. (Orea, 2014)

Siguiendo el contenido de la guía para las buenas prácticas de la evaluación ambiental estratégica elaborado por la OCDE, se pueden concretar pasos y etapas para lograr una aplicación general óptima a la incorporación de la EAE a la institucionalización gubernamental.

Pasos

Paso 1.- Evaluación institucional

Primeramente, la evaluación institucional consiste en la evaluación de los sistemas actuales de en materia ambiental, así como la capacidad que tiene un país (a nivel federal, estatal, municipal, según sea el caso), de gestionar los impactos ambientales para vigilar las debilidades y aprovechar las fortalezas, refiriendo un Análisis Ambiental de País (CEA).

Además, es necesario, revisar la capacidad analítica de la evaluación de impactos ambientales es sustancial para calcular el éxito de la EAE. Algunos países pueden optar por instrumentos que permitan realizar una evaluación sectorial a un PPP o incluso para todos, permitiendo el acceso a la toma de decisiones mediante el instrumento ambiental regulatorio.

Paso 2.- Gestionar efectos y oportunidades ambientales

Como segundo paso, se propone la gestión de los efectos y oportunidades ambientales que se refiere al apoyo para la rendición de cuentas mediante todos los organismos sociales y a la constante generación de la consulta popular que es la base para la incorporación de la EAE. En los países que ya aplican la EAE, así como la EIA, se realizan las consultas de los PPPP mediante órdenes legales que apelan por los derechos del promotor y los afectados.

El apoyo para la generación de la EAE no sólo se suscribe individualmente sino mediante marcos regulatorios internacionales y acuerdos globales que no sólo permitan los objetivos nacionales sino los objetivos de bien común mundial.

Etapas

La aplicación de la EAE a una legislación en materia ambiental es necesaria para cualquier país, sin embargo, es difícil lograr la aplicación e integración ambiental en cada nivel estratégico para poder generar una evaluación holística ambiental. Siguiendo con la guía de la OCDE a continuación se plantean las etapas para establecer un prototipo de cuadro regulatorio para la implementación de la EAE complementando a la EIA.

Etapa 1.- Establecer el contexto para la EAE

- La primera etapa para la implementación de la EAE bajo la normativa gubernamental es valorar la necesidad de adaptarla, mediante la apreciación de la planeación actual y las mejoras que podría conllevar para la toma de decisiones, así como, la generación de resultados.
- Identificar a los actores que intervienen en el proceso de la EAE es fundamental para la primera etapa, pues esta nueva aplicación no sólo depende de un órgano público o gubernamental sino también de la opinión pública y sectores privados. Por lo general, la sociedad no está involucrada con los procesos de decisión estratégica, sin embargo, es necesario empezar articular planes para la coordinación de dichos sectores.

Etapa 2.- Implementación de la EAE

- Primero que nada, durante esta etapa es necesario fijar el alcance que tendrá la EAE considerando las estrategias expuestas en la planeación, valorando los recursos disponibles, tanto tangibles como de conocimientos. Con lo anterior es posible generar un marco de criterios e indicadores que permiten calificar la evaluación de los resultados esperados, mediante la utilización de métodos de análisis de impactos ambientales.
- Generar la coordinación con interesados y afectados, esto hace extender una consulta pública en materia ambiental para evaluar cada uno de los PPPP propuestos. Es ineludible realizar la identificación de dichos actores, primeramente, para dar paso a los planes de integración que se deberán gestionar, optimizando cualquier situación negativa, como la apertura de consultas a los lugares más marginados que no cuenten con recursos para hacerse parte.
- Análisis del sistema o entorno posiblemente afectado, esto conlleva a la comprensión de la vulnerabilidad y la capacidad de resistencia que presenta un área determinada, de otra forma puede ser un estudio o informe extendido que determine los componentes de los ecosistemas en general, especificando los posibles efectos o bien el caso del *contra-fáctico*³ en términos de los indicadores definidos.
- Mediante los indicadores ambientales planteados se realiza una interpretación de los datos encontrados de las causas potencialmente dañinas y los efectos posiblemente generados. Esto se proyecta con la ayuda de escenarios positivos o negativos que permiten la evaluación de la preocupación ambiental de un país, como, por ejemplo: la evaluación de riesgos comparativos, la evaluación económica de daños ambientales, y las evaluaciones basadas en encuestas y participación.
- Identificación de medidas de mitigación de impactos y mejoras, mediante la prevención, reducción y compensación de los impactos ambientales adversos.

³ Es decir, el escenario 'sin cambio'. (OCDE, 2007)

- Informar sobre los resultados de la EAE, mediante un documento técnico que sea comprensible y que se muestre al alcance de la sociedad civil, para de esta manera emitir juicios y calificaciones ambientales de los PPP.
- Sujetar a la EAE a una evaluación independiente con la ayuda de auditoras ambientales de mano de expertos provenientes de centros de investigación o comisiones internacionales ambientales.
- Redacción del informe final incluyendo, impactos clave, preocupaciones o recomendaciones de los interesados, medidas de mejora y mitigación, beneficios, plan de implementación y en caso de ser posible una guía para la simplificación de la EAE o EIA para los PPP más particulares.

Etapa 3.- Informar sobre el proceso de toma de decisión

- Presentación de una forma final del informe donde se enuncien las recomendaciones para la toma de decisiones con base a la evaluación ambiental.

Etapa 4.- Monitoreo y evaluación

- Esta etapa como en todo proceso de planeación, es necesario implementarla bajo indicadores que garanticen el constante monitoreo de las causas y efectos ambientales que se presenten en los PPP. El cotejo de información permite evaluar cada nivel estratégico de la planificación, así como los objetivos de la EAE para continuar con su desarrollo y aplicación.
- La evaluación de los PPP es fundamental cuando, por ejemplo, primero, no existe EAE o EIA aplicada anteriormente, segundo, la aplicación del marco legal regulatorio ha sido reformado, tercero, el PPP ha cambiado por objeto de fines o duración. Esta evaluación permite un replanteamiento de los objetivos tanto generales y particulares de la política ambiental.

Con esto, la guía de las buenas prácticas que propone la OCDE para la incorporación de la EAE a la política ambiental, crea un ejemplo de marco general para poder proceder al desarrollo de la evaluación ambiental en su punto más estratégico, estimando la orientación estructural de la EAE en conjunto con la EIA, sin embargo, cada país adoptará, desarrollará y aplicará la EA como mejor le competa.

Como se ha mencionado, muchos países industrializados ya han adoptado la EAE en sus procedimientos de evaluación ambiental. España, por ejemplo, mantiene la regulación ambiental por establecimiento de la Directiva comunitaria y por la Ley 21/2013 EA, Evaluación Ambiental, que contiene la Evaluación Ambiental Estratégica y la Evaluación de Impacto Ambiental. El trámite que sigue la EAE es mediante dos opciones, uno, es un trámite ordinario que describe; solicitud, consultas previas/alcance, estudio ambiental estratégico, información pública y consultas, análisis técnico del expediente, declaración ambiental estratégica y dos; solicitud de inicio, consultas previas/ alcance y el informe ambiental estratégico. Dichos procedimientos se realizan conforme al ámbito de aplicación de la EAE de acuerdo a la naturaleza del proyecto, paralelo a ello, la EIA se vuelve particularmente obligatoria al último nivel estratégico, es decir, al proyecto.

La EA en España es muy parecida a los lineamientos generales que proponen organismos ambientales internacionales, a continuación, se presenta una comparación para esbozar mejor las etapas para la aplicación de la EAE a la planeación y evaluación ambiental en contraste con los trámites legales ya establecidos por los órganos reguladores ambientales (Ilustración 11). Con ello, es posible observar el grado de adaptación de los lineamientos internacionales en materia ambiental y el marco legislativo para el seguimiento de la EAE desde el primer nivel estratégico de la planeación hasta la vinculación al siguiente paso de la evaluación ambiental.

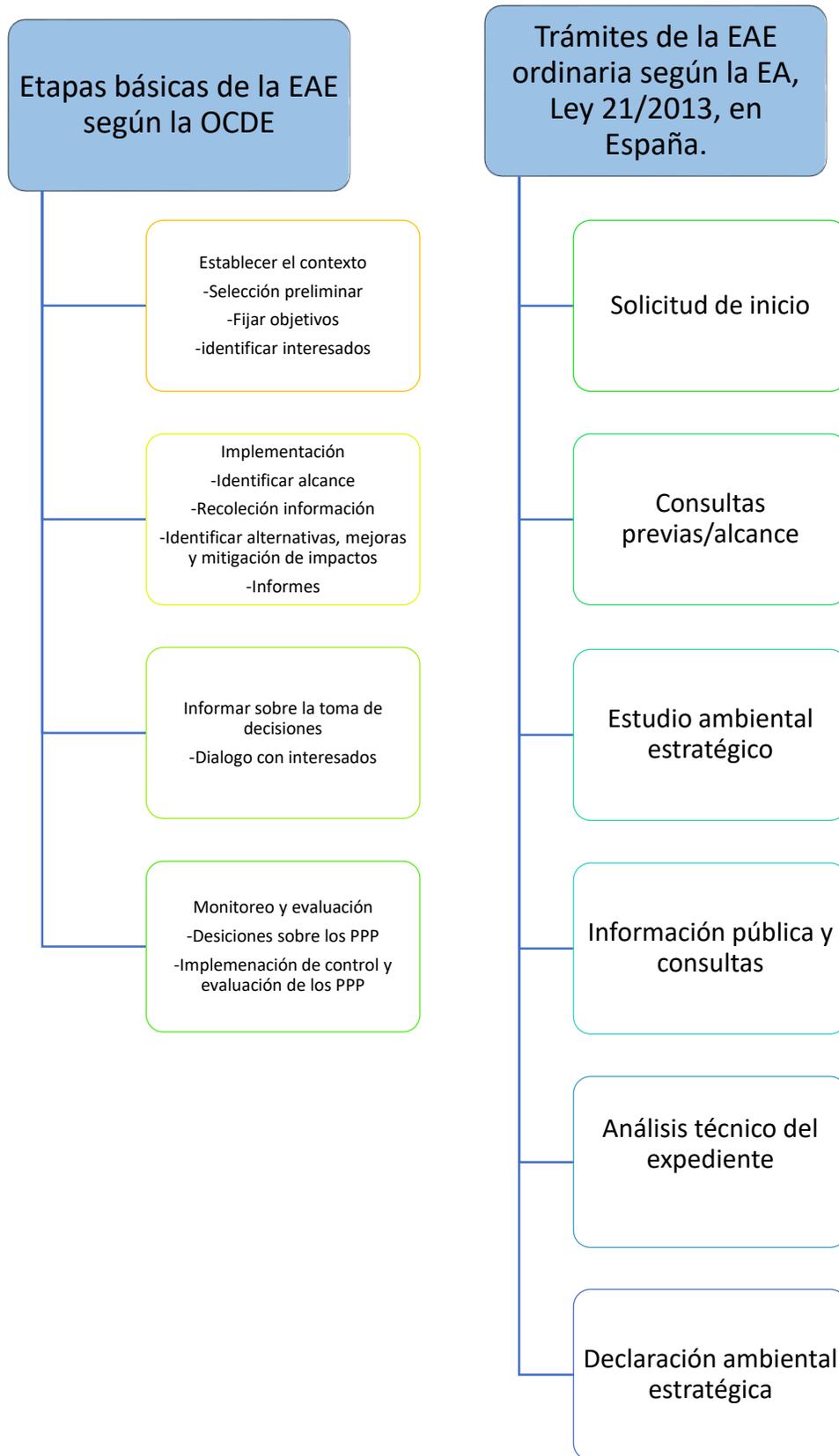


Ilustración 8 Comparación etapas y trámites de la EAE. Elaboración propia

CAPÍTULO III. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA DISPOSICIÓN FINAL DE LA BASURA Y NORMATIVIDAD

Nadie quiere ver lo que está roto
y permanece en pie.

Pablo Fildalgo.

El crecimiento y la expansión de la población a lo largo de los años ha demandado actividades productivas en busca de los avances tecnológicos optando por actividades sumamente productivas en la industria, pero al mismo tiempo deficientes en la cuestión ambiental.

La articulación de la sociedad para la producción de bienes y servicios ha gestionado pocas medidas de prevención y sobretodo se han hecho ilusorias las medidas para la gestión de los residuos. El panorama actual de la basura refiere a toneladas diarias de desechos recogidos, procesados y valorados para la transformación de los residuos sólidos hasta llegar a minimizar el volumen y peso de los mismos.

Actualmente, la tasa de producción media de residuos en la capital del país es de 1.46⁴ kilogramos por habitante, mientras que la tasa total de producción de residuos es de 12,893⁵ toneladas diarias, siendo por ejemplo: el crecimiento y desarrollo de comercio e industria, aumento en la demanda y consumo de productos así como el nivel de urbanización, son los factores que inciden directamente en la generación de residuos.

Sin embargo, no en todas las zonas del país se produce la misma cantidad de residuos sólidos como, por ejemplo, las localidades urbanas pequeñas producen aproximadamente medio kilogramo de residuos por habitante, acorde con algunas estadísticas nacionales. En el estado de Puebla se producen 1,776,373 kilogramos de los cuales son recolectados de manera no selectiva aproximadamente 1,769,

⁴ Según la data.sedena.gob.mx

⁵ Según la data.sedena.gob.mx

153 kilogramos de residuos, según datos estadísticos del INEGI lo que significa un escaso tratamiento y un alto costo ambiental y de gestión financiera.

“La SEDESOL estima que se recolecta 83% del total de los RSM generados, es decir, 59,886 toneladas y quedan dispersos diariamente 14,314 toneladas. Del total generado, sólo poco más de 49% se deposita en sitios, controlados, esto es, 41,258 toneladas por día, lo que quiere decir que 42,942 toneladas se disponen diariamente a cielo abierto, tiraderos no controlados o en tiraderos clandestinos” (SEMARNAT, 1999).

En México, el problema de los residuos se centra en la mala captación, procesamiento y disposición de los mismos, así como las políticas con un nulo conocimiento ambiental, mientras que, en otros países, las leyes optan por sancionar a los potenciales contaminadores tales como empresas o el mismo gobierno, en México, las sanciones se llevan a cabo después de haberse efectuado la contaminación, es decir, malos procesos de prevención y retención de los contaminantes particularmente con los constantes incidentes en cuanto a la dispersión de los efluentes, principio que carece de la prevención y por lo tanto disposición para llevar a cabo el procesamiento óptimo y el depósito final en plantas de tratamiento y eliminación de residuos.

Residuo

La Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) define residuo como *aquellos materiales o productos cuyo propietario o poseedor desecha y que se encuentran en estado sólido o semisólido, líquido o gaseoso y que se contienen en recipientes o depósitos; pueden ser susceptibles de ser valorizados o requieren sujetarse a tratamiento o disposición final* conforme a lo dispuesto en la misma Ley (DOF, 2003), y los clasifica en tres tipos, residuos sólidos urbanos (RSU), residuos de manejo especial (RME) y residuos peligrosos (RP).

Residuos sólidos urbanos

Siguiendo con las definiciones de la LGPGIR, los residuos sólidos urbanos (RSU) son conceptualizados como *“los que se generan en las casas habitación como resultado de la eliminación de los materiales que se utilizan en las actividades*

domésticas (p. e., de los productos de consumo y sus envases, embalajes o empaques) o los que provienen también de cualquier otra actividad que se desarrolla dentro de los establecimientos o en la vía pública, con características domiciliarias, y los resultantes de las vías y lugares públicos siempre que no sean considerados como residuos de otra índole (DOF, 2003)”.

Dichos residuos son producidos con diferencia volumétrica a lo largo de la república mexicana, es decir, en el norte de la república se produce una tasa de residuos diferente a la del centro de la misma, siendo esta última zona la primera en producción de residuos sólidos urbanos según las estadísticas. Así mismo, la composición de los residuos varía de igual forma por estaciones del año o periodos y por desarrollo industrial de cada país, no se produce los mismos residuos sólidos en Holanda que en México, es por ello que el estudio de los residuos es un trabajo extenso que necesita un análisis completo desde la recolección hasta su eliminación. La clasificación general en la composición de residuos que se realiza en México comprende los residuos orgánicos, vidrios, plásticos, metales, no metales y papel o cartón, ilustración 9.

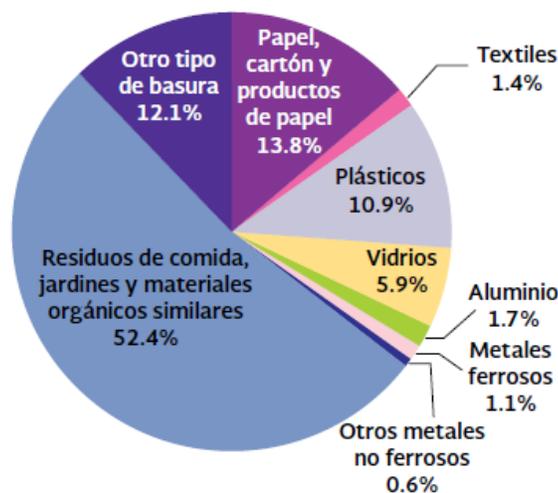


Ilustración 9 Composición de los residuos en México. Dirección General de Equipamiento e infraestructura en Zonas Urbano-Marginadas. SEDESOL, México, 2012.

Residuos de manejo especial

Son definidos como *“aquéllos generados en los procesos productivos que no reúnen las características para ser considerados residuos sólidos urbanos o peligrosos, o que son producidos por grandes generadores de residuos sólidos urbanos”* (DOF, 2003) (LGPGIR).

La clasificación anteriormente mencionada ha sido propuesta bajo normatividad de los organismos nacionales ambientales, en algunos otros países la clasificación se genera de acuerdo a su marco legislativo, como, por ejemplo; por la fuente productora, en donde se integran los residuos sólidos residenciales o domésticos, comerciales, industriales, especiales y/o alguna otra clasificación referente a un grupo de actividades que produzcan los residuos con ciertas características similares. En cuanto a su composición, la normativa mexicana señala a los residuos como los de manejo especial distribuidos en ocho categorías según su origen, por ejemplo, provenientes de las actividades pesqueras, tecnológicas, de construcción, etc., además, existe una mención que distingue a los residuos de aparatos electrodomésticos (RAE), los cuales se componen de materiales como plásticos, y metales. Por último, los residuos de manejo especial recolectan a las pilas desechables hechas de materiales como óxido de plata, óxido de mercurio, zinc, entre otros.

Residuos Peligrosos

Esta clasificación según la normativa mexicana, define a los residuos peligrosos, (RP) como *“aquellos que poseen alguna de las características CRETIB que les confieren peligrosidad (corrosividad, C; reactividad, R; explosividad, E; toxicidad, T; inflamabilidad, I; o ser biológico-infecciosos, B), así como los envases, recipientes, embalajes y suelos que hayan sido contaminados”*, según lo establece la (LGPGIR). Dentro de este parámetro se canalizan a los residuos sólidos como lo son de composición patógena, tóxica, combustibles, inflamables, explosivos, radioactivos o volatilizables.

Es importante mantener una clasificación vigente que normalice su uso y posterior eliminación o control del residuo para proteger a la higiene y salud pública.

Este manejo de los residuos peligrosos dispone de algunas opciones para su aseguramiento, como lo es, el reciclaje, reúso y previo tratamiento antes de la disposición final, y la incineración o confinamiento especial.

Jerarquía de los residuos sólidos

La idea de realizar una jerarquía de los residuos sólidos es generar el manejo integral de los mismos en orden de priorización de acuerdo a la procedencia, partiendo desde la prevención en la generación, el reúso, reciclaje o bien compostaje, del tratamiento para el aprovechamiento de la energía generada y de la disposición final.

Hoy por hoy, la idea de la regla de las tres erres ecológicas subyace en la jerarquía de los residuos sólidos en la primera, segunda y tercera fase de esta clasificación, es decir, se entra en los conceptos de reducir, reutilizar y reciclar. Ahora bien, definiendo los conceptos dentro de la jerarquía, se tienen cuatro fases importantes en el manejo de los residuos sólidos.

- ✚ Prevención, es el conjunto de medidas adoptadas dentro de la producción distribución y consumo de un producto teniendo como meta la reducción del residuo, los impactos ambientales adversos y el contenido de sustancias nocivas.
- ✚ Reutilización, son operaciones de valorización que se realizan con el fin de la comprobación, limpieza y reparación de componentes o los mismos productos para postergar su utilización sin ninguna transformación añadida.
- ✚ Reciclado, son las operaciones de valorización dentro de las cuales los productos son sometidos para ser transformados en nuevos materiales o sustancias, para la misma o diferente finalidad inicial, sin embargo, no entra dentro de esta fase la valorización energética de los residuos.
- ✚ Otro tipo de valorización, toda operación donde el residuo sirva para una finalidad útil al sustituir otros materiales, que sean usados por ejemplo para instalaciones como combustibles.
- ✚ Eliminación, abarca cualquier operación que no sea valorización, incluso cuando esta sea el aprovechamiento secundario de sustancias o energía. Comúnmente son los depósitos de residuos, vertidos o bien incineración.

El análisis del ciclo de vida de los productos es fundamental para establecer las directrices en cuanto al manejo de los residuos, dado que en algunas ocasiones la reutilización o bien el reciclaje no es apto por condiciones ambientales y económicas. En México, la SEMARNAT ha optado por una jerarquía de los residuos sólidos mostrando los elementos sustituyendo directamente las fases de una jerarquía general, esto por la tropicalización de los términos y conceptos que al presente se realizan en el país.

- Reducción de origen (reducción de la fuente).
- Reutilización (retornabilidad/rellenamiento).
- Compostaje y biodegradación
- Reciclaje.
- Incineración con recuperación de energía.
- Relleno sanitario.

Tabla 4 Jerarquía de los elementos de los sistemas de manejo integral de residuos sólidos (SEMARNAT, 1999)

Gestión y manejo de residuos sólidos

Hablar de una gestión y manejo de los residuos sólidos urbanos remite a los distintos modelos vigentes para la recolección, tratamiento y disposición final de los residuos. El manejo de los residuos no se focaliza únicamente en la recogida de los residuos municipales, sino también de las empresas que producen y procesan materiales, obteniendo desechos y residuos que merecen una valorización por parte de los agentes especializados para su gestión. Actualmente los modelos son descritos bajo sistemas operados por entes privados con normas internacionales, o bien estatales, gestionados por gobiernos ya sea federal, estatal o municipal. El enfoque de los sistemas de gestión es cuidar el factor ambiental, de ahí que reciban el nombre de Sistemas de Gestión Medioambiental.

El sistema ayuda a cuidar el producto y el proceso, evitando emisiones, altos impactos ambientales y contaminación principalmente, sin embargo, están ampliamente enfocados en la calidad del sistema tanto en prevención como en operación de los procesos a los cuales se aplican dichos sistemas, por ello la definición más apegada de los SGMA es la siguiente, “*Un sistema de gestión*

medioambiental es aquél por el que una compañía controla las actividades, los productos y los procesos que causan, o podrían causar, impactos ambientales y, así, minimiza los impactos medioambientales de sus operaciones” (Robinson, 1999). Dichos sistemas apuestan por una sostenibilidad global, un incremento de eficacia y habilidad para las legislaciones y regulaciones ambientales que son requeridas en el país donde se desarrolla.

Siguiendo con la sustentabilidad ambiental propuesta por el Organización de las Naciones Unidas (ONU), el cual se hizo hincapié en el segundo capítulo del presente trabajo, es conveniente revisar lo competente en cuanto al manejo ambientalmente adecuado de los residuos sólidos. La declaración de Río, emitida en el año de 1992 durante el marco de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y Desarrollo, surgieron algunos principios que han servido como base de la política ambiental internacional y nacional, por ejemplo: Principio de quien contamina paga, principio precautorio, principio de sustentabilidad y el principio de participación.

En lo que respecta a la generación de residuos es necesario revisar los antecedentes y directrices fijados en el Convenio de Basilea dado que emite definiciones para el seguimiento de los principios como: principio de prevención, principio de proximidad, principio de no discriminación, principio de autosuficiencia, principio de soberanía nacional y el principio de oportunidad ecológica.

Dentro del marco ambiental internacional, Estados Unidos de América es referencia para la el manejo de los residuos sólidos con leyes como lo son: Resource Conservation and Recovery Act, la cual, obliga a la regularización de los residuos peligrosos en tanto programas y acciones tomadas, Hazardous and Solid Waste Amendments desde 1984 se introdujo un concepto llamado de la *cuna a la tumba*, haciendo referencia a las obligaciones de los generadores, transportistas y propietarios de la disposición final pequeños o grandes productores de residuos. De igual forma, existe vasta normativa sectorial para residuos provenientes de distintas fuentes como médicos, militares, nucleares, etc.

Retomando las directrices promulgadas por las organizaciones ambientales internacionales, la base de cualquier gestión de los residuos sólidos es descrita de

manera general en los principios que se demandan en la Agenda o Programa 21, emitidos de igual manera por la ONU, a continuación, se desglosa cada principio para ilustrar el cuadro ambiental del manejo y gestión de los residuos sólidos que promueve la SEMARNAT para complementar las definiciones de los principios ambientales anteriormente mencionados.

Principio de reducción en la fuente: Implica que se debe minimizar la generación de los residuos tanto en cantidad como en su potencial de causar la contaminación al ambiente, entre otros, utilizando diseños adecuados de procesos y productos.

Principio de inventario de ciclo de vida: Demanda la realización del inventario a fin de que las sustancias y productos se diseñen y manejen de manera que se reduzcan al mínimo sus impactos adversos al ambiente, en cada una de las fases de su ciclo de vida; generación, uso, recuperación y disposición final.

Principio de precaución: Plantea la necesidad de adoptar medidas preventivas, considerando los costos y beneficios de la acción o inacción, cuando exista evidencia científica, aún limitada, para sospechar que la liberación al ambiente de una sustancia, residuo o energía, pueden causar daños a la salud o al ambiente.

Principio de control integral de la contaminación: Requiere que el manejo integral de los residuos se realice con un enfoque multimedios, para evitar la transferencia de contaminantes de un medio a otro.

Principio de estandarización: Establece la necesidad de contar con estándares o normas que permitan el manejo ambientalmente adecuado de los residuos en todas las fases de su ciclo de vida.

Principio de autosuficiencia: Demanda que todos los países cuenten con la infraestructura necesaria para asegurar que los residuos que se generen se manejen de manera ambientalmente adecuada en su territorio.

Principio de proximidad: Mediante el cual se busca el acopio, tratamiento o disposición final de los residuos tengan lugar tan cerca de la fuente generadora como sea posible y que sea técnica y económicamente factible.

Principio de soberanía: Bajo el cual cada país debe tomar en consideración sus condiciones políticas, sociales y económicas, al establecer su estructura nacional de manejo integral de residuos.

Principio quien contamina paga: Hace responsable de remediar las consecuencias de la contaminación a quien la produzca.

Principio de participación pública: Demanda asegurarse que al diseñar e instrumentar los sistemas de manejo integral de residuos se informe e involucre a la población.

La legislación mexicana actualmente normaliza, previene y gestiona los residuos sólidos urbanos, de manejo especial y peligroso de acuerdo a la regulación

ambiental de residuos sólidos vigente. El instrumento principal para la regularización de residuos es la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos, de ahí que parte una normativa sectorial por estado o localidad. Se puede mencionar algunas herramientas primordiales dentro de la normatividad actual ambiental como lo son:

1. Programas Rectores de Gestión de los Residuos, que proponen medidas para reducir la generación de los residuos, su separación en la fuente de origen, su recolección y transporte, así como su adecuado aprovechamiento, tratamiento y disposición final.
2. Inventarios, que sirven como apoyo a la toma de decisiones para reducir la generación, así como proporcionar los indicadores pertinentes.
3. Los programas para la separación de los residuos, en orgánicos inorgánicos, tanto en domicilios, empresas, establecimientos mercantiles, industriales y de servicios, así como en instituciones públicas y privadas, centros educativos, dependencias gubernamentales y similares.
4. Planes de manejo de los residuos sólidos, a través de los cuales los generadores (sean del sector público, privado o social) deberán adoptar medidas para reducir la generación de los RSU y RP, aprovechar aquellos susceptibles de reutilización, reciclado o de transformación en energía, y para tratar o confinar aquellos que no se puedan valorizar.

Antes de continuar con la decodificación de la normatividad para el manejo y la gestión de los residuos sólidos es necesario poner en dicho que durante el presente trabajo se clasificará dicha normatividad de acuerdo a su naturaleza en dos rangos; el primero es de principio obligatorio, donde se mencionará la legislación mexicana vigente en materia ambiental y por otro lado de principio opcional del seguimiento para la gestión de los residuos sólidos.

Legislación de gestión de residuos sólidos

Se señala a continuación el marco legal mexicano para la gestión medioambiental y de residuos, de conveniencia federal, estatal y municipal de carácter obligatorio.

Legislación federal

Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (1917)

El marco legal actual en materia de residuos sólidos se rige desde la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, donde se establece la responsabilidad de los municipios y estados para preservación del medio ambiente, uso del suelo, servicios de limpia entre otros de los servicios públicos federales, estatales y municipales que deben de ser prestados.

Artículo 27... “La Nación tendrá en todo tiempo el derecho de imponer a la propiedad privada las modalidades que dicte el interés público, así como regular, en beneficio social, el aprovechamiento de los elementos naturales susceptibles de apropiación, con objeto de hacer una distribución equitativa de la riqueza pública, cuidar su conservación, lograr el desarrollo equilibrado del país y el mejoramiento de las condiciones de vida de la población rural y urbana. En consecuencia, se dictarán las medidas necesarias para ordenar los asentamientos humanos y establecer adecuadas provisiones, usos, reservas, y destinos de tierras, aguas y bosques a efecto de ejecutar obras públicas y planear y regular la fundación, conservación, mejoramiento y crecimiento de los centros de población, para preservar y restaura el equilibrio ecológico...”

Artículo 73 XXIX-G “El congreso tiene facultad para expedir leyes que establezcan la concurrencia del Gobierno Federal, de los gobiernos de los Estados y de los municipios, en el ámbito de sus respectivas competencias, en materia de protección al ambiente y de preservación y restauración del equilibrio ecológico”.

Artículo 115 Apartado III. Los municipios tendrán a su cargo las funciones y servicios públicos siguientes:

[...] c) Limpia, recolección, traslado, tratamiento y disposición final de los residuos

Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección del Medio Ambiente (LEGEEPA)

Menciona los siguientes artículos para la gestión y manejo de los residuos sólidos:

Art. 134. Prevención y control de la contaminación del suelo por residuos.

Art. 135. Ordenación urbana, servicio de limpia y sitios de disposición final.

Art. 137. Autorización del funcionamiento de sistemas de recolección, transporte, tratamiento y disposición final.

Art. 138. Acuerdos para mejorar e implantar sistemas de recolección, transporte, tratamiento y disposición final.

Art. 139. Contaminación por lixiviados.

Art. 141. Biodegradación de RSU.

Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos

Esta Ley reglamenta las disposiciones de orden público e interés social que refieren a la protección del ambiente en materia de prevención y gestión integral de residuos dentro del territorio nacional, garantizando el desarrollo sustentable a través de la prevención de la generación de residuos, la valorización y la gestión integral de los tres tipos de residuos como lo son los residuos peligrosos, residuos de manejo especial y residuos sólidos urbanos.

También establece la coordinación entre esta Ley y la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en lo que refiere el artículo 73 fracción XXIX-G, así como definir responsabilidades de generación y manejo de los residuos, desde los productores, importadores, exportadores, comerciantes, consumidores y autoridades, partiendo de la idea central de la formulación y conducción de la política de residuos en sus diferentes fases de operación.

Normas Oficiales Mexicanas y Normas Mexicanas

Existen dos clases de normas que fundamentan la gestión de los residuos sólidos urbanos o también llamados residuos sólidos municipales (si se aplica el caso). Las Normas Oficiales Mexicanas (NOM), son de carácter federal se aplican de manera general al manejo de los residuos tanto residuos sólidos municipales

como los residuos peligrosos, éstos últimos son comprendidos en las NOM, a continuación, se enumeran dichas normas:

1. NOM-040-SEMARNAT-2002, Protección ambiental -fabricación de cemento hidráulico- niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera.
2. NOM-052-SEMARNAT-2005 Características de los residuos peligrosos.
3. NOM-053-SEMARNAT-1993. Procedimiento para llevar a cabo la prueba de extracción para determinar los constituyentes que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente.
4. NOM-054-SEMARNAT-1993. Procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos por la norma oficial mexicana.
5. NOM-055-SEMARNAT-2003. Requisitos que deben reunir los sitios que se destinarán para un confinamiento controlado de residuos peligrosos previamente estabilizados.
6. NOM-056-SEMARNAT1993 Diseño y construcción de obras complementarias para el confinamiento de residuos peligrosos.
7. NOM-057- SEMARNAT-1993 Diseño y construcción de celdas para residuos peligrosos.
8. NOM-058-SEMARNAT-1993 Requisitos para la operación de un confinamiento controlado de residuos peligrosos.
9. NOM-087-SEMARNAT-SSA1-2002.Requisitos para la separación, envasado, almacenamiento, recolección, transporte y disposición final de los residuos peligrosos biológico-infecciosos.
10. NOM-098-SEMARNAT-2002. Protección ambiental-incineración de residuos especificaciones de operación y límites de emisión de contaminantes.
11. NOM-133-SEMARNAT-2000 Protección Ambiental-Bifenilos Policlorados (BPC) Especificaciones de manejo.
12. NOM-138-SEMARNAT-SS Límites máximos permisibles de hidrocarburos en suelos y las especificaciones para su caracterización y remediación.
13. NOM-141-SEMARNAT-2003. Procedimiento para caracterizar los jales, así como las especificaciones y criterios para la caracterización y preparación

del sitio, proyecto, construcción, operación y postoperación de presas de jales.

14. NOM-145-SEMARNAT-2003. Confinamiento de residuos en cavidades construidas por disolución en domos salinos geológicamente estables.

15. NOM-147-SEMARNAT-SSA1-2004 Concentraciones de remediación de suelos contaminados por arsénico, berilio, cadmio, cromo hexavalente, mercurio, níquel, plomo, selenio, talio y vanadio.

16. NOM-157-SEMARNAT-2009. Elementos y procedimientos para instrumentar planes de manejo de residuos mineros.

Para el estudio del presente trabajo se trabajará únicamente con el seguimiento de una Norma Oficial Mexicana, que establece las “Condiciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial”, la NOM-083-SEMARNAT-2003.

La norma anterior presenta los siguientes puntos que en este apartado se esquematizan de manera general referidos a la disposición final de los RSU y RME:

- Los criterios, estudios y análisis requeridos para la selección del lugar donde se construirá el relleno sanitario.
- Los estudios y criterios básicos para el diseño de ingeniería de este tipo de obra
- Las características de construcción y operación
- Las obras complementarias para su funcionamiento
- Las características del monitoreo ambiental
- Las bases técnicas a considerar para su clausura final, y
- El procedimiento para evaluar el cumplimiento de esta NOM ante las autoridades correspondientes.

Las Normas Mexicanas aplicables a los residuos sólidos son las siguientes:

1. NMX-AA-16-1984 Determinación de humedad
2. NMX-AA-15-1985 Método del cuarteo
3. NMX-AA-18-1984 Determinación de las cenizas
4. NMX-AA-19-1985 Peso Volumétrico in situ

5. NMX-AA-21-1985 Determinación de materia orgánica
6. NMX-AA-22-1985 Selección y cuantificación de subproductos
7. NMX-AA-24-1984 Determinación de nitrógeno total
8. NMX-AA-25-1984 Determinación del pH, método potenciométrico
9. NMX-AA-33-1985 Determinación del poder calorífico
10. NMX-AA-52-1985 Preparación de muestras en laboratorio para su análisis
11. NMX-AA-61-1985 Generación per cápita de residuos sólidos
12. NMX-AA-67-1985 Determinación de la relación carbono/nitrógeno
13. NMX-AA-68-1986 Determinación de hidrógeno
14. NMX-AA-90-1986 Determinación de oxígeno
15. NMX-AA-92-1984 Determinación de azufre

Legislación Estatal

Establece a nivel estatal las disposiciones en materia de prevención y restauración del equilibrio ecológico, así como fundamentos para la disposición final y manejo de residuos sólidos no peligrosos. En el Estado de Puebla dicha ley es nombrada como “Ley de Protección al Ambiente y al Equilibrio Ecológico del Estado de Puebla”

Ley para la Protección del Ambiente Natural y el Desarrollo Sustentable del Estado de Puebla

Art. 2° Será de utilidad pública:

Fracción I La instalación de sistemas y lugares para la disposición final de residuos sólidos municipales no peligrosos y para el saneamiento de las aguas residuales;

Fracción II La restauración y regeneración del suelo contaminado o dañado, de manera que recupere sus atributos físicos naturales; y

Fracción III La instrumentación de los mecanismos necesarios para la prevención y control de la contaminación en la atmósfera, agua y suelo dentro del Estado.

Art. 5° Es competencia de la Secretaría⁶:

⁶ Secretaría de Desarrollo Rural, Sustentabilidad y Ordenamiento Territorial del estado de Puebla.

Fracción XII La regulación de los sistemas de recolección, transporte, almacenamiento, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos e industriales que no sean considerados peligrosos por la Ley General, su Reglamento en la materia y las Normas Oficiales Mexicanas.

Art. 6° Corresponde a los ayuntamientos de la entidad

Fracción XI Prestar por sí o a través de terceros, los servicios públicos de limpia, recolección, traslado, transferencia y disposición final de residuos sólidos urbanos.

Art. 38° Evaluación del Impacto ambiental

Fracción X Construcción y operación de instalaciones para el manejo, separación, tratamiento, reciclaje y disposición final de residuos sólidos no peligrosos.

Ley para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial para el Estado de Puebla

Esta ley formula, diseña y determina el desarrollo sustentable a través de la prevención y regulación de la generación, caracterización, valorización y gestión integral de los residuos siendo de competencia estatal y municipal.

Legislación municipal

Municipio Libre

Art. 104 de la Constitución Política del Estado Libre y Soberano de Puebla.

Los Municipios tendrán a su cargo las funciones y servicios públicos siguientes:

c) Limpia, recolección, traslado, tratamiento y disposición final de residuos.

Reglamento del Servicio de Limpia Municipal

Regula especificaciones en cuanto aspectos administrativos, técnicos, jurídicos y ambientales en lo que respecta a la jurisdicción municipal del servicio de limpia pública.

Certificación internacional para la gestión de residuos

La gestión y manejo de los residuos sólidos actualmente es una preocupación de carácter internacional, por lo que diversas organizaciones ya sean públicas o privadas han desarrollado marcos normativos para la homogenización y control adecuado de tanto la operación tratamiento y eliminación de los residuos sólidos.

Existe una norma internacional conocida y aceptada por diversos países, entre los cuales destaca México, dicha norma es la ISO 14000 definida como *“una serie de normas internacionales para la gestión medioambiental, ..., especifica los requisitos que debe cumplir un sistema de gestión ambiental”* (Robinson, 1999). Es una norma de carácter voluntario y opcional que es desarrollada e implementada por la International Organization for Standardization (ISO) en Ginebra, dicha norma sigue un carácter opcional para su aplicación.

En lo que respecta al área ambiental, la norma ISO enlista los requerimientos para gestionar el sistema de gestión medioambiental (este u otro tipo de sistema) para el seguimiento oportuno del manejo de la jerarquía de los residuos partiendo desde su producción o manufactura, reduciendo la necesidad de reutilizar o bien desechar finalmente un producto. En México, los sistemas de retorno de envases son casi nulos dado que los costos de inversión y actualización por parte de las industrias genera grandes movilizaciones de financiamiento para el desarrollo de planes ecológicos, es por ello que la norma mayoritariamente se acentúa para la vigilancia de la calidad y administración de los sistemas de gestión ambiental.

La temática de los residuos sólidos se puede gestionar, manejar y controlar bajo dicha norma desarrollando los siguientes puntos para su certificación de carácter internacional en lo que corresponde a la serie de normas ISO 14000:

1. Requerimientos de un sistema de administración ecológica, están basados en:
 - a) Requerimientos generales, con un sistema de administración ecológica que cumpla con los principios de la norma.
 - b) Política ecológica, manifestación de los principios ecológicos del sistema.
 - c) Planeación, sistema de administración ecológica que prevea y actúe en emergencias.
 - d) Aspectos ecológicos, revisión de las operaciones del sistema, entradas, salidas y relación con el entorno.
 - e) Requerimientos legales y de otro tipo, desarrollar los requerimientos legales en donde en donde se incluyen normas de regulación con el gobierno y comercio.

- f) Objetivos y metas, establecer los fines con los que opera el sistema.
 - g) Programas de administración ecológica, acciones para lograr los objetivos.
2. Instrumentación y operación.
- a) Estructura y responsabilidad, definir los titulares para el manejo del sistema.
 - b) Capacitación, consecuencia y competencia, realizar el trabajo de acuerdo a los lineamientos del sistema.
 - c) Comunicación, procedimiento de comunicación tanto externa como interna del sistema.
 - d) Documentación del sistema de administración ecológica, documentar los procedimientos realizados con instrucciones simples.
 - e) Control de documentos, administrar la documentación del sistema por medio de procedimientos definidos.
 - f) Control de operaciones, mecanismos de control para procesos, mantenimiento y desarrollos externos.
 - g) Preparación y respuesta ante las emergencias, contar con planes de contingencia dentro de la planeación en general.
3. Verificación y acción correctiva.
- a) Vigilancia y medición, realizando la evaluación del sistema y mejora continua.
 - b) No conformidades, acciones correctivas y preventivas, revisar los puntos no homogenizados en los lineamientos del sistema y corregirlos mediante acciones a corto y largo plazo.
 - c) Registros, administrar informes, registros y formatos con el fin de mantenerse en forma adecuada.
 - d) Auditorias del sistema de administración ecológica, comunicar a la dirección las documentaciones del sistema de administración ecológica.
 - e) Revisión ejecutiva, validación de la eficacia, eficiencia y productividad del sistema, para en caso de no ser positiva, ser evaluada y modificada.

Sistema de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos (SGIRSU)

La problemática de los residuos sólidos urbanos actualmente se extiende desde la primera etapa de la gestión, es decir desde la recolección hasta la disposición final o en otros casos la eliminación de los residuos. Se habla de un sistema que controle y maneje el correcto funcionamiento de las operaciones en el proceso de la construcción de la sustentabilidad ambiental tomando como recurso de operación los residuos sólidos. En México a nivel federal, estatal y municipal como se ha visto, se extiende una serie de normas que regulan los procedimientos de gestión para salvaguardar los impactos que pudieran general los residuos sólidos, ya sean aspectos sanitarios como enfermedades o bien aspectos físicos como la contaminación generada en suelo, agua y aire, cuidando, así como último fin, proteger los recursos naturales con los que cuenta el país. Sin embargo, no existe homogenización en cuanto a un sistema de residuos sólidos que regule el seguimiento y los posibles impactos generados a corto y largo plazo, de manera que desde el rubro más alto a nivel federal hasta el más bajo a nivel estatal se sigue operando con procedimientos no regulados ni normalizados aun cuando la legislación vigente lo obligue, incluso se continúan utilizando como sitios de disposición final los llamados tiraderos a cielo abierto, mismos que generan grandes cantidades de efluentes como lixiviados, fauna nociva, malos olores, partículas atmosféricas y gases de efecto invernadero como el gas metano los que bajo un sistema integral de residuos sólidos urbanos (SIRSU) podrían ser captados y utilizados de manera productiva valorando su capacidad energética en pro de un desarrollo social, económico y ambiental.

Un Sistema Integrado de Residuos Sólidos Urbanos comprende las etapas y operaciones que los residuos sólidos siguen para ser valorizados y eliminados de acuerdo a las características propias del caso de estudio o la comunidad que lo requiera. La siguiente imagen resume el SIRSU que se abordará en el presente trabajo.

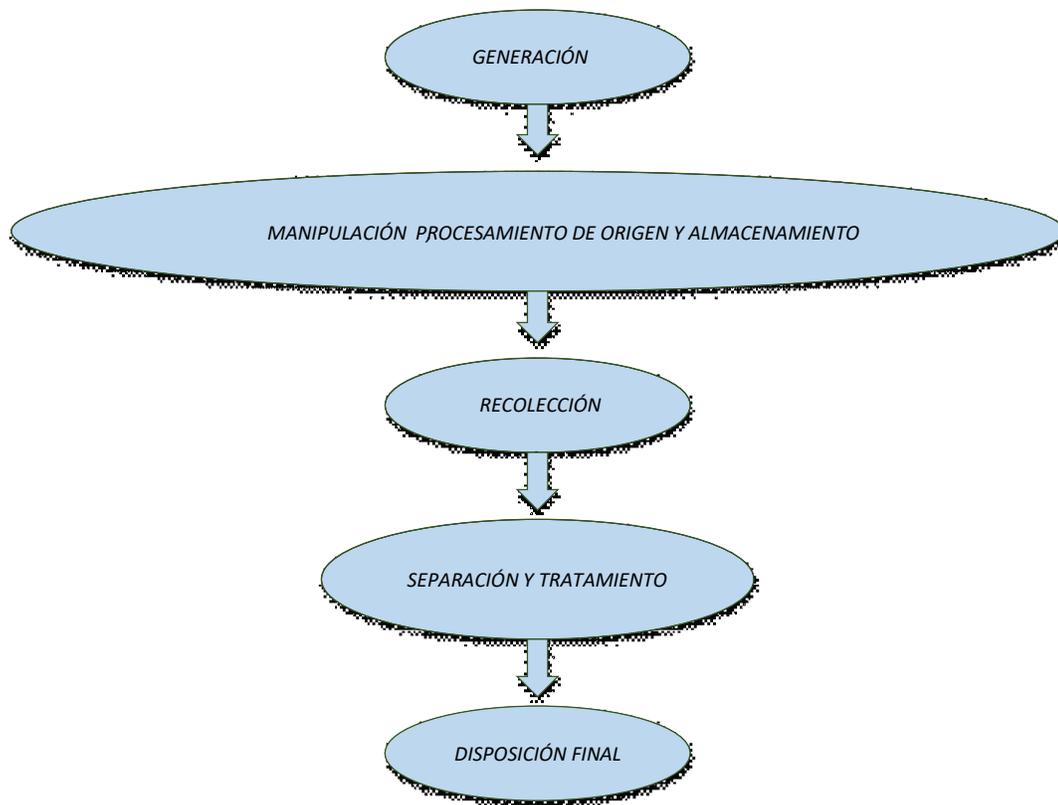


Ilustración 10 Diagrama de flujo de un SIRSU. Elaboración propia.

Generación

La generación de residuos sólidos se puede dar de acuerdo a su composición y fuente por lo que es necesario conocer bajo qué conceptos de residuos se está hablando en el sistema a evaluar tanto del tipo de residuos como los porcentajes de materiales que los componen, dependientes de las actividades productivas, así como el desarrollo industrial, clima, época y hábitos de consumo. Otro factor importante, es la tasa de generación de los RSU, la cual es influenciada por los mismos elementos mencionados anteriormente. Una vez conociendo esta tasa de generación es posible estimar los recursos tanto económicos como tecnológicos que se utilizarán como lo son equipos de recolección, personal, ruteo, frecuencia de recolección, costos y la disposición final que se requiera establecer.

La generación se toma como la producción por habitante, la cual es recurrente para estimar la tasa de generación de los residuos a nivel nacional, o bien la producción por vivienda también es eficiente dado que muchas veces la producción

por habitante es estimada y la producción por vivienda está sustentada por el número de viviendas, mismas que entregan día a día un porcentaje de residuos para ser procesados por los servicios de limpia. La tasa de generación o producción por vivienda se puede estimar mediante fórmulas y cálculos, sin embargo, la entidad o la comunidad local ha de tener un número aproximado de la generación diaria, per cápita, por vivienda o bien simplemente por municipio o jornada laboral.

Lo anterior se reduce a la siguiente expresión:

$$R = \frac{Y}{X}$$

Donde;

R= ppv (producción por vivienda) expresada en kilogramos/vivienda-día

Y= Cantidad total de basura producida por la totalidad de las viviendas estudiadas

X= Número de viviendas estudiadas

Para el cálculo de la tasa de basura generada es necesario establecer una metodología de muestreo evaluando los métodos que más se adapten al caso de estudio. Para fines informativos se presenta una metodología de muestreo para la estimación de *R*, siguiendo bibliografía ambiental, de manera paralela se revisará la normativa de residuos sólidos que ha establecido la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales de la Agencia de Cooperación Alemana (GTZ) con la creación de manuales para el cumplimiento de las Normas Mexicanas (NMX).

La metodología de muestreo para la estimación de la tasa de producción de basura es conveniente realizarla frecuentemente pues la generación de residuos sólidos no es estática, como ya se ha especificado depende no sólo de los factores relacionados a la producción de residuos sino factores menos específicos y variables como clima, estacionalidad y crecimiento de la población.

Población: cantidad total de elementos que han de ser muestreados, preferentemente heterogénea para abarcar distintos sectores de la población.

Unidades de muestreo: Parte de la población, es decir, una vez tomada la población se dividirá en unidades para propiciar resultados más legibles.

Selección de la muestra: El muestreo puede hacerse mediante dos opciones, muestreo simple aleatorio donde se obtienen muestras con base a la aleatoriedad

de 1 a N, o bien, el muestreo sistemático, mediante la selección de unidades de 1 a N con la fórmula $K=N/n$.

Tamaño de la muestra: La heterogeneidad o la homogeneidad de la población hará que el tamaño de la muestra se adapte para obtener mayor grado de precisión y certeza de los resultados, adoptándose comúnmente un grado de certeza del 95%.

La tasa de producción de basura se puede obtener de diferentes expresiones matemáticas siempre y cuando se siga una correcta metodología para su estudio. La SEMARNAT, como se ha mencionado propone una NMX para el estudio de la generación de los residuos sólidos urbanos, a continuación, se resumen los puntos primordiales de dicha norma para la metodología de estudio.

NORMA MEXICANA NMX-AA-61-1985. "Protección al ambiente-contaminación del suelo-residuos sólidos municipales-determinación de la generación"

1. La primera etapa para la aplicación de la NMX consiste en un estudio de campo bajo un muestreo estadístico aleatorio de campo por ocho días, donde se recoge casa por casa la basura generada por vivienda, esto se hace con bolsas de polietileno entregadas especialmente a las viviendas seleccionadas para el muestreo.
2. Especificación de las variables representativas, como lo son, riesgo, tamaño de la muestra, realizando el estudio de campo por ocho días a final, se obtiene la generación per-cápita de residuos en kg/hab-día, al dividir el peso de los residuos sólidos entre los habitantes por vivienda.
3. Para la evaluación de los resultados se realiza un muestreo de media de medias, realizando a la par un análisis de rechazo de observaciones sospechosas con ayuda del criterio de Dixon y verificar el tamaño de la muestra con la desviación estándar y la distribución "t" de Student.
4. Realizar análisis de confiabilidad con una prueba de hipótesis en dos colas, ya sea en la cola izquierda o en la cola derecha de la distribución empleada para este análisis con el fin de definir la media muestral (X) es igual o difiere de la media población (M) y una prueba de la razón de la varianza.

NORMA MEXICANA NMX-AA-22-1985. "Protección al ambiente - contaminación del suelo - residuos sólidos municipales -selección y cuantificación de subproductos"

1. Primeramente, se selecciona una muestra con ayuda de la NMX-AA-15-1985 tomando 50kg como mínimo provenientes del método de cuarteo, clasificando a los residuos en los subproductos como, por ejemplo, algodón, cartón, residuo fino, fibra de hueso vegetal, hule, cuero, lata, loza, cerámica, madera, pañal, etc., en total 27 subproductos.
2. Se cuantifican los subproductos con la relación al peso del subproducto considerado para así obtener el porcentaje del subproducto considerado.

Manipulación, procesamiento de origen y almacenamiento.

Esta segunda etapa de sistema de gestión consiste en analizar el ciclo que siguen los RSU para llegar a su disposición final, la manipulación es el seguimiento que se realiza a este ciclo.

Los residuos sólidos a veces son procesados o separados desde el origen, ya sea por causa única de cada vivienda o bien bajo un esquema de clasificación para su mejor manipulación, incluyendo codificaciones como orgánicos, inorgánicos, reciclables, no reciclables, papel, cartón y vidrio, por ejemplo. Es en esta etapa donde se puede hacer una valorización del reuso de los subproductos desechados.

Por último, el almacenamiento es el tiempo y forma que permanecen los RSU desde que son desechados en la vivienda hasta que se depositan a la siguiente etapa para su procesamiento final en donde se encuentran recipientes propios para los RSU. Es conveniente realizar estudios de producción de residuos por zona para establecer mejor los requerimientos para su almacenamiento temporal. En este punto del sistema se pueden establecer convenios con los servicios de limpia municipales para la participación conjunta con empresas que presten servicios de recolección especificando contenedores para el almacenamiento de los residuos sólidos que procesarán.

Disposición inicial

Esta etapa compete a la acción formal de depositar los residuos sólidos urbanos en la vía pública ya sea en contenedores, o en muchos casos simplemente en zonas establecidas por el ruteo que siguen los recolectores. Se puede determinar el tipo de disposición inicial de los residuos como:

- ✚ General: Sin clasificación y separación.
- ✚ Selectiva domiciliaria: Con clasificación y separación de los residuos en las viviendas.
- ✚ Selectiva no domiciliaria: Contenedores públicos específicos para los subproductos mediante un esquema de clasificación general de los residuos sólidos.

Muchas veces el manejo de los residuos sólidos se opera bajo alguna disposición inicial mencionada anteriormente, sin embargo, el problema radica en las siguientes etapas, pues la separación de la disposición inicial no determina de manera obligada a la recolección o a la disposición final, por lo que los costos tanto de iniciativas para disposición inicial como los costos del error se reflejan altos, no sólo económicamente sino también ecológicamente.

Recolección

Es la etapa que involucra el transporte de los RSU desde el punto de generación establecido hasta el procesamiento final que ha de tener el sistema, así como la disposición final.

- ✚ General: Es la recolección sin clasificación y separación de los residuos sólidos.
- ✚ Selectiva: Es la recolección clasificada y valorada desde la generación de residuos domiciliarios.

Actualmente los municipios cuentan con vehículos de recolección de diferentes tipos, constituidos por chasis cabina y caja, que puede ser de compactación o sin compactación. Si contienen el mecanismo de compactación los vehículos pueden ser de carga trasera, lateral o delantera de forma tubular o rectangular. Los vehículos recolectores pueden ser específicos para la disposición inicial

previamente clasificada con los contenedores *roll on*, *roll off* o bien de balancín o góndola.

Los equipos compactadores más utilizados son los que tienen capacidad de 10 a 15m³, recolectan de 6 a 10 t por viaje. La cantidad de recolección va a depender de “factores como generación por zona o sector, la concentración urbana, el grado de dificultad de la ruta, así como las condiciones climáticas y topográficas de la localidad y sobretudo de las actividades de pepena” (SEMARNAT, 1999).

Es por ello que la eficacia del proceso está ligada al ruteo, horarios, frecuencia, operarios, selección de equipos para la recolección dependiendo el peso y el volumen, así como la distancia de la disposición final. Con ello se pueden especificar relaciones que indiquen la productividad, rendimiento, capacidad y eficiencia de los elementos utilizados para las operaciones dentro del procedimiento, a continuación, se explican algunas relaciones que expresan los requerimientos en equipo de recolección y ruteo:

- a) Equipo de recolección: Se debe de determinar el tipo de vehículo óptimo para la recolección, de acuerdo a las condiciones y características que marque el estudio de composición de basura, así como su producción, con ello se podrá estimar el número de equipos necesarios para la operación y ruteo de los residuos sólidos, esto mediante la siguiente ecuación:

$$N = \frac{W}{nC}$$

donde:

N= número de equipos necesarios

W= Cantidad de residuos sólidos por recoger, depende del número de días a la semana, cobertura y producción.

n= Número de viajes de recolección

C= capacidad del vehículo, t o m³

Así también la capacidad de recolección se puede estimar como:

$$C = \frac{T - T_1 - nT_2 - nT_3 - (n-1)T_4 - T_5}{Rxn}, \quad \text{así como,} \quad nxCxN = W \quad \text{y} \quad N = \frac{RxW}{T - T_1 - nT_2 - nT_3 + T_4 - T_5}$$

donde:

T = tiempo disponible de la jornada, en minutos.

T_1 = Tiempo de recorrido del punto de inicio a la primera ruta de recolección

T_2 = Tiempo de la ruta de recolección al sitio de disposición final

T_3 = Tiempo de descarga en la disposición final

T_4 =Tiempo del recorrido de la disposición final al punto inicial

R = Rendimiento de la recolección, minutos/metros cúbicos, minutos/toneladas.

Para comenzar a trazar un ruteo es necesario realizar algunos cálculos que miden las zonas de producción de residuos, esto ayudará también a la evaluación de la disposición final de basura, así como el análisis de la situación actual de la comunidad que se estudie.

El centroide de producción, se determina mediante la caracterización del espacio predeterminado en zonas y subzonas de densidad homogénea y producción de residuos (P), cada subzona tendrá coordenadas en X_i y X_j , el centroide se expresa como:

$$X_{centroide} = \frac{\sum(X_i X_i)}{\sum P_i} \quad \text{y} \quad Y_{centroide} = \frac{\sum(Y_i P_i)}{\sum P_i}$$

b) Ruteo: La logística de la recolección de residuos sólidos conlleva a dos ruteos, el primero conocido como el macroruteo que es las rutas que siguen los equipos del punto inicial de donde provienen los equipos al comienzo de una jornada hacia el sitio de la disposición final, a su vez, el microruteo, son las trayectorias necesarias para realizar la recolección por las calles dentro de la zona de estudio, las cuales deberán optimizar los recorridos, realizando la menor cantidad de cruces, gotas de agua o flores en el ruteo.

Esta planeación de la logística que lleva el ruteo debe realizarse de la manera conocida como *heuristic routing*⁷, es decir, definir el proceso intelectual, lógico y de sentido común para trazar las rutas que han de seguir en la recolección de residuos, procurando siempre la mejora de los itinerarios.

⁷ Determinación heurística de los itinerarios

Separación y tratamiento

Antes de llegar al destino de eliminación final, los residuos pueden ser valorados para que a conveniencia se realice otro proceso físico o bien químico. Esta evaluación acerca de las características que presentan los residuos sólidos se somete primeramente a la clasificación de residuos orgánicos o inorgánicos, de ahí que el compostaje sea útil para procesar a los residuos orgánicos y la separación para el reciclado sea útil para los inorgánicos. Otros procesos que se realizan con los residuos son, por ejemplo: la compactación, generación de papel reciclado, métodos de tratamiento biológico e incineración.

- ✚ Compostaje, proceso de transformación física, química y biológica en donde se obtiene abono orgánico a partir de residuos biodegradables.
- ✚ Pirólisis, transformación que da como producto aceites minerales o gases inflamables los cuales se emplean como combustible, con ausencia de oxígeno. Para el gas de síntesis se utiliza convenientemente CO, H₂, CH₄, CO₂, N₂, obteniéndose residuo carbonoso (char) y los hidrocarburos líquidos, *“Según Shlensinger et al. Una tonelada de residuos que previamente ha sido seleccionada (recuperados minerales y vidrio) y secada produce 500 metros cúbicos de gases (energía), 65 litros de aceites ligeros, 125 litros de líquidos (que destilándolos nuevamente son fuente de metano, ácido acético, aceite, alquitrán, otros compuestos orgánicos y agua), y 70 kg de residuos sólidos con un alto poder calorífico, bajo material volátil y contenido de azufre que lo hace una fuente de energía que no produce problemas de contaminación atmosférica”* (Hector Collazos Peñaloza, 1998).
- ✚ Hidrogenación, este proceso convierte la celulosa de los residuos en productos orgánicos combustibles, se transforma el residuo orgánico con ayuda de azufre.
- ✚ Hidrólisis, los residuos celulósicos se procesan obteniendo azúcares fermentables como, alcohol etílico, ácido cítrico y abonos.
- ✚ Separación y segregación, este proceso se realiza en plantas de separación de residuos principalmente para obtener vidrio, plásticos como PET, PEAD, etc., tetrabricks, papel y cartón.

Disposición final

Esta etapa supone la última operación para los residuos sólidos, para ello se construyen sitios de disposición final que son preparados específicamente para depositar los residuos o desechos últimos provenientes directamente de la recolección de RSU o desechos y basuras de tratamientos anteriores, estos sitios son llamados rellenos sanitarios, también conocidos como vertederos. Puede catalogarse en modalidades como relleno sanitario, relleno controlado, enterramiento y vertedero a cielo abierto, este último es el que produce el impacto ambiental más alto.

- ✚ Vertedero a cielo abierto (tiradero), es el sitio donde se disponen los residuos sólidos sin control alguno de los efluentes que genera. Produce alto impacto ambiental y riesgos para los trabajadores, así como para la población circunvecina.
- ✚ Enterramiento, es una forma de depositar los residuos bajo tierra, enterrándolos se produce un alto riesgo de contaminación de la tierra, agua y aire.
- ✚ Relleno controlado, sitio donde se disponen los residuos sólidos con una gestión controlada de los contaminantes, proveyendo de un riesgo parcial e impacto ambiental medio.
- ✚ Relleno sanitario tradicional, es la disposición de los residuos sólidos más adecuada para el medio ambiente. Constituye un proyecto de ingeniería para el diseño, construcción y operación, minimizando los residuos a disponer con ayuda de la separación y máximo aprovechamiento del sitio, operando con monitoreo y controles de emisión de lixiviados y emisiones gaseosas, mismos que servirán como recurso para un nuevo proceso.
- ✚ Relleno sanitario manual, *“cuenta con ciertos elementos del relleno sanitario tradicional como son el cerco perimetral, el drenaje periférico para la desviación de las aguas pluviales, la impermeabilización, el drenaje de lixiviados, el sistema de evacuación del biogás y una caseta (vigilancia y sanitarios). Mientras para la operación se aplica instrumentos de uso manual, para la preparación del sitio (las excavaciones de zanjas o material de*

cobertura y la construcción de vías internas) se recomienda el uso de maquinaria pesada” (SEMARNAT, Manual de especificaciones técnicas para la construcción de rellenos sanitarios para residuos sólidos urbanos y residuos de manejo especial, 2009), tomando en cuenta la generación de residuos sólidos y la vida útil del relleno.

- ✚ Relleno seco (pretratamiento de alta compactación), es conocido también como la tecnología del “Relleno Seco”. *“Su principal objetivo es acelerar y facilitar el control de los rellenos sanitarios a través de la reducción del volumen de los residuos por su alta compactación con una prensa embaladura” (SEMARNAT, Manual de especificaciones técnicas para la construcción de rellenos sanitarios para residuos sólidos urbanos y residuos de manejo especial, 2009). Producto en pretratamiento biológico posee alta densidad (1.0 a 1.4 t/m³).*
- ✚ Pretratamiento mecánico-biológico, es una estabilización de los residuos en un relleno tradicional con duración de 25 años y en relleno seco de hasta 100 años, mediante la conversión de los contaminantes de los residuos orgánicos en inertes mediante dos tratamientos, “el mecánico para acondicionar los residuos municipales a su tratamiento posterior, y biológico mediante una fermentación controlada o digestión aerobia” (SEMARNAT, Manual de especificaciones técnicas para la construcción de rellenos sanitarios para residuos sólidos urbanos y residuos de manejo especial, 2009), con ello se reducen los lixiviados, emisiones de gases y por supuesto, el volumen final de los residuos.

También se pueden clasificar según su conformación en el suelo:

- ✚ Positivos, o en altura, es decir, las napas subterráneas registran niveles altos, los residuos sólidos son puestos por encima del nivel del terreno. El terreno puede alcanzar una altura significativa por la disposición.
- ✚ Negativo, es cuando se realizan excavaciones dado el nivel de la napa del sitio. La tierra excavada en el terreno sirve para la cobertura que se hace por capas de tierra a cada cierto peso volumétrico.

Por lo que se refiere a los rellenos sanitarios existen tres métodos para la construcción y operación de los mismos, cada método constituye ciertas técnicas de operación empero es necesario, conocer los requerimientos de los terrenos y la tasa de generación de basura para poder elegir uno o dos métodos para ser combinados.

- a) Relleno sanitario tipo área, se emplea cuando el terreno presenta irregularidades como “*depressiones y hondonadas naturales y artificiales, canteras producidas por extracción de materiales como arena, arcilla, grava y otros similares*” (Hector Collazos Peñaloza, 1998). Comúnmente se emplea un tractor tipo oruga para esparcir y compactar, actualmente es más factible utilizar unidades más pesadas con ruedas de acero con espigas o resaltes en forma de cuchilla para obtener mejor la compactación. Las capas serán de 0.30 m de espesor, con material de cobertura con un espesor de 0.10 m a 0.15 m. Para el sello o cobertura final se tiende una capa de 0.60 m de espesor, por lo menos.
- b) Relleno sanitario tipo zanja o trinchera, se emplea en terrenos nivelados, consiguiendo la cobertura conforme se va excavando el sitio. Las zanjas pueden hacerse de 1.80 m a 2.50 m de altura mientras que el ancho debe de permitir la operación de los equipos, siendo aproximadamente de 3.60 m a 10 m.
- c) Relleno sanitario tipo rampa, es el método de la pendiente progresiva donde son depositados los residuos extendidos sobre la rampa o pendiente. Una vez contenidos los residuos son compactados y cubiertos con material de 0.10 m a 0.15 m de espesor, el ángulo de inclinación es de 30 grados y la cobertura final de tierra u otro material debe ser de al menos 0.60 m de espesor.

Los rellenos sanitarios también pueden ser clasificados de acuerdo a su compactación,

- I. Baja densidad 500-600kg/m³
- II. Media densidad 600-900 kg/m³
- III. Alta densidad más de 900 kg/m³

Efluentes importantes en la disposición final

Lixiviados

Los lixiviados se generan por la percolación a través de los residuos lo cual produce contaminación debido al arrastre y la solubilización de los compuestos, presentando altos niveles de la demanda química de oxígeno (DBO_5), así como sales y nitrógeno.

A continuación se presentan las características de los residuos en cuanto a composición una vez dispuestos en el sitio final.

- ✚ Características de los residuos: Composición, humedad, edad del residuo, pretratamiento.
- ✚ Condiciones ambientales: Temperatura, clima, características geológicas
- ✚ Características del sitio: Terreno, balance hídrico, grado de compactación, irrigación, recirculación, controles.
- ✚ Procesos internos: Hidrólisis, absorción, biodegradación, especiación, disolución, reducción fuerza iónica, tiempo de contacto, generación fase y transporte de gases.

Contaminantes presentes en los sitios de disposición final se pueden generalizar de la siguiente manera:

- ✚ Materia orgánica disuelta: Expresada en DBO_5 carbonos totales, ácidos grasos volátiles, metano y compuestos biorecalcificantes húmicos y fúlvicos.
- ✚ Macrocomponentes inorgánicos: Calcio, magnesio, sodio, potasio, amonio, hierro, manganeso, cloruros, sulfatos, sulfuros, carbonatos, cadmio, cromo, plomo, níquel, cobre, zinc.
- ✚ Compuestos orgánicos xenobióticos: Compuestos halogenados, compuestos fenólicos, alcoholes, aldehídos, cetonas, ácidos carboxílicos, entre otras sustancias tóxicas.
- ✚ Compuestos traza: En menores concentraciones como boro, arsénico, selenio, bario, litio, mercurio y cobalto.

De acuerdo a la bibliografía de compuestos en lixiviados, el percolado presente en el sitio de disposición final puede ser viejo, intermedio y joven a partir de las características vistas anteriormente se puede inferir que:

La razón de biodegradabilidad (DBO_5 / DQO) y de (DQO / COT) existe la presencia elevada de bacterias aerobias y facultativas, lo que sugiere la representación del comportamiento de las bacterias en la fase de acetogénesis, indicando la presencia del efluente biodegradable con una relación aproximada de 0.4 y 0.7, es decir, una edad de los residuos joven. (MMM, 2002, Greenpeace, 2005). Por el contrario, si se observa una relación de biodegradabilidad en bajas concentraciones, no hay una presencia preponderante de los ácidos grasos volátiles pero ácidos húmicos y fúlvicos reflejan altas concentraciones. Si el COD, es decir, del carbono orgánico disuelto a un 60%, entonces el sitio se encuentra en la fase metanogénica en forma de sustancias húmicas. Un relleno de aproximadamente 12 años de antigüedad evalúa una relación de CT/DQO de entre 0.34 a 0.53.

Un lixiviado joven puede contener COD hasta en 95% en comparación a un lixiviado maduro aproximadamente con una COD al 42% y el peso molecular de las sustancias principales es mayor a 1000g/mol, lo cual está directamente relacionado a la biorecalcitrancia, o al contenido de sustancias difíciles de biodegradar, con estructuras complejas, que no exhiben características fisicoquímicas.

La clasificación de las sustancias húmicas se puede determinar con las propiedades de solubilidad de diferentes valores del pH. Los ácidos húmicos (AH) son solubles a valores de un pH alcalino. La fracción de AF es la que por solubilizarían por álcalis se mantiene soluble ante cualquier valor de pH, y la fracción HU es insoluble a todo el rango de pH.

Parámetro de referencia	Edad del relleno (años) y Tipo de lixiviado		
	0 < 5 (joven)	5-10 (medio)	< 10 (viejo)
	I (Biodegradable)	II (Intermedio)	III (Estabilizado)
pH	< 6.5	6.5 – 7.5	> 7.5
DQO (g/L)	> 20	3 –15	< 5
DQO/COT	< 2.7	2.0 – 2.7	> 2.0
DBO ₅ /DQO	< 0.5	0.1 – 0.5	< 0.1
AGV* (COT)	> 70	5 – 30	< 5
Metales pesados(g/L)	2	-----	<50 mg/L

Tabla 5 Principales tipos de lixiviados (Amokrane, 1997, Robles 2008 y Orta et al 2006).

Biogás

Los rellenos sanitarios constantemente presentan gases compuestos de (SH_2), mercaptanos, entre otros elementos que si no son controlados generan una gran contaminación, además de ser liberados y suscitar olores nauseabundos e insanos para la población. Los principales componentes que se desprenden son por ejemplo: metano (CH_4) en una proporción del 45 al 60% en volumen, dióxido de carbono (CO_2), entre el 40 y el 60%, nitrógeno (N_2) del 2 al 5%, oxígeno (O_2), en torno al 1% así como amoníaco, hidrógeno, monóxido de carbono, entre otros.

PARÁMETRO	UNIDAD	FASE ANAEROBIA		FASE METANOGENICA	
		Rango	V. Medio	Rango	V. Medio
pH	-	4.5-7.5	6.1	7.5-9	8.0
DBO ₅	[mg/l]	4-40000	13000	20-550	180
DQO	[mg/l]	60-60000	22000	500-4500	3000
Biodegradabilidad	-	-	0.58	-	0.06
Sulfato	[mg/l]	70-1750	500	10-420	80
Calcio	[mg/l]	10-2500	1200	20-600	60
Magnesio	[mg/l]	50-1150	470	40-350	180
Hierro	[mg/l]	20-2100	780	3-250	15
Manganeso	[mg/l]	0.3-65	25	0.03-15	0.7

Tabla 6 Composición de un lixiviado en un relleno sanitario según su fase operativa. (García, 2007)

El volúmen de los compuestos varía en función de aspectos como la composición del residuo, edad del vertido, climatología, geometría del vaso de vertido y operatividad.

La producción del biogás se realiza entonces conforme a un comportamiento anaerobio, mediante la oxidación biológica, actuación de microorganismos y con la ausencia de oxígeno molecular, esto se completa mediante cuatro fases:

- I. Fase hidrolítica
- II. Fase acedogénesis
- III. Fase acetogénesis
- IV. Fase metanogénesis

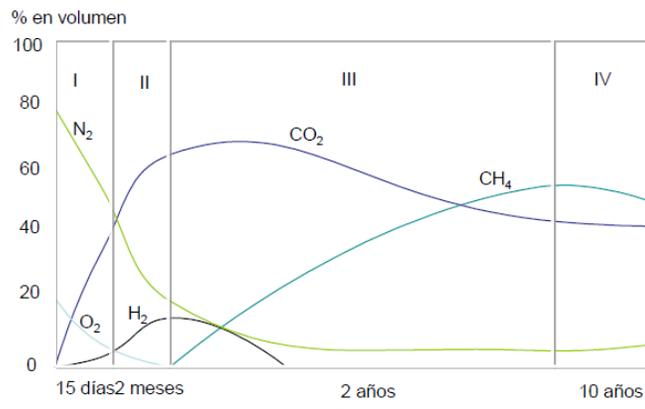


Ilustración 11 Producción y composición del biogás en un relleno sanitario (Orta et. al; 1999)

La producción de biogás estima una captación del 85% del promedio total, ya que por fugas en las tuberías o la retención del gas en el vertedero no se obtiene el 100%. Durante los primeros 6 meses a los 3 años de operación se obtienen las concentraciones más altas de la producción, con un comienzo tardío en la producción de biogás, es decir, a partir de los 3 meses de operación se ven resultados consistentes. La operación de la biometanización tiene en promedio de 10 años a 15 años de vida.

El biogás se genera a partir de la descomposición de los compuestos orgánicos dando como resultado un proceso anaerobio. Este gas producido internamente se da gracias a la funcionalidad de las bacterias originarias como las depositadas

diariamente, que, además, sugieren relaciones estables entre sus procesos debido a la edad de la operación del tiradero.

Los principales componentes en la producción de biogás se basan en las reacciones de los siguientes elementos:

Componente	% Componente (volumen base seca)
Metano	47.5
Bióxido de carbono	47.5
Nitrógeno	3.7
Oxígeno	0.8
Hidrocarburos parafínicos	0.1
Hidrocarburos aromáticos y cíclicos	0.2
Hidrógeno	0.1
Ácido Sulhídrico	0.01
Monóxido de Carbono	0.1
Compuestos trazas	0.5
Capacidad calorífica	300-550
Gravedad específica	1.04
Contenido de humedad	SATURADO
Temperatura (en la fuente)	41°C

Tabla 7 Principales componentes del biogás (SEDESOL 1996)

La emisión de estos componentes en las reacciones que tienen lugar en el tiradero de residuos a cielo abierto, predicen las relaciones entre los elementos y el medio en donde conviven. Se puede aproximar una generación del metano de hasta el 70% mientras que el segundo compuesto presente en esta descomposición anaerobia es el dióxido de carbono y, por último, un tercer compuesto predominante es el nitrógeno, componentes que resultan determinantes para la generación del efecto invernadero.

Las características principales que han de evaluarse para conocer el estado actual de la generación de biogás es la humedad, la edad de los residuos, temperatura y manejo de los residuos. Es importante precisar que la generación de biogás estará operando conforme la disposición de los residuos sólidos municipales, con año de antigüedad mínimo para esta generación y con un comportamiento exponencial decreciente con el paso de los años y la producción del metano

presente después de aproximadamente dos años de operación, mientras se consume la fracción orgánica de los residuos.

Con la siguiente ecuación se puede calcular la tasa de generación anual actual de metano que emite el tiradero de residuos sólidos municipales, emitiendo los factores de incendio, nivel de cobertura de los residuos y el factor de corrección del metano, mismo que se utilizarán con la aplicación del modelo mexicano para el cálculo de la producción de metano futura. Para fines prácticos se presenta la emisión anual de metano con los datos de generación de residuos sólidos en la actualidad y aplicando la ecuación de primer orden tomada del modelo de Scholl Canyon:

$$Q_{CH_4} = (L_0)(R)(e^{-kc} - e^{-kt})$$

En donde:

Q_{CH_4}): Tasa de generación de biogás $m^3/año$

k: Índice de generación de metano(1/año) (Tomada del modelo mexicano)

Lo: Potencial de generación del metano (m^3/Mg) (Tomada del modelo mexicano)

R: Tasa del promedio anual de los residuos sólidos dispuestos en el año i $Mg/año$

T: Tiempo transcurrido desde la colocación de residuos en años

c: Tiempo transcurrido del cierre del tiradero (0 para activos)

Precipitación anual (MM / AÑO)	LO (M ³ /Toneladas)
0-249	60
250-499	80
≥500	84

Tabla 8 Generación potencial del metano Lo Modelo mexicano. (G, 2009)

Precipitación anual (mm/año)	K (por año)
0-249	0.040
250-499	0.050
500-999	0.065
>1000	0.080

Tabla 9 Índices de generación de metano K Modelo mexicano. (G, 2009)

Disposiciones generales del sitio final

Las disposiciones generales para la construcción de un relleno sanitario se encuentran desglosadas conforme a la norma, ver anexo II.

Depósitos de seguridad

Los rellenos sanitarios o vertederos controlados son diseñados para operar con residuos inertes y no peligrosos. Es decir, los residuos líquidos, neumáticos, residuos comburentes, explosivos, inflamables, corrosivos, oxidantes e infecciosos, además de los residuos que no cumplan criterios establecidos según la normativa de cada país, no deben de ser depositados en estos rellenos, es por ello, que los depósitos de seguridad actualmente funcionan como disposición final específicamente para los residuos peligrosos, los cuales de igual manera siguen un control y monitoreo en cuanto operación y normatividad.

CAPÍTULO IV EVALUACIÓN DEL CASO PRÁCTICO Y PROPUESTA

Diego no conocía la mar.

El padre, Santiago Kovadloff, lo llevó a descubrirla.

Viajaron al sur.

Ella, la mar, estaba más allá de los altos médanos, esperando.

Cuando el niño y su padre alcanzaron por fin aquellas cumbres de arena,
después de mucho caminar, la mar estalló ante sus ojos.

Y fue tanta la inmensidad de la mar,
y tanto su fulgor, que el niño quedó mudo de hermosura.

Y cuando por fin consiguió hablar, temblando, tartamudeando, pidió a su padre:

—¡Ayúdame a mirar!

Eduardo Galeano, el mar.

El desarrollo del presente capítulo tiene por objeto el análisis práctico y teórico de la evaluación ambiental del municipio de Xicotepec, siguiendo la metodología propuesta en el capítulo primero, referido a la planeación estratégica que contiene en sí misma, el diagnóstico y la planificación, así como la interpretación real de la evaluación ambiental tanto en la fase de proyectos que comprende la evaluación de impacto ambiental, como la evaluación ambiental estratégica de las políticas, planes y programas, obligando de esta manera a un estudio profundo del caso, tomando en cuenta el marco legislativo mexicano referente a la disposición final de los residuos sólidos sustentada a su vez en los sistemas de gestión integral de los residuos sólidos urbanos o municipales.

La información presentada en este capítulo es obtenida con base a estudios de campo como entrevistas, toma de datos, observación directa, asimismo, información obtenida mediante la investigación teórica con técnicas para estudio del estado actual y herramientas de mejora de productividad y eficiencia para generar alternativas con base al diagnóstico integrado, tomando en consideración las cualidades totales del sistema ensayado.

La evaluación ambiental estratégica se realiza de manera local, es decir, analizando las características del municipio, dado que actualmente en México no se cuenta con este tipo de instrumento ambiental para el desarrollo de planes, programas y políticas. Un primer acercamiento local permitirá observar hasta qué grado la evaluación ambiental estratégica para casos futuros, se podrá efectuar para la invención de nuevos planes ambientales a nivel regional y federal.

Alcance de la EAE en el municipio

Se lleva a cabo mediante dos pasos, el primero es un screening o la vista preliminar, consiste en decidir la aplicación cautelosa de la EAE, dadas las políticas, los planes o programas existentes o en su caso proponer nuevos PPP si existe la incertidumbre de los impactos ambientales negativos, el segundo es un scoping, en donde se focaliza el problema (issue), y las alternativas que serán aplicadas. Se define a la disposición de los residuos sólidos en el municipio de Xicotepec, como la problemática y se clasifican los niveles según la política, plan y programas en donde actuará la EAE y el proyecto en donde se aplica particularmente la EIA.

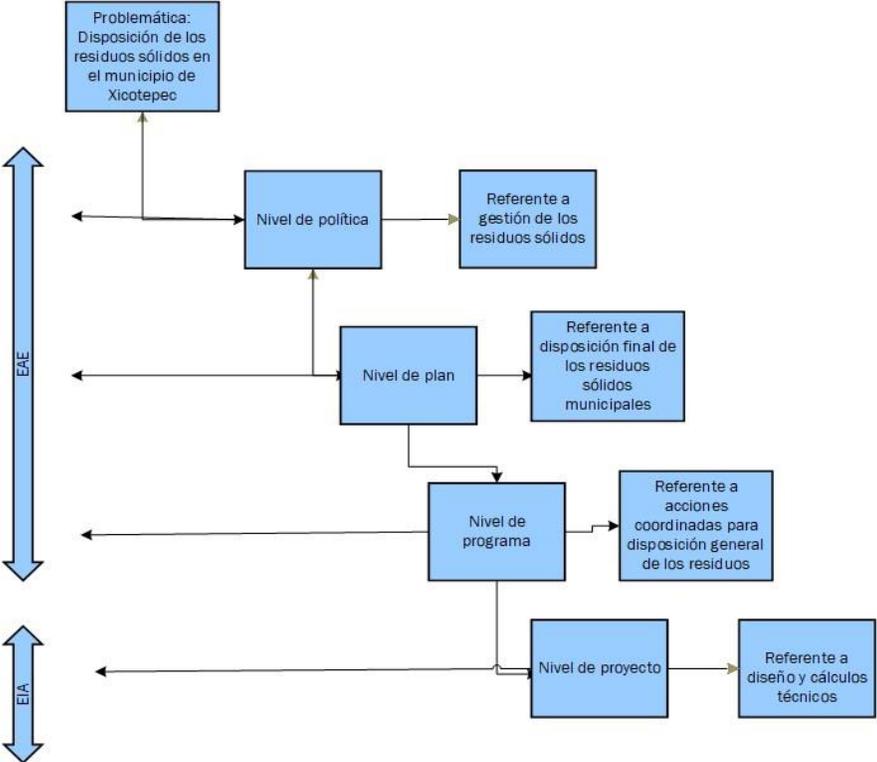


Ilustración 12 Esquematización de la EAE y EIA. Elaboración propia

Información general del municipio de Xicotepec

El municipio de Xicotepec⁸ se encuentra localizado en la Sierra Madre Oriental también llamada Sierra Norte del Estado de Puebla. Lo rodean los ríos, San Marcos, Metate, Santa Cruz y Necaxa. Sus coordenadas geográficas son los paralelos 20° 14' 18" y 20° 26' 12" de latitud norte y los meridianos 97° 45' 00" y 98° 03' 06" de longitud occidental y una altitud 1,180 m.s.n.m. Al norte, limita con el Municipio de Jalpan; al sur, con el de Tlaola; al oriente, con Zihuateutla y Juan Galindo, y al poniente con Tlacuilotepec.



Ilustración 13 Ubicación geográfica del municipio de Xicotepec (INAFED)

Cuenta con una superficie de 312.30 km² y en la cabecera específicamente una extensión de 6.62 km². Es el número 197 respecto al total de municipios en el estado de Puebla, además cuenta con ocho juntas auxiliares y veintidós rancherías.

⁸ La palabra Xicotepec proviene de *xicotepetl*, la cual tiene tres etimologías. En náhuatl tiene dos, la primera quiere decir “en el cerro de las avispas o xicotes” y a su vez, *xictli ohtli tépetl* que significa camino en el ombligo del cerro. En totonaco se nombra *kakolun*, que significa cerro viejo.

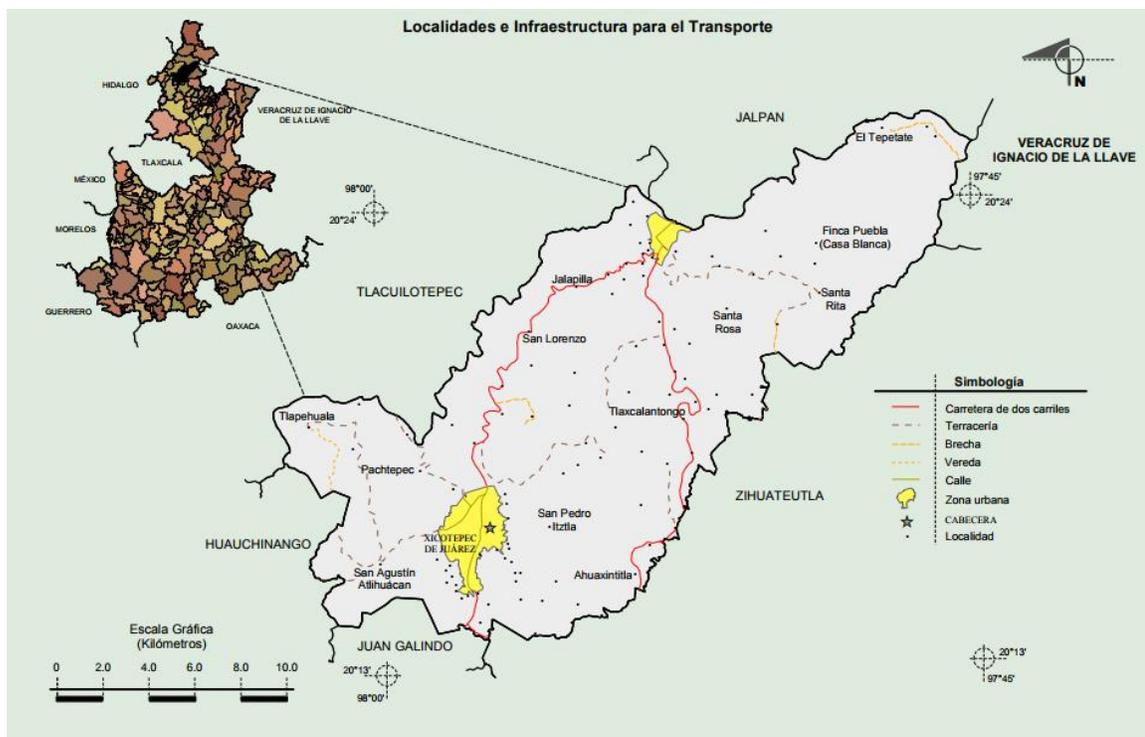


Ilustración 14 Localidades e infraestructura de transporte. INEGI. Marco Geoestadístico 2010, versión 4.3. INEGI. Información Topográfica Digital Escala 1:250 000 serie III

Descripción del medio humano y sociológico

Historia

El área geográfica de lo que ahora es el municipio de Xicotepec, primeramente fue habitada por grupos otomíes, 300 años A.C, más tarde la cultura totonaca tomó posición del territorio en el siglo V, D.C., sin embargo, las luchas entre las distintas etnias fueron constantes “*Huemac, soberano del Imperio Tolteca, en el año 1120, consume la conquista de Xicotepec; cinco meses después, los chichimecas se apoderaron del lugar permaneciendo hasta 1162, fecha en que los totonacos de Metlaltoyuca reconquistan el territorio. Por 1325 los acolhuas, guiados por Tlachotla, invaden Xicotepec. En 1432 Netzahualcóyotl, el Rey Poeta de Texcoco, designó a Quetzalpatzin, Tlaccatecutli de Xicotepec a quien le tributaban con plumas de aves*” (SEGOB, 2010), empero el Dios principal fue Xochipilli, protector de las artes.

Más tarde, para la consolidación de la ciudad, los españoles nombraron a ese territorio como San José Xicotepec en 1570, “*En el siglo XVII, Carlos III, Rey de España, crea el Ducado de Atlixco, designado a uno de los Hernández de*

Valladares, Márquez de Moctezuma y Duque de Atlixco, que abarcaba Atlixco, Tepeaca, Huauchinango y Xicotepec. Asonada el 2 de marzo de 1829” (SEGOB, 2010).

A causa de la muerte del general Venustiano Carranza en Tlaxcalantongo, localidad perteneciente al municipio, la ciudad de Xicotepec fue nombrada capital del país, esto, por espacio de algunos días. En 1898, la ciudad de Xicotepec, fue nombrada oficialmente como municipio libre y para 1977, se eleva la categoría a Distrito federal, finalmente en 1953 recibe el nombre de ciudad de Xicotepec de Juárez.

Población

El municipio de Xicotepec, cuenta con una población total de 81,455 habitantes siendo 20,636 las viviendas particulares habitadas registradas según los datos de la Secretaría de Desarrollo Social reflejadas en el *Informe anual sobre la situación de pobreza y rezago social 2017*. La población tiene una tasa de crecimiento media anual de 1.6%, una población femenina en edad de trabajo relativamente mayor a la masculina, además de un grado de marginación medio con cobertura de servicios básicos para las viviendas de entre 70% y 90%. Xicotepec presenta un promedio de 3.95 habitantes por vivienda.

En las características etnográficas el Municipio se constituye de población originaria de los pueblos indígenas tales como totonacos, nohoas y otomís, siendo aproximadamente el 5% del total de la población.

Actividades primarias, secundarias y terciarias

Las actividades económicas que se ejecutan en el municipio de Xicotepec son desde las primarias hasta las terciarias, es decir, en la producción agrícola, Xicotepec *produce café, plantas de ornato, florícolas y curativas, cítricos, caña de azúcar, maíz, frijol, tomate, fruta silvestre, etc. En el ramo ganadero; bovino de carne, en el ramo industrial; conexiones, tuberías, motobombas, maquinaria cafetera, tabique prensado, maquilas de ropa, artículos de hule y plástico, vinos y licores, en la rama pesquera; acamaya, chacal, anguila, trucha, huevina, bobo, xlote, en el ramo minero, barro gris, barita y bauxita.* (Xicotepec G. N., 2000)

Además, cuenta con Hoteles, restaurantes, hospitales, laboratorios, talleres, escuelas de todos los niveles, autotransportes, farmacias, refaccionarias, etc.

Descripción medio físico y biológico

Orografía

En su orografía, Xicotepec muestra montañas, valles y mesetas para la conformación de su relieve característico, presenta una región occidental bastante accidentada con ascensos y descensos con una declinación constante hacia el río San Marcos.

Mantiene un declive septentrional de la Sierra Norte hacia el Golfo conformando el paisaje con chimeneas volcánicas, lomas aisladas y sierras individuales paralelas y comprimidas formando altiplanicies intermontañas escalonadas. La zona de la cabecera, Xicotepec de Juárez, mantiene una planicie respecto a los cerros que la rodean los cuales son al norte, Xictepec, al sur, Mextépetl, y al noreste, Cacalotépetl.

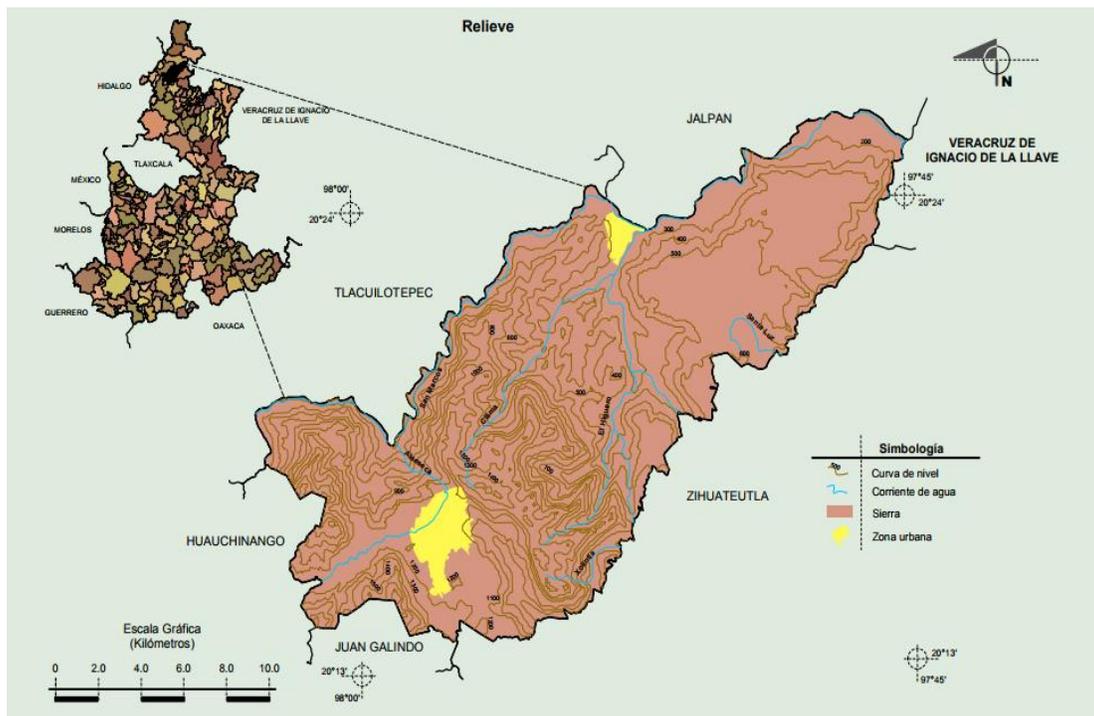


Ilustración 15 Relieve. INEGI. Marco Geoestadístico 2010, versión 4.3. INEGI. Información Topográfica Digital Escala 1:250 000 serie III. INEGI. Continuo Nacional del Conjunto de Datos Geográficos de la Carta Fisiográfica 1:1 000 000, serie I. INEGI-CONAGUA. 2007. Map

Hidrografía

El municipio conforma “la vertiente septentrional del estado de Puebla, formada por las distintas cuencas parciales de los ríos que desembocan en el Golfo de México, y que se caracteriza por sus ríos jóvenes e impetuosos, con una gran cantidad de caídas”((SEGOB, 2010).

El río San Marcos, que recorre todo el norte del municipio en dirección Oeste-Este, sirve de límite con Tlacuilotepec y Jalpan, y constituye el principal formador del Cazonos, que desemboca en el Golfo.

El río Metate se encuentra al oriente del municipio en dirección sur-norte, coincide con los los ríos Cilima, Los Limones, Pita, Nactanca, Axocopatitla, y La Magdalena, antes de unirse al San Marcos. Los ríos Santa Luz, Amixtlán, El Metate y Noche Oscura se intersectan al noreste hasta unirse al San Marcos, por último, el arroyo Sucio recorre la porción meridional y desemboca en el Necaxa, afluente del Tecolutla, todos los anteriores presentan a su paso arroyos.

Climas

La variabilidad de altitudes representa diversos tipos de climas en el Municipio, en función de la precipitación pluvial, temperatura y presión atmosférica. El “clima semicálido subhúmedo con lluvias todo el año; temperatura media anual mayor de 18°C; temperatura del mes más frío entre -3° y 18°C; precipitación del mes más seco mayor de 40 milímetros; la lluvia invernal con respecto a la anual es menor en un 18 por ciento. Es el clima predominante, se identifica en la porción central y meridional” (SEGOB, 2010).

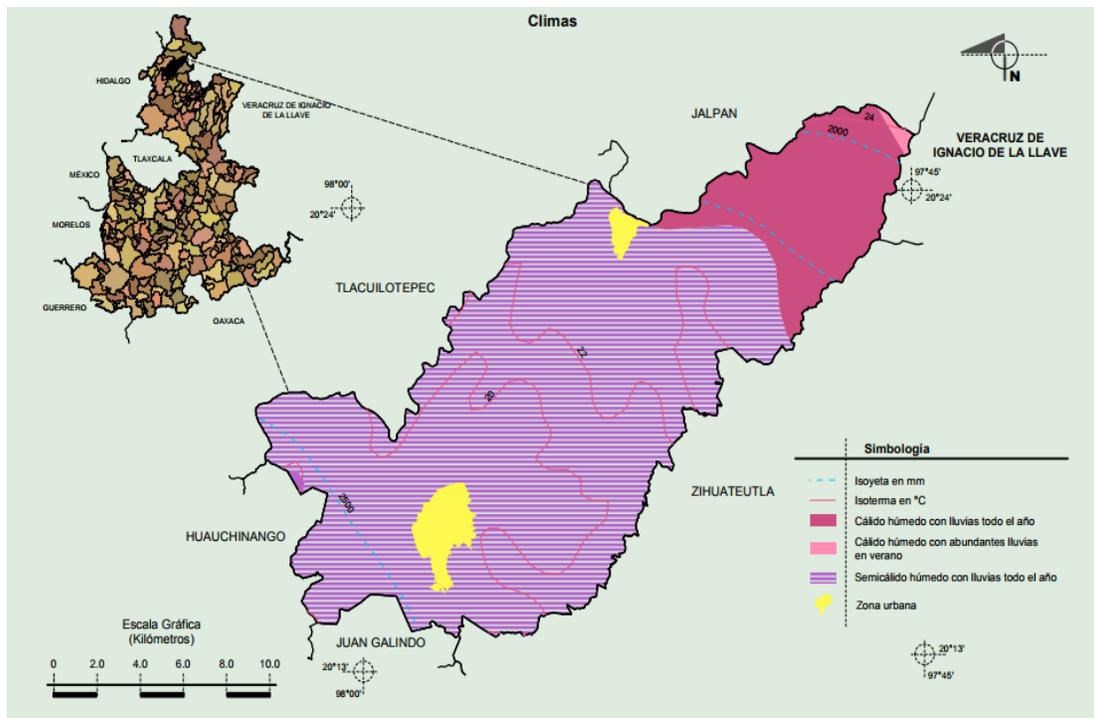


Ilustración 16 Climas INEGI. Marco Geoestadístico 2010, versión 4.3. INEGI. Continuo Nacional del Conjunto de Datos Geográficos de las Cartas de Climas, Precipitación Total Anual y Temperatura Media Anual 1:1 000 000, serie I

Así mismo, el municipio presenta otro tipo de clima referido al “cálido-húmedo con lluvias todo el año; temperatura media anual mayor de 22°C; temperatura del mes más frío mayor de 18°C; la lluvia invernal con respecto a la anual es menor de 18 por ciento; la precipitación del mes más seco es mayor de 60 milímetros” (SEGOB, 2010). Por lo que el municipio presenta una variación de 7.5°C de temperaturas durante el año, una precipitación de hasta 361 mm en el mes más lluvioso y una precipitación pluvial total de 2789 mm anual.

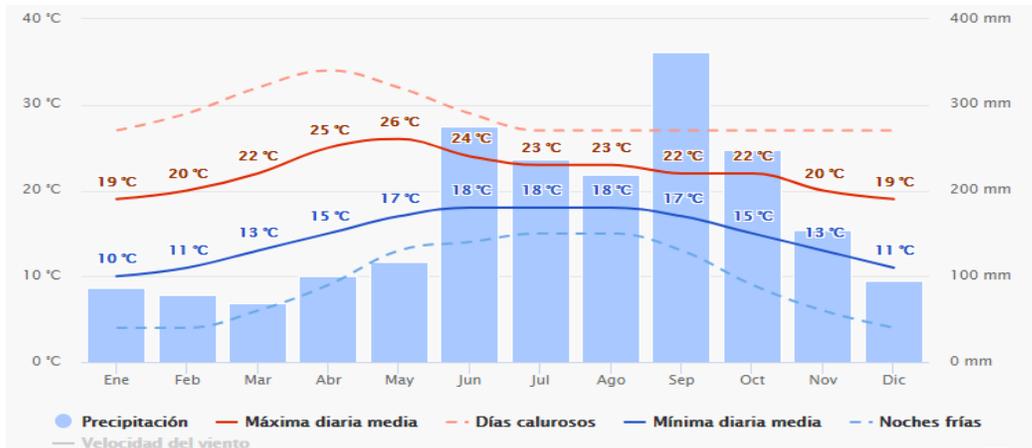


Ilustración 17 Media de temperatura y precipitación. (Meteoble, 2017)

La temperatura mínima que se registra es de 0° y una media anual por los dos tipos de clima de 22°, además de tormentas eléctricas y probabilidad de ocurrencia de heladas.

Dirección del viento

La rosa de los vientos indica que los vientos preponderantes en Xicotepec de Juárez, la cabecera municipal, viajan de Suroeste a Noreste con una velocidad aproximada de 12 km/h a 19km/h. Además, indica una dirección de Oeste Suroeste hacia Este Noreste de 5 km/h hasta los 19 km/h.

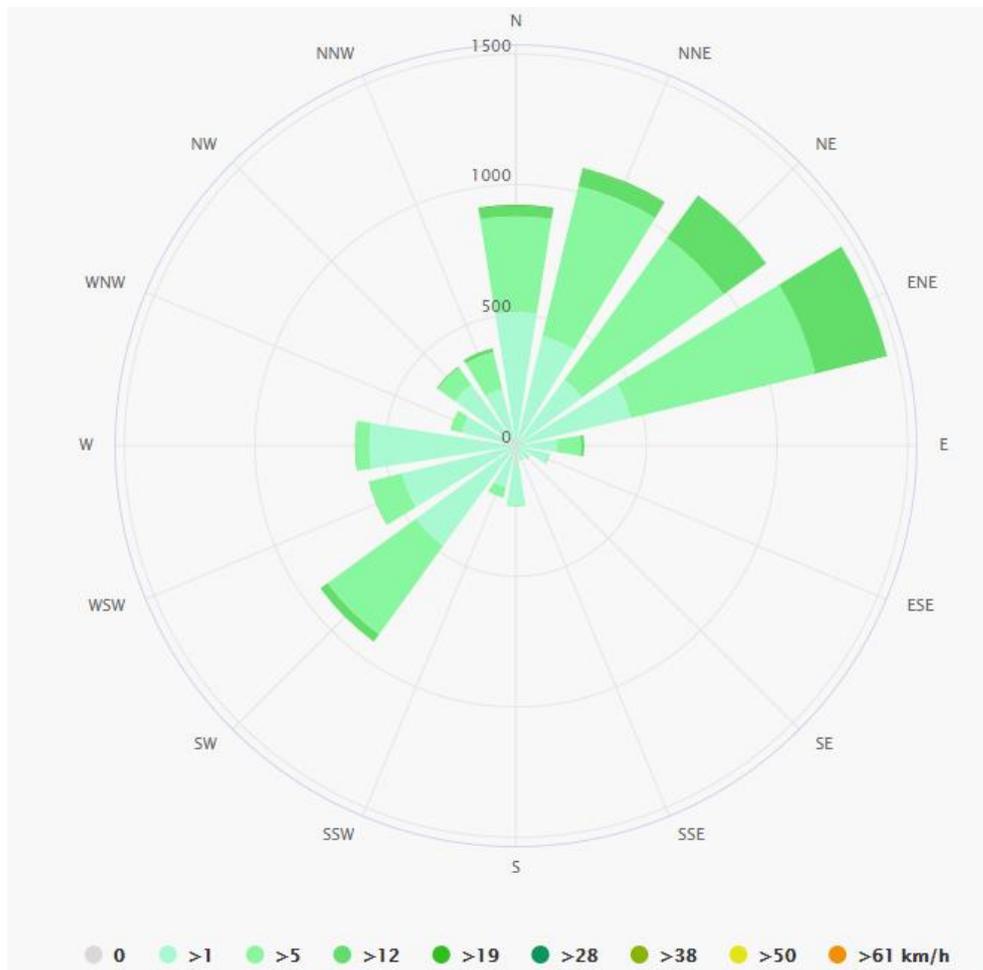


Ilustración 18 Rosa de los vientos Xicotepec de Juárez. (Meteoble, 2017)

Flora y fauna

Presenta pocas áreas con vegetación natural como áreas de selva alta perennifolia al Noreste y Sureste y Centro-Este. Por otro lado, predominan los bosques de encino, bosque mesotilo de montaña, bosque de ocozote, bosque de encino-pino y variedad de plantas desde curativas hasta las de ornato. El siguiente mapa muestra una vista al suelo y la vegetación existente marcada por zonas en el área del municipio de Xicotepec y colindancias.

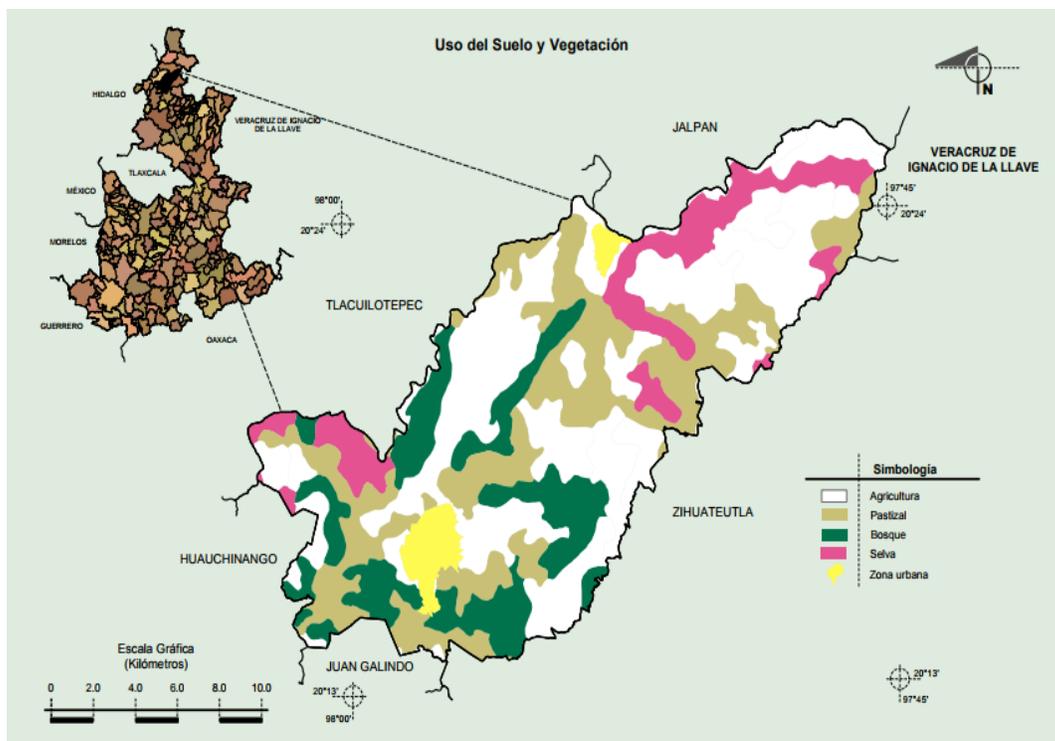


Ilustración 19 Uso del suelo y vegetación. INEGI. Marco Geoestadístico 2010, versión 4.3. INEGI. Conjunto de Datos Vectoriales de Uso del Suelo y Vegetación Serie III Escala 1:250 000

En la fauna presenta una vasta diversidad como: “*tigrillo, zorra, armadillo, ardilla, tlacuache, hurón, conejo, venado, temazate, tejón, mapache, tuza, marta, coyote, zorrillo, rana, sapo, abeja, abejorro, sinclina, clalizate [...] trucha, huevina, xolote, etc.*” (Xicotepec, 2000).

Características y uso del suelo

La extensión del municipio presenta cinco tipos de suelo, como lo son:

Cambisol: Se desarrollan las actividades agropecuarias, sometidos a fertilizaciones dadas las características de arcillosos y pesados, este tipo de suelo tiene problemas para su manejo. Se localiza en una extensa “*área del extremo oriente y en la porción central presenta fase lítica (roca a menos de 50 centímetros de profundidad)*” (SEGOB, 2010).

Acrisol: Suelos muy pobres en nutrientes, pueden realizarse actividades agropecuarias mediante fertilización y encalado frecuente pero no tan productivos, son aptos para la deforestación. Se encuentran en diversos sitios del municipio.

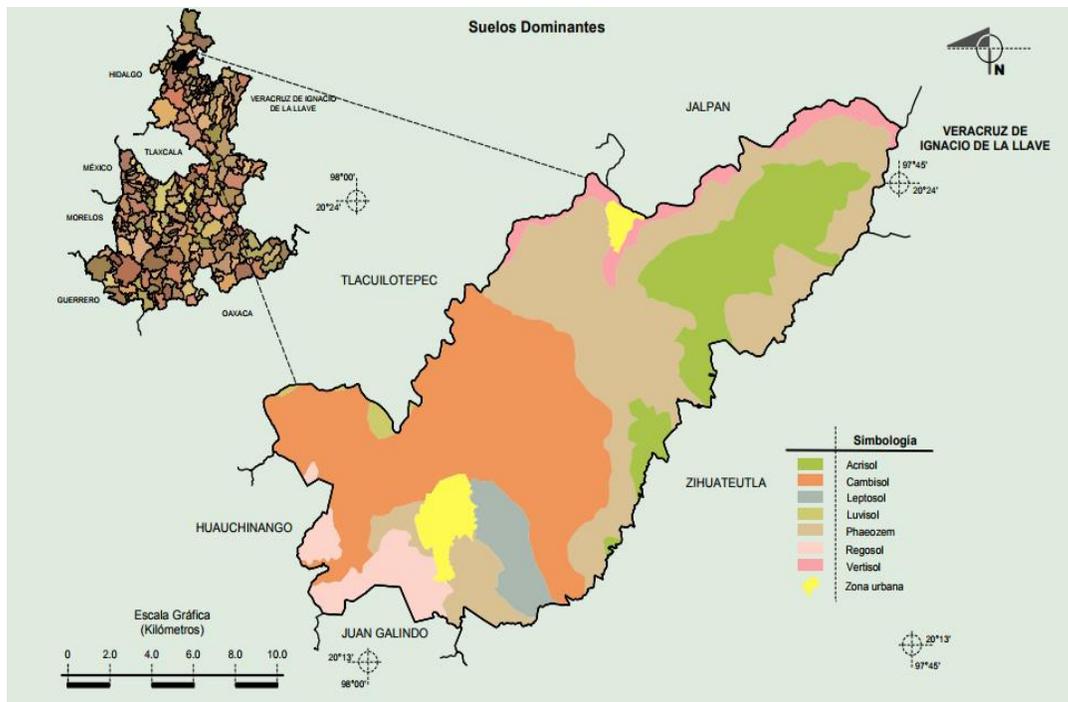


Ilustración 20 Suelos dominantes. INEGI. Marco Geoestadístico 2010, versión 4.3. INEGI. Conjunto de Datos Vectorial Edafológico, Escala 1:250 000, Serie II (Continuo Nacional).

Regosol: Suelos formados por material suelto como dunas, cenizas volcánicas o playas, de igual forma son muy pobres en nutrientes o infértiles. “Se sitúan en extensas áreas al Suroeste, Centro y Noreste, presenta fase lítica o gravosa (fragmentos de roca o tepetate menores de 7.5 centímetros de diámetro en el suelo)” (SEGOB, 2010).

Leptosol: Los Leptosoles (del griego leptos, delgado), que se conocen en otras clasificaciones como Litosoles y Redzinas, son suelos muy delgados, pedregosos y poco desarrollados que pueden contener una gran cantidad de material calcáreo. Tienen una capa superficial rica en materia orgánica, pero también pueden presentar problemas de manejo agrícola por la escasa retención de humedad debido a lo somero del suelo y alta cantidad de afloramientos rocosos. (SEMARNAT, Informe de la situación del medio ambiente en México, 2012)

Vertisol: Presentan textura arcillosa y pesada además de grietas cuando secan. “Presentan dificultades para su labranza, pero con manejo adecuado son aptos para una gran variedad de cultivos; si el agua de riego es de mala calidad pueden

salinizarse; su fertilidad es alta” (SEGOB, 2010). Se encuentran a los alrededores del río Ciloma.

Litosol: Suelos con espesor de hasta 10 centímetros sobre roca o tepetate. Se pueden encontrar en una franja en la porción meridional, pero no son aptos para los cultivos por lo que pueden ser útiles para el pastoreo.

Zonas arqueológicas

Existe un monumento histórico de carácter indígena en el municipio llamado Xochipila, es un santuario que tiene la finalidad de ser adoratorio y observatorio. Construcción prehispánica de forma apilonada que se caracteriza por dos columnas de rocas, con dimensiones de 5 metros de altura por 7 metros de diámetro. El valor cultural radica en la singularidad del santuario, dado que es el segundo centro ceremonial en Latinoamérica, tan sólo después de Machu Pichu, en Perú.

Se rendía culto los martes y viernes, para magia negra y blanca, hasta 1940. Actualmente en el 24 de junio es un día destinado para celebrar y adorar dicho santuario.

Áreas naturales protegidas

Xicotepec es uno de los trece municipios de los Estados de Puebla e Hidalgo que se encuentra en una zona protegida, nombra desde 20 de octubre de 1938 decretada como Zona Protectora Forestal Vedada los terrenos que limitan la Cuenca Hidrográfica del Río Necaxa, renombrado el 9 de septiembre del 2002, como Área de Protección de Recursos Naturales Zona Protectora Forestal Vedada “Cuenca Hidrográfica del Río Necaxa” con una superficie total de 42,261,177.49 Has. (CONANP, 2011)

La superficie está dividida por propiedad social, privada y federal donde el municipio cuenta con 1100 propiedades sociales, 106.30 propiedades privadas y 8.44 propiedades federales. La vegetación presente es bosque de pino, bosque de pino y encino, bosque mesofilo de montaña, bosque en galería, selva mediana perennifolia y relictos selva alta perennifolia.

La NOM- 059-SEMARNAT-2001 enlista las especies de flora y fauna protegidas, *“la flora vascular del APRN es rica y variada. Está compuesta aproximadamente por*

874 especies. 36 de ellas se encuentran bajo alguna categoría de riesgo de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2001; encontrándose 119 familias de plantas vasculares, 48 especies de helechos, 36 especies de orquídeas, 23 especies de encinos, y una gran diversidad de bromelias”. (CONANP, 2011)

El valor de esta área protegida radica en algunas características como zona para la gran producción de agua, regulación climática, producción de oxígeno, captación de CO₂, además de la belleza natural paisajista.

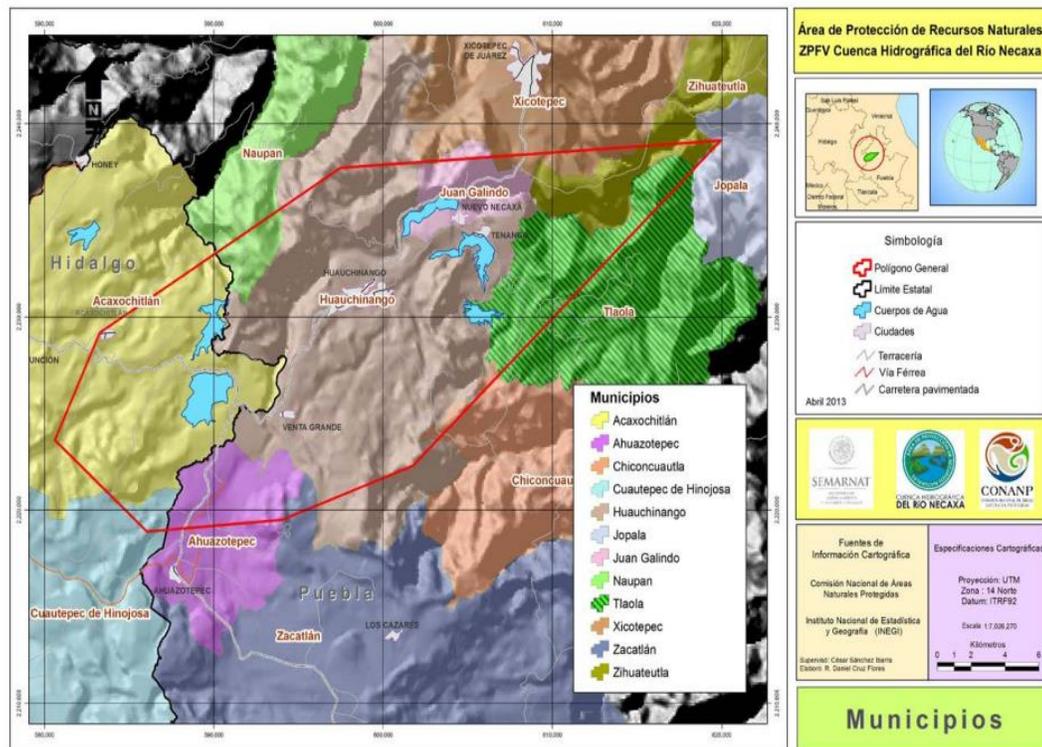


Ilustración 21 Área de Protección de Recursos Naturales “ZPFV Cuenca Hidrográfica del Río Necaxa” (CONANP, 2011)

Las siguientes localidades pertenecientes al municipio de Xicotepec son las que se encuentran en la ZPFV Cuenca Hidrográfica del Río Necaxa, con una población total de 819 habitantes, además los hablantes totales de una lengua indígena son dentro del área protegida son los mismos 819 habitantes refleja un 5% de población hablante.

Localidad	Población
Arroyo seco	19
Dos caminos	253
El jonote	132
Los naranjos	64
Monte grande de Zaragoza	351

Tabla 8 Hablantes de lenguas indígenas en el municipio de Xicotepec

Descripción del marco institucional

Marco Institucional

El marco normativo hace referencia a los instrumentos que ayudan para la gestión y disposición de los residuos sólidos en el municipio de Xicotepec. Dada la jerarquía de la organización en el municipio actualmente, el *Organismo Operador del Servicio de Limpia* es el área encargada de la manipulación de los RSM, al mismo tiempo, trabaja bajo el mando de la Secretaría de Infraestructura y Servicios Públicos. A continuación, se presenta el organigrama que rige y gestiona el manejo de los residuos sólidos en el municipio, de acuerdo a la presente administración municipal.

Organigrama y jerarquía del municipio de Xicotepec

Secretaria de desarrollo urbano rural y medioambiente.

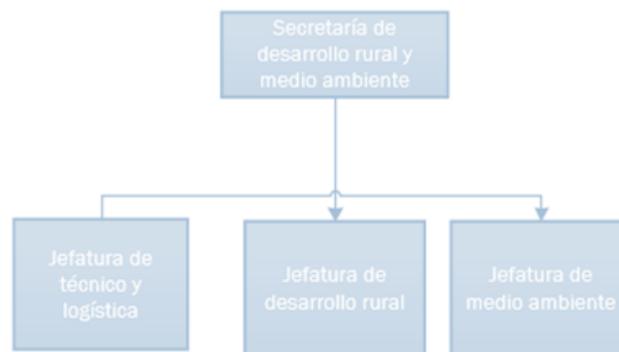


Ilustración 23 Organigrama de la Secretaria de desarrollo urbano rural y medioambiente Elaboración propia con datos de Xicotepec H. A.-2., 2014-2018.

Secretaría de infraestructura y servicios público

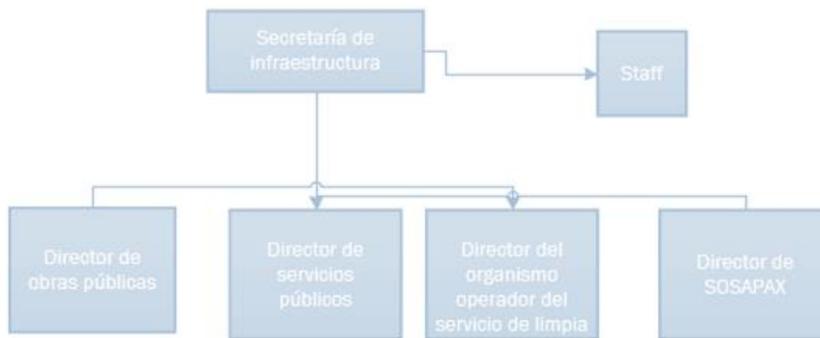


Ilustración 24 Secretaría de infraestructura y servicios públicos. Elaboración propia con datos de Xicotepec H. A.-2., 2014-2018.

Organismo operador de los servicios de limpia

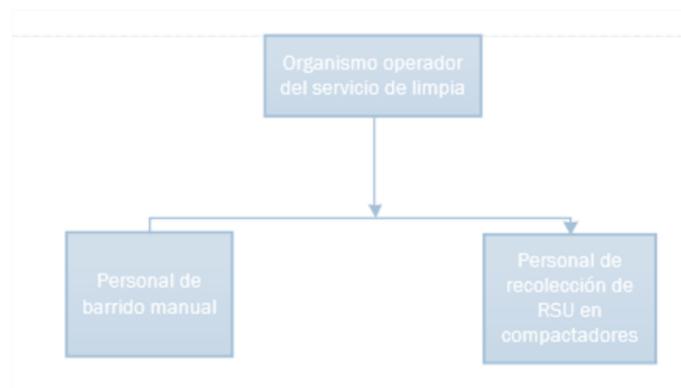


Ilustración 25 Organismo Operador del Servicio de Limpia. Elaboración propia con datos de Xicotepec H. A.-2., 2014-2018.

De acuerdo a las jerarquías establecidas en el ayuntamiento municipal, la aplicación del marco normativo se hace según la designación de mando y cargo, así como la asignación de objetivos y programas que son enunciados en el Plan de Desarrollo Municipal.

[Ley de ingresos 2017](#)

Capítulo I. Art. 2 Ingresos. Derechos. - 9. Por servicios especiales de recolección, transporte y disposición final de desechos sólidos.

Presupuesto de ingresos 2015 con actualización de marzo 2016

4	DERECHOS			13,616,682.00
41	DERECHOS POR EL USO, GOCE, APROVECHAMIENTO O EXPLOTACIÓN DE BIENES DE DOMINIO PÚBLICO.		0.00	
43	DERECHOS POR PRESTACIÓN DE SERVICIOS		3,436,146.00	
4301	Servicio de agua potable		0.00	
4302	Servicio de alumbrado público	1,893,146.00		
4303	Servicio de rastro o lugares autorizados	1,475,000.00		
4304	Servicio de panteones	68,000.00		
44	OTROS DERECHOS		10,180,536.00	
4401	Obras materiales	6,900,000.00		
4402	Ejecución de obras públicas	20,000.00		
4403	Expedición de certificaciones y otros servicios	1,342,985.00		
4404	Recolección de desechos sólidos	144,489.00		
4405	Limpieza de predios no edificados	0.00		
4406	Explotación de bancos de material	83,300.00		
4407	Expedición de licencias de bebidas alcohólicas	975,000.00		
4408	Anuncios y carteles publicitarios	135,000.00		
4409	Antirrabico	0.00		
4410	Espacios del patrimonio público	179,762.00		
4411	Servicios de Catastro	400,000.00		
45	ACCESORIOS		0.00	

Tabla 9 Pago de derechos (Xicotepec H. A.-2., 2014-2018)

Bando de Policía y buen gobierno

Capítulo III. De las infracciones y sanciones

Artículo 17. Fracción XXI. Arrojar basura a lugares públicos. Fracción LIX.

Abandonar vehículos que sirvan de tiradero clandestino.

Reglamento de Limpieza, Recolección y Aprovechamiento de la Basura del Municipio de Xicotepec

Capítulo I. Disposiciones generales

Capítulo II. Ámbitos de competencia.

Capítulo III. Funciones del servicio público de limpia

Capítulo IV. De los derechos y obligaciones de los ciudadanos

Capítulo V. Transporte de residuos sólidos no peligrosos

Capítulo VI. De los comerciantes ambulantes, mercados y prestadores de servicio

Capítulo VII. Disposición final

Capítulo VIII. Participación ciudadana

Capítulo IX. Faltas al reglamento

Capítulo X. Sanciones

Reglamento de Preservación de la Imagen Urbana

- ✚ Artículo 45. Prohíbe tirar residuos, entre otras cosas que afectan el ambiente.

Reglamento interno del Organismo Operador del Servicio de Limpia

- ✚ Capítulo I. Reglas para todo el personal del organismo
- ✚ Capítulo II. Obligaciones y responsabilidades de los operadores de camión compactador
- ✚ Capítulo III. Reglas y responsabilidades de recolectores
- ✚ Capítulo IV. Reglas para personal de barrido manual
- ✚ Capítulo V. funciones y responsabilidades el subdirector del organismo
- ✚ Capítulo VI. Funciones y responsabilidades del director del organismo.

Plan de Desarrollo Municipal 2014-2018

Consta de cinco ejes operativos, los cuales son eje uno; Seguridad protectora y justicia distributiva, eje dos; Prosperidad económica, eje tres; Municipio seguro, eje cuatro; Desarrollo urbano, eje cinco: Gobierno de resultados. Funciona con base a objetivos particulares y un objetivo general, así como estrategias en cada nivel, una misión y visión general del general del municipio. También se desarrolla dentro del documento una sección que enuncia planes de acción los cuales generalizan los programas y las líneas de política a efectuar.

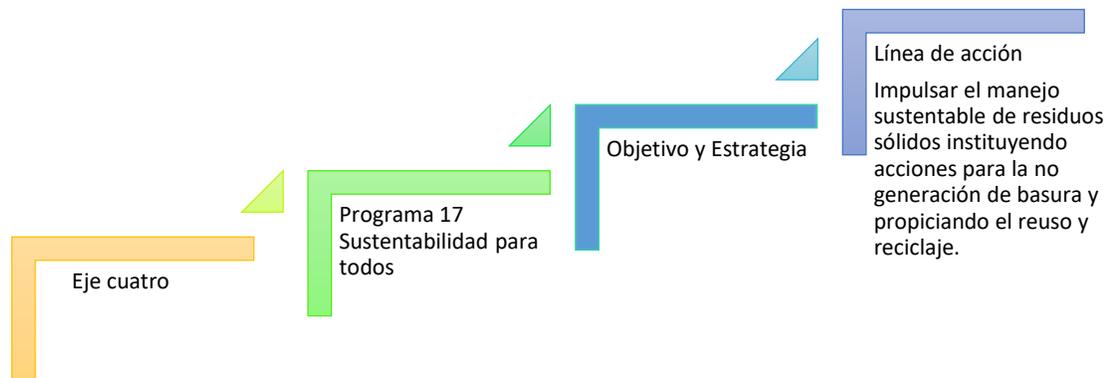


Ilustración 26 Ejes para el desarrollo municipal de Xicotepec. Elaboración propia.

Para complementar el diagnóstico, a continuación, se proyecta una tabla donde se califica la capacidad de intervención por parte de los organismos que tienen la

competencia y la responsabilidad en el ámbito de objeto, el manejo de los residuos sólidos en el municipio.

	Capacidad legal de intervención	Capacidad financiera de acción	Capacidad técnica de acción	Eficacia en trayectoria histórica en acción	Total
Organismo Operador de Servicio de Limpia	5	3	2	3	13
Obras públicas	5	4	3	1	13
Jefatura de medio ambiente	5	3	2	1	11
Participación ciudadana	4	1	2	2	9

Tabla 10 Tabla para sintetizar el diagnóstico del marco institucional. Elaboración propia

Escala de 1 a 5, donde 5 es la ponderación mayor y 1 es la menor capacidad de intervención.

Como se puede observar, el principal actor que interviene actualmente y tienen la capacidad de hacerlo legalmente es el Organismo Operador del Servicio de Limpia, sin embargo, casi a la par que la Jefatura de medio ambiente, no cuentan con el presupuesto amplio o la capacidad técnica para la intervención eficaz en un sistema de gestión de residuos sólidos, paralelo a ello, otro actor, es la dirección de obras públicas que junto con el nuevo enfoque institucional de ejes de acción, es necesario propiciar y platear su intervención tanto en la parte financiera como en la parte técnica. Por último, la jefatura de medio ambiente necesita realizar una agenda donde se involucre la participación institucional, así como la ciudadanía en temas de restauración y creación de proyectos para el buen manejo de los residuos sólidos.

Programa Presupuestario 2017

El presupuesto es asignado de acuerdo a la colaboración de secretarías o direcciones en el municipio, asignado a través de programas, los cuales se evalúan siguiendo indicadores de calidad, con el fin de conocer la eficacia y la gestión de los mismos.

- ✚ Programa Economía sustentable: Secretaría General, Secretaría de desarrollo rural y medio ambiente, Dirección de Abasto y Comercio, Rastro Municipal, Dirección de Turismo, Dirección de Cultura, Dirección de Catastro e Impuesto Predial.

Total, de 12,287,729.20 MXN

- ✚ Programa Crecimiento Organizado: Secretaría de Infraestructura y Servicios Públicos, Organismo Operador del Servicio de Limpia, Parques y Jardines, Panteón Municipal, Cunetas y Drenajes, Unidad de transparencia.

Total, de 110,901,647.40 MXN

Razones financieras

A continuación, se presentan las razones financieras con base a los estados financieros del municipio de Xicotepec tomados directamente del portal de Transparencia del municipio.

Liquidez:

$$\begin{aligned} (\text{Activo circulante})/(\text{Pasivo circulante}) &= (142,449,156.05)/(37,677,858.33) \\ &= 3.78 \end{aligned}$$

La razón de liquidez anterior indica la capacidad que tiene actualmente el municipio para cubrir sus necesidades a corto plazo, preferiblemente menores a un año, es decir, cada 3.78 pesos de tiene un peso de obligaciones a corto plazo.

Capital de trabajo:

$$\begin{aligned} \text{Activo circulante} - \text{Pasivo circulante} &= 142,449,156.05 - 37,677,858.33 \\ &= 104,771,297.72 \end{aligned}$$

Es lo que el municipio tiene para poder reinvertir, es decir, el capital de trabajo actual.

Endeudamiento:

$$(\text{Pasivo total})/(\text{Activo total}) = (111,429,767.33)/(612,513,232.08)$$

$$= 0.181922$$

Refleja la estabilidad que presenta la entidad para hacer frente a imprevistos y poder mantener la solvencia en condiciones desfavorables, por ello indica la proporción del activo que es financiada por terceros.

Razón de endeudamiento:

$$(Deuda\ pública)/(Activo\ total) = (73,751,909.00)/(612,513,232.08) \\ = 0.12$$

Es la razón de endeudamiento, en este caso la deuda es pública a largo plazo del municipio, midiendo la capacidad de pago que tiene el mismo para liquidar.

Movilidad del activo circulante:

$$(Activo\ circulante)/(Activo\ total) = (142,449,156.05)/(612,513,232.08) \\ = 0.23256$$

Diagnóstico del estado actual del manejo de los RSM

Xicotepec, es un municipio que presenta un sistema de recolección de los residuos sólidos municipales simple, la investigación de campo con entrevistas y guías de verificación, han arrojado información técnica escasa, dadas los nulos controles y seguimiento documentado a los residuos sólidos municipales, pero al mismo tiempo la información recogida es suficiente para conocer el estado actual del manejo y gestión de los residuos sólidos.

Dado que en México no existe una normalización de los sistemas de gestión para los residuos sólidos ha sido difícil para el municipio establecer las pautas, metas, objetivos y compromisos con la población para poder llevar a cabo un correcto manejo de los residuos.

El sistema de manejo de los residuos sólidos municipales comienza con una generación de 40 toneladas diarias en toda la comunidad según datos obtenidos de manera directa por los responsables del servicio de limpia del municipio, a continuación, se presentan los cálculos requeridos para la estimación de la generación per cápita de residuos con base a los datos generados por el municipio.

Generación per cápita

La estimación de la generación per cápita de residuos sólidos municipales se realiza en el presente trabajo con base a cálculos tanto teóricos, de información nacional del estado de los RSU, así como prácticos, obtenidos en el diagnóstico del caso.

Producción total de residuos sólidos municipales: 40,000kg

Población: 81,455 habitantes

$$Gpc = 40,000/81,455 = 0.491068 \text{ kg/hab/diario}$$

En comparación con este dato teórico se presenta una gráfica

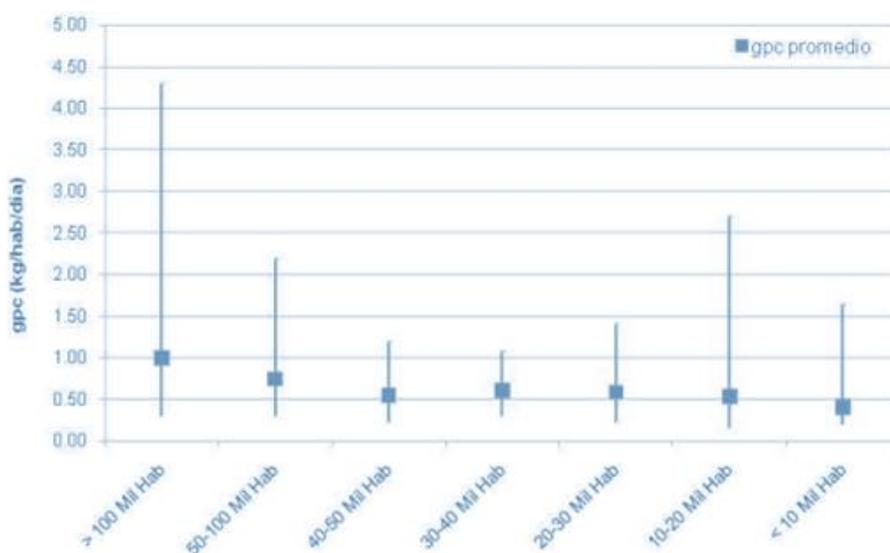


Ilustración 27 Generación per cápita por tamaño del municipio (INECC-SEMARNAT, 2012)

Lo que arroja que, el municipio de Xicotepec de acuerdo a la cantidad de 81,455 habitantes pertenece al rango promedio de generación per cápita de aproximadamente 0.60 kg/hab/día

Ahora bien, se puede establecer un cálculo conforme al número de viviendas totales en el municipio de Xicotepec y el promedio de habitantes que habitan en cada vivienda, ya sea para obtener la generación de residuos per cápita o bien por vivienda. Según el último “Informe de anual sobre la situación de pobreza y rezago social 2017”, Xicotepec cuenta con 20, 636 viviendas actualmente y de acuerdo INEGI, el municipio cuenta con un promedio de 3.95 habitantes por vivienda,

pudiendo redondear este promedio al valor de 4, mismo valor que el promedio de habitantes en el Estado de Puebla.

$$\begin{aligned} \text{Viviendas totales} \times \text{promedio de habitantes por vivienda} &= \text{habitantes totales} \\ 20,636 \times 4 &= 82,544 \text{ habitantes totales} \end{aligned}$$

$$G_{pc} = 40,000 \text{ kg/día} / 82,544 \text{ habitantes} = 0.484590 \text{ kg/hab/día}$$

$$\begin{aligned} G_{pv} &= 0.484590 \text{ kg/hab/día} \times 4 \text{ habitantes por vivienda} = 1.93836 \\ &\approx 2 \text{ kilogramos por vivienda} \end{aligned}$$

Peso volumétrico

De acuerdo al análisis teórico que se ha realizado el peso volumétrico útil de algunos municipios estudiados en toda la república mexicana, se ha tomado el dato de un peso volumétrico promedio de acuerdo a la generación de residuos sólidos por municipio, así como el tamaño superficial del mismo, todo esto debido a la dificultad técnica y económica de realizar estudios de campo.

“Los valores promedios, máximos y mínimos de peso volumétrico por intervalo de población y región del país ..., en los valores promedio se observa que son muy similares sin importar el tamaño de los municipios, con variaciones del 0.3 al 6%” (INECC-SEMARNAT, 2012), por lo que, se deja peso volumétrico del municipio de 153.12 kg/m^3 .

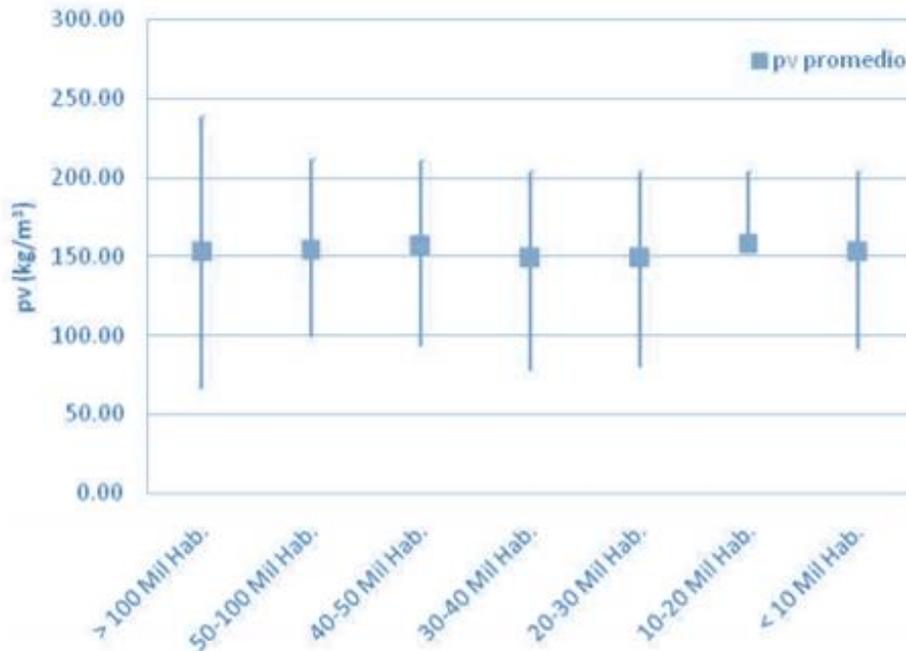


Ilustración 28 Peso volumétrico promedio nacional (INECC-SEMARNAT, 2012)

Composición de los residuos sólidos municipales

Durante el diagnóstico hecho mediante encuestas y entrevistas directas a los servidores del Organismo Operador del Servicio de Limpia del municipio de Xicotepec se ha encontrado información acerca de la cantidad aproximada de residuos sólidos municipales de tipo orgánicos presentes, los cuales rondan entre un 70% y una caracterización general a lo que ellos lo nombran como residuo reciclable aproximadamente del 15%, un 1% de residuo peligroso como jeringas y medicamentos, además, el municipio se encuentra actualmente gestionando la recogida selectiva de pilas mediante un programa municipal, así como neumáticos, los cuales los maneja directamente los operadores del servicio de limpia.

Al resto de los residuos calculados aproximadamente con la experiencia de la recolección, se calcula un porcentaje promedio del 16%, dentro de los cuales se encuentran residuos inertes, residuos de construcción y demolición, residuos susceptibles a ser valorizados y reciclados, así como residuos de aparatos electrónicos que no son gestionados por la pepena. Con esta información recopilada se pudo presentar a grandes rasgos una aproximación general de la composición de los residuos sólidos municipales.

RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES APROXIMACIÓN

■ Residuos Orgánicos ■ Residuos reciclables ■ Residuos peligrosos
■ Pilas gestionadas ■ Neumáticos ■ Otros residuos

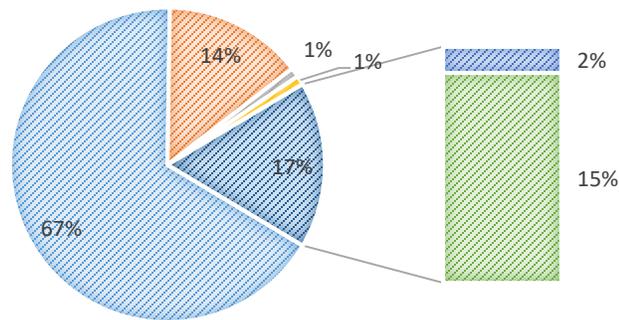


Ilustración 29 Residuos sólidos municipales gestionados aproximación. Elaboración propia.

Además, esta composición que se conoce en el municipio pasa por tres fases de pepena antes de ser dispuestos finalmente en el sitio destinado por el municipio. La primera fase de pepena se realiza en los contenedores establecidos, mayoritariamente en la zona centro, espacios culturales y atractivos turísticos, en donde se tienen contenedores diferenciados entre residuos orgánicos e inorgánicos, la segunda fase, es la pepena domiciliaria o bien por cuadra, en donde los pepenadores del municipio se encargan de hacer una segunda depuración de los supuestos residuos reciclables, así como los residuos que sirvan para ser usados o bien, sirvan aún como alimentos, por último, la tercera pepena se realiza en el tiradero de basura a cielo abierto, en donde se disponen todos los residuos sólidos municipales, aquí las personas dedicadas a la pepena realizan una última revisión de los residuos para valorar el reúso o reciclaje final. Existe una pepena que está caracterizada por realizarse dentro del proceso de recolección de residuos sólidos municipales, tratada por los operadores de los camiones recolectores de residuos. Estas personas, ya sea de manera individual o colectiva, realizan una inspección durante la jornada laboral, de los residuos sólidos, con el fin revalorizar los desechos y darles una valía futura con probable remuneración económica. Sin embargo,

estos datos no son evaluados durante y después de la gestión total de los residuos, debido a que no se cuenta con la maquinaria ni instalaciones pertinentes para valorizar densidad, compactación o peso volumétrico final.

Existe trabajo por parte del H. Ayuntamiento 2014-2018, en donde presenta la composición de los residuos sólidos municipales en la cabecera municipal, este estudio fue publicado en la página oficial de Facebook del Organismo Operador del Servicio de Limpia, en donde dicho Organismo comparte un pequeño esquema acerca del manejo de los residuos sólidos en el municipio de Xicotepec. A continuación, se presenta la composición de los RSU.

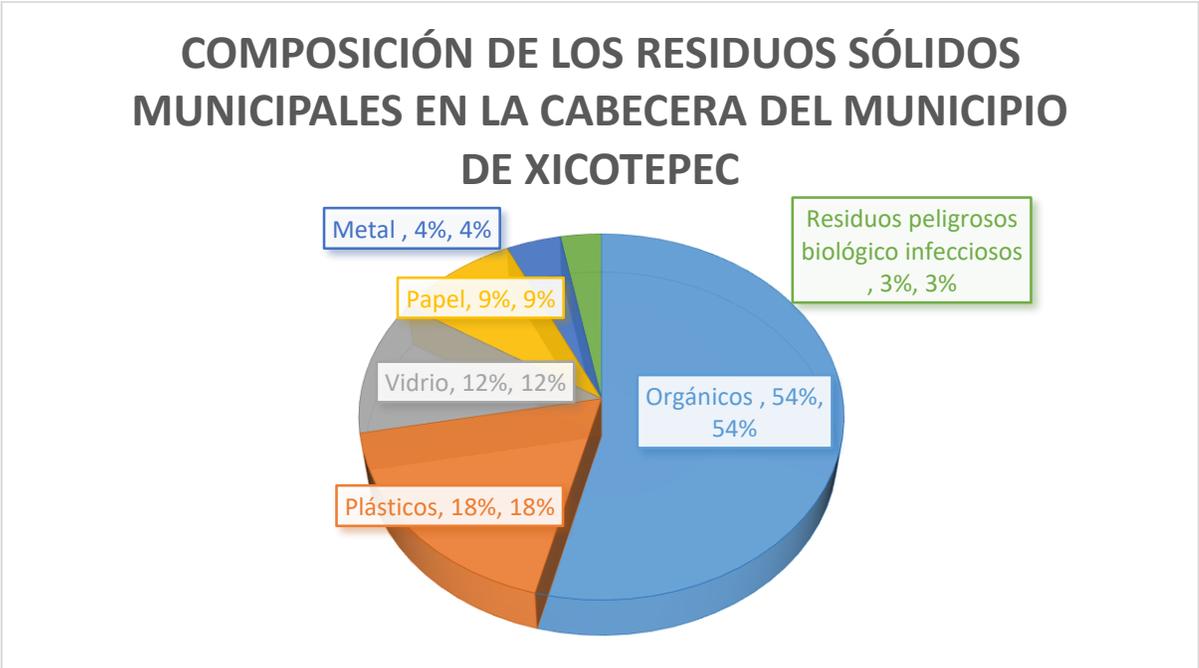


Ilustración 30 Composición de los residuos sólidos municipales en la cabecera del municipio de Xicotepec. Organismo Operador del Servicio de Limpia. H. Ayuntamiento 2014-2018.

Para complementar este diagnóstico acerca de la composición de los residuos sólidos generados en el municipio de Xicotepec, se encontró un programa piloto implementado por el Organismo Operador del Servicio de Limpia, el cual se efectuó en el año 2014 (Se desarrolla en el esquema actual del plan de manejo de los RSM). Con este programa piloto se pudo obtener información acerca de la generación de los residuos sólidos en la Junta Auxiliar San Isidro, el estudio arrojó la siguiente información:

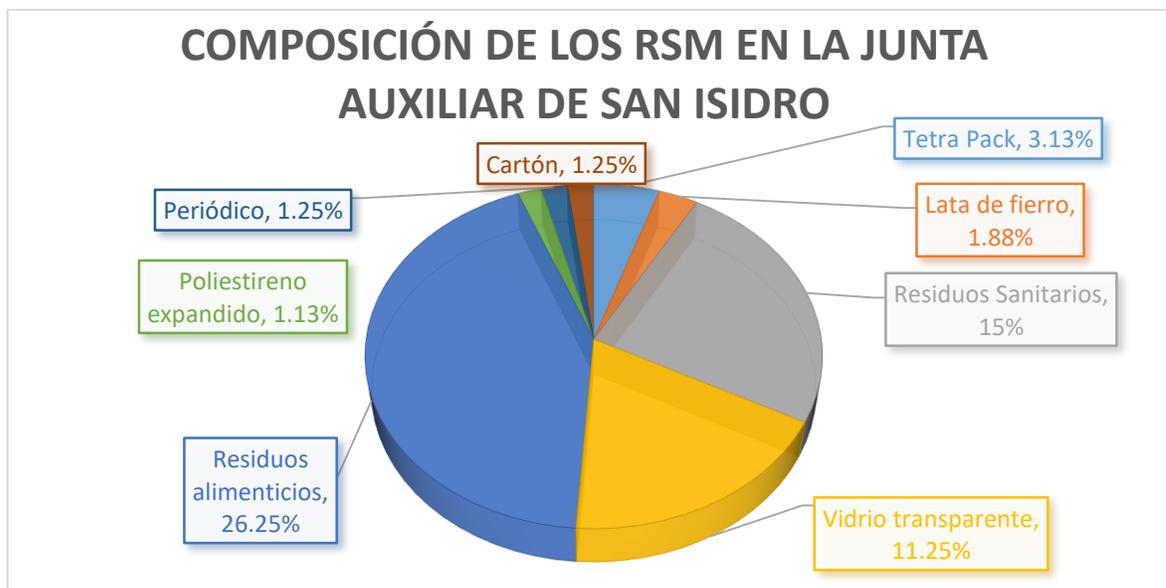


Ilustración 31 Composición de los RSM en la Junta Auxiliar de San Isidro. Datos brindados por la Secretaría de desarrollo urbano y medioambiente del H. A. 2014-2018.

[Plan de manejo de los residuos sólidos en el municipio](#)

Se ha realizado una revisión al plan de manejo de residuos sólidos municipales mediante la investigación de campo, así como la búsqueda de información documentada. El municipio tiene una serie de programas que ha implementado durante las diferentes administraciones municipales. Se realizó un mapeo del proceso para tener una visión más práctica del actual manejo de los residuos sólidos en Xicotepec.

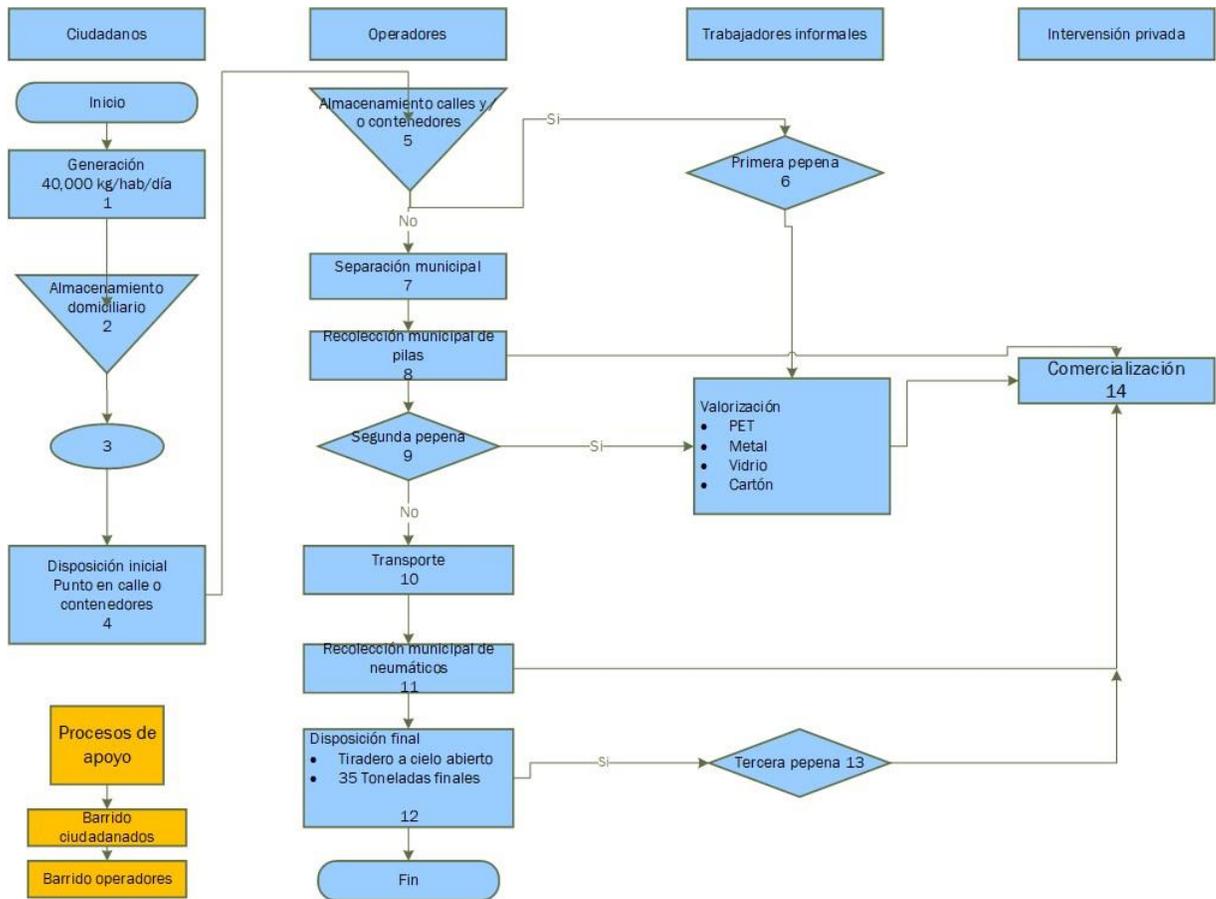


Ilustración 32 Mapeo de proceso del actual manejo actual de los RSM en Xicotepec. Elaboración propia.

El llamado plan de manejo de los residuos sólidos municipales es meramente una serie de actividades, programas y campañas que se llevan a cabo de manera concurrente en el municipio de Xicotepec, dado que no cuenta con documentación, manual técnico o especificaciones para su seguimiento, presenta la característica de ser débil en cuanto la utilidad, respuesta y proyección usuaria. Un sistema de manejo y gestión de los residuos sólidos tiene diferenciadas las diferentes etapas y fases dentro del sistema, sin embargo, en Xicotepec, se vuelve un poco difícil poder esbozar estas etapas, por lo que a continuación, se presentan tal y cual son llevadas a cabo, con los respectivos nombres con los que se han presentado directamente desde la administración municipal actual.

Barrido

Campaña “Xicotepec siempre limpio”

El manejo de los residuos sólidos en el municipio de Xicotepec se realiza con la ayuda de campañas estacionales o bien permanentes como la llamada Xicotepec siempre limpio, en donde personal de limpieza se encarga de gestionar y coordinar labores de recolección de residuos mediante la intervención de ciudadanos que de manera voluntaria apoyan al Organismo Operador del Servicio de Limpia. De manera paralela, en zonas culturales, atractivos turísticos y monumentos históricos en la cabecera municipal se realiza un barrido a partir de las 5 de la mañana y otro en la tarde.

Existe otra campaña llamada “Barre el frente de tu casa” la cual invita a todos los habitantes de la comunidad a barrer su casa y hasta aproximadamente la mitad de la calle, con el fin de concientizar y gestionar mejores y mayores formas de limpieza en el municipio.

Disposición inicial y separación

Programa de “Contenerización”

Por parte de la SEMARNAT, se hizo entrega de 19 contenedores para el manejo de los residuos sólidos urbanos en el municipio al H. Ayuntamiento 2014-2018. Estos contenedores tienen como fin disminuir la contaminación y prevenir la contaminación del medio ambiente, así como lograr un municipio más limpio. Contenedores con una capacidad de 360 litros fabricados a base de polietileno de alta densidad. Sin embargo, los contenedores no cuentan con distinción de los residuos y el manejo de los mismos se hace de forma normal a la par de la gestión de los residuos del municipio, es decir, sin distinción, separación y valorización alguna para el reciclaje o el procesamiento de los mismos.



Ilustración 33 Contenedores del Programa de Contenerización en el municipio de Xicotepec (noticias.com, 2015).

Campaña “Juntos, pero no revueltos”

Es una campaña que se llevó a cabo con el objetivo de concientizar a las personas acerca de los beneficios de la separación de basura, el principal actor a cargo de esta campaña fue el *Organismo Operador del Servicio de Limpia*. El criterio que se toma como base para fundamentar esta campaña es la nula normalización del sitio de disposición final, para con ello, disminuir la cantidad dispuesta al tiradero de cielo abierto el Zoquitlan. La información respecto a la campaña se dio mediante trípticos informativos, además de concientización en escuelas de la junta auxiliar, San Isidro del municipio.

El programa consistió en una prueba piloto de dos etapas, la primera llamada educación ambiental, en la cual brigadas de ciudadanos realizaban encuestas, y proporcionaban información de la forma de operación en la campaña, días de recolección y formas de separación de los RSU. La segunda etapa fue la implementación de la prueba piloto, la cual empezó el 17 de noviembre de 2014, con dos días de operación, lunes recolección de residuos inorgánicos y sanitarios, y viernes, recolección de residuos orgánicos.



Ilustración 34 Juntos, pero no revueltos. Clasificación de los RSU. Compartida por la Secretaría de desarrollo rural y medioambiente del municipio de Xicotepec.

La recolección diferenciada en la junta auxiliar con dicha prueba piloto permitiría observar el comportamiento de la respuesta y preocupación ciudadana. Con la cooperación de las universidades del municipio se proponía disponer los residuos orgánicos para la generación de composta, los residuos inorgánicos como fuentes de ingresos en las modalidades de papel, aluminio, cartón y papel, para así, poder sustentar y generar la rentabilidad del programa piloto, por último, los residuos sanitarios tendrían a bien ser dispuestos en el tiradero a cielo abierto.

La clasificación de los RSU para la campaña fue la siguiente:

Orgánicos	Inorgánicos	Sanitarios
Restos de comida, cáscaras de fruta, huevo, pelo, restos de café, filtros de café y té, productos lácteos, pan, tortillas, servilletas, huesos y productos cárnicos. Residuos de jardín: pasto, ramas, tierra, polvo, ceniza y aserrín.	Papel, periódico, cartón, plásticos, vidrio, metales, textiles, maderas, envases de multicapas, bolsas de frituras, utensilios de cocina, cerámica, juguetes, calzado, cuero, radiografías, discos, cartuchos de tinta y copiadoras.	Papel sanitario, pañales desechables, toallas sanitarias, material de curación, pañuelos desechables, rastrillos, cartuchos de rasurar, preservativos, excretas de animales, colillas de cigarros, fibras para aseo. Residuos peligrosos domésticos: jeringas, agujas, medicamentos caducos, etc.

Tabla 11 Clasificación de los RSU de acuerdo al programa piloto. (Cristobal, 2013)

Campaña “Ponte las pilas”

Esta campaña tiene por objeto concientizar a la ciudadanía de los posibles daños y consecuencias que propicia un mal manejo y disposición de las pilas desechadas, además de la contaminación que genera al medioambiente. El *Organismo Operador del Servicio de Limpia*, puso en funcionamiento dicha campaña para separar de los residuos domésticos las pilas desechadas por las viviendas, con la implementación de contenedores especiales para dichos residuos ubicados en el centro de la ciudad y primarias, además de carteles informativos acerca de la problemática y las medidas adoptadas para el manejo de las pilas.

Recolección

La etapa de recolección de los residuos sólidos en el municipio de Xicotepec, comienza con la disposición de los residuos en puntos específicos por parte de la ciudadanía. Estos puntos de recolección son repartidos entre calles y avenidas por aproximadamente de 10 a 15 puntos por colonia. Los operadores recolectan punto a punto los residuos para ser depositados en los camiones compactadores con los que operan las cuatro rutas de recolección.

Equipos

El H. Ayuntamiento 2014-2018 del municipio de Xicotepec, tiene a su mando cuatro camiones compactadores de carga trasera y placa expulsora con una capacidad total de 12 toneladas, pero con una capacidad de llenado de 10 toneladas por jornada, lo que deja una eficiencia de:

$$Eficiencia \% = \frac{Capacidad\ utilizada}{Capacidad\ total} \times 100 = \frac{10}{12} \times 100 = 83.33\%$$

El número de operarios es igual al número de choferes más cuatro recolectores por camión, lo que da un total de 20 operadores totales del servicio de recolección de residuos sólidos en el municipio de Xicotepec.

Se puede estimar el número óptimo de equipos necesario con la siguiente expresión, mencionada en el capítulo tercero.

$$N = \frac{W}{nC} = \frac{40}{1(12)} = 3.33 \text{ Vehículos}$$

Por lo que, 3.33 vehículos son necesarios para realizar las actividades de recolección de los residuos sólidos en Xicotepec, sin embargo, se puede redondear en 3, por lo que los vehículos actuales son óptimos en cuanto a capacidad, mas no lo son en cuanto a compactación requerida.

Frecuencia de recolección y horarios

Según el diagnóstico con base a entrevistas a los ciudadanos e información de primera mano por parte del Organismo Operador del Servicio de Limpia, en relación con los días laborados, los operadores trabajan con la modalidad de recolección *interdiaria* lo que quiere decir que se trabaja con una frecuencia de tres veces a la semana y con un horario establecido para el inicio de la recolección de las 6 pm. De acuerdo la ruta, el horario con el que recolectan cada punto varía. Actualmente el municipio no cuenta con un centroide de producción específico y se calcula que las cuatro rutas diarias producen aproximadamente 10 toneladas de residuos sólidos, excepto por la limpieza y recolección de residuos el día domingo, donde la recolección tan sólo en el espacio utilizado por los vendedores ambulantes, es de 8 toneladas con una composición mayoritaria de residuos orgánicos.

Se puede observar con la siguiente imagen que el problema de los residuos sólidos en cuanto a su manejo y gestión no sólo es un problema local dentro del municipio, sino que, de manera general, el estado no cuenta con la cantidad suficiente de equipos para su utilización, además de escasa información en cuanto rellenos sanitarios, sitios no controlados y sitios clandestinos, problemática que se refleja en el municipio de Xicotepec.

Municipio	Volumen de residuos sólidos urbanos recolectados (Miles de toneladas)	Vehículos de motor recolectores a/	Superficie de los rellenos sanitarios b/ (Hectáreas)	Superficie de los sitios no controlados b/ (Hectáreas)
2012				
Estado	1 039	241	221	4
Resto de los municipios	ND	ND	ND	ND
No especificado	1 039	241	221	4
2013				
Estado	1 075	259	221	ND
Resto de los municipios	ND	ND	ND	ND
No especificado	1 075	259	221	ND
(Continúa)				<1/2>

Tabla 12 Volumen de residuos sólidos urbanos recolectados, vehículos de motor recolectores y superficies de los rellenos sanitarios, de los sitios no controlados por municipio. 2015

Programa de “Recolección de residuos domiciliarios con disposición inicial directa”

El municipio de Xicotepec ha tomado algunas medidas para la disposición inicial de los residuos sólidos con una nueva forma de recolección. La disposición de los residuos de esta forma se hizo a partir de abril del 2016, esto para mejorar la imagen urbana de la cabecera municipal, Xicotepec de Juárez, operando con los camiones recolectores en los días y horarios establecidos, evitando así la acumulación de residuos domiciliarios en las calles donde comúnmente se compilan para su posterior recolección.

La iniciativa solo fue aplicada algunos días y en ciertos recorridos por parte del *Organismo Operador del Servicio de Limpia*, sin embargo, no tuvo un seguimiento ni monitoreo adecuado.

Disposición final

Siguiendo con el análisis del estado actual del plan de manejo de los residuos sólidos municipales en Xicotepec, la disposición final de los mismos involucra un gran y grave procedimiento de manejo, caracterización, valoración y nulo tratamiento.

Luego de las rutas de recolección de residuos que los operadores efectúan bajo el mando del Organismo Operador del Servicio de Limpia, los residuos sólidos del

municipio son vertidos un tiradero a cielo abierto sin control alguno de peso, volumen y composición.

Este tiradero a cielo abierto, opera de manera clandestina desde hace aproximadamente 24 años (Limpia, 2017), se anexa la Guía de verificación de la NOM-083-SEMARNAT-2003 (Lista chequeo). Las características principales que comprende el tiradero son:

- Nombre: El zoquital
- Ubicación: Se encuentra en el kilómetro 172 de la carretera libre, México-Tuxpan, a 6 km de la cabecera municipal. A 700 m del Río el cajón
- Es un tiradero municipal con 24 años de antigüedad
- Sitio de tipo C conforme a los residuos recibidos de 40 toneladas diarias
- Área total del sitio: 80 ha.
- Área para la disposición final: 7.5 ha.
- Pепенadores en el sitio: 15-20 personas viven en el tiradero
- Densidad aproximada de compactación: 1666.66 kg/m^3
- No cuenta con evaluación o manifiesto de impacto ambiental, así como ningún control de lixiviados y biogás, para fauna nociva, infiltración pluvial y residuos peligrosos. No cuenta con manual de operación, controles de registro, informe mensual o control de impactos ambientales.

- Coordenadas geográficas: 20.316815, -97.955071



Ilustración 35 Tiradero a cielo abierto "El zoquital" y los pepenadores que viven en el sitio. Fotografía propia

Además, el tiradero a cielo abierto no cuenta con sitios específicos señalados como sitio para descarga de residuos, accesos o los principales servicios como drenaje, agua potable o electricidad y encima de las malas especificaciones el sitio de disposición final es rentado por parte del municipio.

Uno de las potencialidades negativas identificadas en la última fase del actual manejo de los residuos sólidos es puntualmente la disposición final de los residuos sólidos que comprende en una serie de relaciones y agentes partiendo desde el municipio, como eje principal de las medidas y acciones necesarias, pero al mismo tiempo la participación ciudadana. Como se puede observar, a continuación, se presenta una tabla tomada del anuario estadístico del Estado de Puebla, en donde se precisa que un total del 75% de la población entrega los residuos sólidos al servicio público de limpia, mientras que el 25% de los habitantes siguen tirando en

sitios clandestinos, sin control u monitoreo para estimar los impactos y volúmenes generados de residuos, perpetuando un a problemática aún mayor a la de un solo tiradero u sitio de disposición final.

Concepto	Total	Forma de eliminación de residuos (Porcentaje)						
		Entregan a servicio público de recolección	Colocan en contenedor o depósito	Queman	Entierran	Tiran en basurero público	Tiran en otro lugar	No especificado
Viviendas particulares habitadas a/	1 553 451	74.65	8.57	14.88	0.41	0.31	0.74	0.44

Tabla 13 Viviendas particulares habitadas según distribución porcentual de la forma de eliminación de residuos 2015

Más aun, los ciudadanos queman en un 15 % los residuos lo que implica disposición al aire de dioxinas y furanos durante la quema, mismos que impactan negativamente la salud, primeramente, de los encargados de la quema y segundo de los ciudadanos en general. Afortunadamente, según las actuales estadísticas de la calidad del aire en el Estado de Puebla, los municipios menores a 500,000 habitantes no muestran preocupación por la contaminación ambiental, sin embargo, esto refleja al mismo tiempo la escasa preocupación por proponer estudios, diagnósticos y alternativas para remediar esta problemática.

Lixiviados

La antigüedad de uso con la que cuenta el tiradero a cielo abierto “El zoquital” permite un cálculo abierto de 150,000 ton a 200,000 ton de residuos acumuladas, esto es un aproximado según la estimación de los 24 años de funcionamiento y la cantidad actual de residuos generados per cápita, la totalidad de años de igual forma es aproximada por el municipio pues no se cuenta con información completamente verídica y comprobable que ayude a determinar la precisión del tipo de lixiviado que se encuentra en el sitio de disposición final.

Es por ello que se estableció una composición teórica de los lixiviados con base a las características de composición esbozadas en el capítulo tercero, para encontrar valores probables de las concentraciones, generación y extensión de la

gravedad con el fin de conocer el estado actual del tiradero para proponer la factibilidad de los tratamientos a los mismos.

En síntesis, se puede llegar a la conclusión de que los parámetros y el contenido de los compuestos teóricamente refleja una fase metanogénica y una edad vieja del tiradero, con los rangos establecidos a continuación:

Por lo que se estima un lixiviado viejo estabilizado fase III, relación DQO/COT menor de 2, una relación de DBO_5/DQO mayor a 0.1, AGV (COT) mayor a 5, rango de pH de 7-5 a 9, DBO_5 de 20- 550 mg/l, DQO de 500-4500 mg/l , biodegradabilidad con valor medio de 0.06, sulfato de 10-420 mg/l, calcio de 20-600 mg/l, magnesio de 40-350 mg/l, hierro de 3-250 mg/l, manganeso de 003-15 mg/l y zinc de 0.03-4 mg/l.

Además, según las características del suelo cambisol de la zona donde se encuentra el tiradero a cielo abierto, se puede decir que la propiedad arcillosa implica un bajo nivel de filtración de los lixiviados a las aguas subterráneas y un nulo contacto con las aguas superficiales. La característica de ubicación del terreno con una inclinación angular de aproximadamente 45° y un punto más alto según las cartas geológicas de la región de 1200m al punto más bajo a la altura de la localidad el cajón de 800m, lo que hace poco probable la infiltración, sin embargo, es necesario corroborar esta información con estudios de campo, aunado a ello, no olvidar la cercanía de las aguas de corriente perene que se encuentra a escasos 700m del punto final del tiradero.

Biogás

Actualmente en el tiradero como se ha visto, no cuenta con controles medioambientales, monitoreo o la instalación para la recolección de gas, o bien, cualquier todo efluente, sin embargo, esto no emite la producción del mismo, sino al contrario plantea un serio problema de contaminación en la calidad del aire principalmente.

Con la siguiente ecuación se ha calculado la tasa de generación anual actual de metano que emite el tiradero de residuos sólidos municipales, emitiendo los factores de incendio, nivel de cobertura de los residuos y el factor de corrección del metano, mismo que se utilizarán con la aplicación del modelo mexicano para el cálculo de la

producción de metano futura. Para fines prácticos se presenta la emisión anual de metano con los datos de generación de residuos sólidos en la actualidad y aplicando la ecuación de primer orden tomada del modelo de Scholl Canyon, descrita en el capítulo anterior.

Con dicha ecuación de primer orden del modelo de Scholl Canyon se llega al resultado siguiente, lo que nos indica una alta producción de gas metano con respecto a las características geográficas, climatológicas y de producción de residuos en el municipio de Xicotepec,

$$Q_{CH_4} = \left(\frac{84m^3}{Mg} \right) (14600Mg) (e^{-(.08)(0)} - e^{-(.08)(24)}) = 1,046,601.222 m^3 CH_4/año$$

La producción interna de biogás es alta en comparación con rellenos sanitarios habituales empero, la desventaja de esta producción de metano y otros compuestos es por supuesto, el nulo control ambiental y monitoreo de las emisiones de los gases que se encuentran en constante generación en el interior del tiradero, mismos que participan activamente en el subsistema ambiental dotando al mismo de variables de nivel o flujo que actúan dando como resultado las interrelaciones y conexiones para originar los procesos degradantes en el medio físico y biológico.

Pepeña interna

Una de las situaciones más preocupantes en el diagnóstico del sitio de disposición final que se ha observado es la pepeña que se lleva a cabo en el tiradero. A pesar de que las extremas condiciones de seguridad y contaminación que enfrentan los residuos sólidos municipales depositados en el tiradero del Zoquital, aproximadamente de 15 a 20 personas viven y trabajan en el sitio de disposición final.

Diariamente reciben 40 toneladas de residuos totales en el municipio. Los trabajos que realizan en el sitio, es desde la selección, separación, búsqueda y venta de residuos. La comercialización de los residuos que pueden reciclarse son una gama de plásticos y metales principalmente, dado que estos son los materiales que cuentan con gestión y tratamiento por empresas privadas en el municipio. Materiales como papel y vidrio no son reciclados en gran medida, sólo como

utensilios de utilidad propia, así como otros materiales, muebles, aparatos o cualquier cosa que pueda garantizar una segunda vida, después de ser desechada.

De acuerdo a una visita realizada al tiradero de basura, se pudo observar un poco de la jornada laboral que realizan los pepenadores con ayuda de un cuestionario pequeño donde se pudo consultar a tres personas para obtener información de las instalaciones, forma de vida y estado de salud que presentan. Los pepenadores se encuentran trabajando en la búsqueda de residuos sin protección en manos, cara, cuerpo o pies. Durante la visita se pudo observar que algunos de los pepenadores trabajan con zapatos resistentes, sin embargo, la gran mayoría lo hace con vestimenta común. La edad no es un problema para la exploración y búsqueda en el tiradero, niños de hasta 8 años aproximadamente trabajan junto a su familia tratando de recolectar desechos. A causa de que los pepenadores trabajan diariamente en el tiradero, ellos han instalado sus viviendas improvisadas de materiales como metal, cartón grueso, madera y plástico “en” el tiradero. Una mujer de aproximadamente 40 años argumentó no haber tenido problema alguno de salud a lo largo de su estancia en el tiradero, caso contrario a la observación directa se pueden detectar de primera instancia problemas de malformaciones congénitas en uno de los habitantes del tiradero, así como problemas extremos de seguridad, salud y aseo tanto del lugar como de cada persona.

La visita que se hizo al tiradero conllevó un riesgo de seguridad personal en razón de las condiciones extremas tanto de acceso físicamente en el lugar, así como el acceso a la información de las características del sitio.

En resumen, se agrega una ficha del problema, adaptada de bibliografía de evaluación ambiental estratégica. Esta ficha ilustra el problema actual en el tiradero

Problema: Alteración del medio físico y biológico del tiradero a cielo abierto “El zoquital”
--

Descripción: Es un tiradero municipal, con una vegetación vasta de tipo selva alta perennifolia y suelo cambisol. Ubicado cerca del cuerpo de agua llamado “el cajón” a

700 m y una población del mismo nombre aproximadamente a 2 kilómetros de distancia.

<p>Localización:</p> <p>Se encuentra a 6 km de la cabecera municipal de Xicotepec y con las coordenadas 20°18'56.6"N 97°57'16.7"E</p>	 <p>Ilustración 36 Ubicación del tiradero clandestino "El zoquital" Google maps.</p>
<p>Causas</p> <p>Nulo control ambiental, falta de preocupación institucional y de la ciudadanía, así como la obsolescencia de la reglamentación ambiental para los sitios de disposición final de RSM.</p>	<p>Efectos</p> <p>Contaminación en suelo, aire y posibilidad de derrame de lixiviados a un cuerpo de agua cercano. Perdida del equilibrio del ecosistema y cambios paisajísticos.</p>
<p>Indicadores</p> <p>=.264% de superficie afectada en el municipio</p>	<p>Magnitud/Gravedad (1)</p> <p>1) Menor 2) Moderada 3) Grave <u>4) Severa</u> 5) Crítica</p>
<p>Evolución esperada (2)</p> <p>1) Muy bueno 2) Bueno <u>3) Regular</u> 4) Malo 5) Muy malo</p>	<p>Urgencia de intervención (3)</p> <p>5) Máxima prioridad y 1) Mínima prioridad <u>= 4)</u></p>
<p>Valoración total del problema. Importancia $\Sigma = (1)+(2)+(3) = 4+3+3 = \underline{11}$ <u>Problema alto</u></p> <p>Problema alto de 10-15 Problema medio de 5 a 10 Problema bajo de 0 a 5</p>	
<p>Agentes y organismos responsables de las causas</p> <p>Administración municipal Ciudadanos</p>	<p>Agentes y organismos receptores de efectos</p> <p>Pepenadores Ecosistemas</p>
<p>Problemas asociados</p>	

Sin contenerización diferenciada municipal
Falta de caracterización y tratamiento de los residuos
Líneas de acción
Clausura inmediata del tiradero a cielo abierto
Fomento a restauración de zona afectada
Propuesta nuevo proyecto de disposición final de los residuos

Tabla 14 Ficha de problema Adaptación de (Orea, 2014).

Diagnóstico integrado

En este punto se analiza la expresión generalizada de la problemática, propuesta con base a los diferentes agentes que intervienen en el sistema principal, el cual es el plan de manejo de los residuos sólidos municipales. Se realizó una valoración del manejo actual de los residuos sólidos en donde se identifican las relaciones de causa y efecto que son afectaciones primordialmente en la etapa final de la disposición de los residuos sólidos pero que a la vez son pequeñas repercusiones en las distintas etapas del manejo de los RSM, impactando el medio ambiente, el entorno social y la eficacia económica en el municipio.

Se anexa grafo en el anexo III.

FODA

La síntesis operativa del diagnóstico se realizó con el análisis DAFO a fin de facilitar la identificación de estrategias y objetivos para la elaboración de propuestas al PPP.

A continuación, se describe los balances del DAFO, se anexa diagrama en anexo III.

Balance de oportunidades: Positivo. No existe dificultad estratégica para aprovechar la oportunidad que ofrece el entorno, es decir, que a pesar las algunas dificultades que se presentan mayoritariamente en las debilidades del sistema se puede llevar acabo las propuestas con base a las oportunidades sugeridas.

Balance de amenazas: Negativo. Existe un problema que tiene que resolverse a corto plazo, en todo lo que muestra el sistema de gestión de los residuos sólidos,

con especial énfasis en la intervención de la disposición final. Centrar atención en debilidades y fortalezas que han dado un signo negativo.

Balance de fortalezas: Positivo. Es aconsejable seguir con la estrategia que, si bien no está fundamentada en su totalidad, el inicio de las estrategias como campañas o programas de identificación y separación de los residuos han ayudado a preservar una imagen del municipio, aun siendo superficialmente.

Balance de debilidades: Negativo. Es necesario formular estrategias que sean dirigidas a los cruces que se muestran con signo negativo, para hacer que las debilidades en el sistema se vuelvan fortalezas respondiendo a las oportunidades que se pueden desarrollar.

Escenarios futuros

Pesimista

Los datos que se presentan con base al último censo de INEGI tanto a nivel nacional como a nivel local, se ha encontrado que el país crece a una tasa media anual de 1.4, mientras que el municipio de Xicotepec lo hace con un ritmo más alto, 1.6. Con esta cifra, se puede estimar un escenario futuro de la generación per cápita de residuos sólidos municipales, dependiente del crecimiento, es decir, a medida que la población crezca, la generación de residuos será cada vez mayor, por lo que se puede estimar una correlación de 1, pues el incremento en la generación de residuos es directamente proporcional al crecimiento de la población en el municipio de Xicotepec, llegando a un escenario en el año de 2023 con una población total de 129, 827 habitantes con una generación de residuos sólidos per cápita de 0.772362 kg/hab/día.

Año	Población	Gpc
2017	81455 hab	0.48459 kg
2018	86342.3 hab	0.5136654 kg
2019	91522.838 hab	0.54448532 kg
2020	97014.2083 hab	0.57715444 kg
2021	102835.061 hab	0.61178371 kg
2022	109005.164 hab	0.64849073 kg
2023	115545.474 hab	0.68740018 kg
2024	122478.203 hab	0.72864419 kg
2025	129826.895 hab	0.77236284 kg

Tabla 15 Proyección de la generación per cápita de residuos sólidos en Xicotepec. Elaboración propia.

Optimista

Un escenario optimista que es percibido en el municipio de Xicotepec muestra ingresos registrados por pago de derechos, si bien, el cobro de estos derechos no sólo involucra el cobro por la gestión o disposición de los residuos, permite ver una luz verde para una mejor gestión de los residuos donde se puede conseguir un cobro estándar a la comunidad. Además, es importante mencionar que el municipio ha estado trabajando con algunos programas piloto para estudios de generación y composición de basura y campañas para la separación, lo cual muestra el interés del gobierno para la adopción de estrategias de desarrollo.

Problemática

Xicotepec, municipio del Estado de Puebla, cuenta con una población de 81, 455 habitantes según el último censo levantado por parte del INEGI en el año 2015. Es un municipio de clasificación mediano (INECC-SEMARNAT 2012:18), cuenta con grado de rezago social medio respecto a los servicios con los que cuenta y la cantidad de población que cubren dichos servicios. Actualmente el Estado de Puebla presenta un 40% de recolección de residuos sólidos siendo el último puesto en comparación con todos los estados de la república, además pertenece junto con el Estado de México, Hidalgo, Morelos, Tlaxcala y Distrito federal a la zona centro del país, zona que constituye un 85.70% de recolección y una media de 35 mil toneladas de residuos diarias, lo cual deja a esta zona como el primer lugar de

generación de residuos sólidos (INECC-SEMARNAT, 2012). El manejo de los residuos sólidos urbanos en el municipio de Xicotepéc refleja no solo la problemática a nivel estatal sino también a la ambigua y mala gestión de los residuos, uno, conforme a la ley y dos, conforme a los parámetros ambientales convenientes para el desarrollo social del municipio, siendo el principal problema la disposición final de los RSU.

La problemática sobre el manejo y gestión de los residuos sólidos radica en la última etapa de este proceso, la disposición final, dado que los residuos sólidos municipales recolectados son dispuestos en un tiradero a cielo abierto con una antigüedad de 24 años llamado el Zoquitál, el cual se ubica en el kilómetro 172 de la carretera federal México-Tuxpan a unos 700 metros del río Cajón y sobre la cuenca del río San Marcos. Esta última etapa del manejo de los residuos representa un alto impacto ambiental para el suelo y los cuerpos de agua existentes cerca de la zona. Los lixiviados, líquidos provenientes de los residuos, son arrastrados y llevados hasta zonas lejanas lo que constituye impactos ambientales de carácter negativo actuales y futuros, paralelo a ello, la contaminación atmosférica que se expone tanto de partículas como de gases desprendidos de la descomposición natural de los residuos, sumando a dicha problemática el factor de precipitación pluvial.

Planeación estratégica integral de los RSM

El producto del estudio en la fase de diagnóstico es lograr completar una planeación robusta que permita resolver la problemática anteriormente expuesta con ayuda de metas y fines planeados como la imagen objetivo que se expresa a continuación adyacente a los objetivos de la nueva planeación, que se caracterizarán, por crear una construcción ambientalista en torno al manejo de los residuos sólidos municipales, que será a la vez complementada con una propuesta de ingeniería que permite no sólo seguir los objetivos sustentables sino dar una imagen nueva y socialmente responsable al municipio, tanto en la palabra como en la acción.

Diseño de la imagen objetivo

Visión

Buscar la gestión entre los agentes del sistema sostenible que refuercen los impactos positivos en el entorno, así como las tasas tolerables de sus cambios progresivos y emergentes provenientes de los residuos sólidos. Potencializar la compatibilidad y la complementariedad de la gestión integral con el compromiso y respeto de la triple dimensionalidad de la sustentabilidad y los ecosistemas.

Misión

Intervenir el estado actual de los residuos sólidos municipales a fin de que garantice una gestión integral de calidad total no sólo en el funcionamiento y servicio del sistema, sino también siendo un referente de eficacia y eficiencia de la participación social y la prosperidad medioambiental.

Objetivos estratégicos del plan integral de residuos

Objetivo general

Efectuar acciones correctoras, preventivas y de control del manejo de los residuos sólidos en la fase de planificación que solucionen la problemática de la disposición actual de los residuos sólidos en el municipio de Xicotepec.

Objetivos particulares

Contribuir a la lucha contra el cambio climático con el seguimiento de la política ambiental nacional e internacional para revertir y prevenir los impactos ambientales negativos.

Mejorar la transparencia política y la participación ciudadana en la gestión de residuos.

Evaluar los recursos del municipio de Xicotepec para la gestión de residuos sólidos a fin de adaptar alternativas y medidas a la planeación.

Generar un SGIRSM eficiente estructurado a corto, mediano y largo plazo en donde se priorice el sitio de disposición final.

Proponer un nuevo sitio para la disposición final de los RSM, así como un tratamiento que ayude a la minimización de impactos negativos en el medio físico biológico consecutivo al diagnóstico realizado del municipio y a la NOM 083-SEMARNAT-2003.

Realizar la evaluación para una valorización energética de los residuos de acuerdo a las características particulares de los residuos sólidos municipales.

Realizar un control medioambiental y una propuesta de restauración y seguimiento del área afectada en el tiradero a cielo abierto “El zoquital”.

Políticas

Comprometer la integridad del sistema de gestión de residuos sólidos con el plan, programas y proyectos del municipio bajo la dinámica operacional principal, el medioambiente.

Actuar bajo los objetivos evaluados para lograr el desempeño ambiental, el crecimiento social y desarrollo económico responsable con la comunidad.

Desarrollar la evaluación ambiental de los nuevos programas y proyectos que concuerden con la visión y misión de la planeación estratégica del sistema de gestión de residuos sólidos.

Extender la cooperación municipal y responsabilidad social para el funcionamiento de las nuevas propuestas y la garantía de su aplicación.

Objetivo general

Evaluar la factibilidad de acciones correctoras, preventivas y predictivas del manejo de los residuos sólidos en la fase de planificación que solucionen la problemática actual de la disposición de los mismos en el municipio de Xicotepec.

Objetivos particulares

Evaluar los medios y medidas con los que cuenta el municipio de Xicotepec para la gestión de la planeación de los residuos sólidos.

Generar un SGIRSM estructurado a corto, mediano y largo plazo en donde se priorice el sitio de disposición final.

Proponer un nuevo sitio para la disposición final de los RSM, así como un tratamiento que ayude a la minimización de impactos negativos en el medio físico biológico con base al diagnóstico realizado del municipio.

Proponer un SGMA a largo plazo para la consolidación de la efectividad y eficiencia del SGIRSM.

Proponer controles medioambientales, así como restauración y seguimiento del área afectada en el tiradero a cielo abierto “El Zoquital”.

Medidas

Hasta esta fase de la planeación el diagnóstico ha arrojado lo que hasta la actualidad parece obvio a ojos externos pero invisible a la percepción de los agentes internos del sistema, es decir, un desconocimiento total por la proyección del futuro en cuanto a tasas de generación de residuos, niveles de contaminación, así como calidad de vida. Dado que la intervención del estado actual estudiado es sobre la totalidad del sistema, se potencializará el análisis de los medios y medidas actuales para así poder proceder al accionamiento en etapas como regulación, intervención y gestión.

Las primeras preguntas que se deben de plantear son, las de ¿qué hacer ahora?, es decir, cómo, cuándo y específicamente quién debe hacerlo, además de la pregunta que muchas veces es olvidada, ¿qué no hacer?, respondiendo a la vez, cuándo, dónde y cómo no hacerlo.

De acuerdo a las anteriores estrategias obtenidas por el análisis DAFO, podemos mencionarlas a continuación para así poder guiar los medios y medidas de manera que se aproximen fácilmente a las alternativas.

Estrategias

Defensivas

Implementar la concientización ambiental a manera de integración horizontal de la población eliminando la característica vertical de poder en la comunidad.

Gestión de recursos técnicos y financieros para atender la generación de residuos sólidos con base a sistemas integrados.

Desarrollo de directrices que reduzcan la contaminación y salvaguarden la biodiversidad.

Reactivas

Seguimiento a propuestas de programas piloto o campañas para el mejoramiento urbano de manera transparente y que fomente la participación ciudadana.

Preservar la imagen natural y paisajista de la comunidad de Xicotepec.

Adaptativas

Enfatizar el involucramiento de la comunidad internacional, nacional y local para propiciar el cumplimiento de la normatividad, así como de la iniciativa del municipio en temas medioambientales.

Coordinar los esfuerzos privados existentes con las propuestas públicas de innovación en áreas de salud e ingeniería para dar respuestas responsables.

Ofensivas

Continuar con el desarrollo de programas de manejo de residuos que evalúen la efectividad de los sistemas de gestión medioambiental con indicadores pertinentes.

Conocimiento del equipo tanto físico como humano que complementen al nuevo sistema de gestión de residuos.

Regularización y control

1. Regularización del tiradero municipal

- Se enfatiza la postulación de clausura del tiradero con la normatividad siguiente: NOM-083-2003-SEMARNAT que contiene los parámetros para la construcción de un relleno sanitario así como los factores técnicos según el caso de sitio a implementar, Guía de cumplimiento de la NOM-083-2003-SEMARNAT la cual habla de la consumación de la norma mexicana, Guía de regularización de la NOM-083-2003-SEMARNAT misma que dicta el procedimiento para llevar a cabo una revisión de los sitios de disposición existentes para evaluar el cumplimiento o clausura del mismo.

Se hizo la revisión del check list para conocer la situación del tiradero. Anexo 1

- Coordinación entre la secretaría de infraestructura y jefatura del medio ambiente.
- Clausura con un periodo mínimo de 8 meses de anticipación.

2. Vigilancia y control medioambiental en el tiradero

- Fijar bordes y límites del tiradero para conocer la extensión total de la degradación ambiental para así conocer los límites verticales y horizontales de la contaminación del suelo y la relación con aguas subterráneas.

Indicadores:

km extensión total de la contaminación de suelo.

Daños producidos aguas subterráneas y superficiales.

- Mediciones de la contaminación, con variables de estado como concentración de los contaminantes en el aire mediante balances químicos de materia, producción de biogás y otros compuestos liberados a la atmósfera, así como la medición de DBO₅ y DQO para conocer la contaminación que los lixiviados arrojan al suelo empleando además la ley de Darcy para medir su descarga e infiltración. Estas variables podrán ser estudiadas para valorar la amenaza a la salud pública y del medioambiente para proceder a las medidas de atenuación de la contaminación y posterior supervisión.
- Con base en las siguientes características proponer un programa que disminuya y ayude a la conservación del medio físico, como lo son tratamientos a los lixiviados con medidas de restauración de suelos.

Indicadores:

Lixiviados: pH, DQO, COT, DBO₅, Nitrógeno, Alcalinidad Toxicidad. Establecer la relación de biodegradabilidad y la de sulfatos/cloruros.

- Para la solución inmediata del problema de contaminación en el tiradero, es necesaria la reasignación de hogar a los trabajadores

informales que habitan actualmente en dicho sitio. De igual forma se atenderá la salud de todos los habitantes del tiradero y personas que trabajan en el manejo de los residuos en el municipio, esto para conocer si existen afectaciones patógenas por el contacto cercano y sin protección al que se someten los trabajadores. Por último, la prohibición de entrada a personal no autorizado durante la clausura y post clausura del tiradero. Preparación de informe y documentación.

3. Remediación y conservación

- Aplicación de técnicas de restauración de suelos contaminados, que enfatizan la conservación del medio físico degradado en el tiradero actual.

De Intervención

1. Prevención y minimización de la gestión de origen.

- Acciones orientadas a programas para la concientización de la comunidad respecto a los residuos. Si bien este tipo de iniciativas pueden o no regirse bajo el mando de gobierno, es necesario que éste último actúe como eje principal en la gestión de la política ambiental aplicada a industrias, comercios, escuelas y hogares.
- Cooperación con la iniciativa privada que cuenten con sistemas de gestión de sus propios residuos, es decir, que fijen directrices para el retorno de los desechos mediante la aplicación de gestión medioambiental del ciclo del producto.
- Optimización del ruteo. Una nueva red de recolección permitirá facilitar la recolección oportuna de los residuos, reducción de tiempos y movimientos con la delimitación del centro de gravedad de producción de basura, estableciendo un ruteo sin cuellos de botella y retrasos.

2. Reubicación de la disposición de residuos sólidos en el municipio.

- Proyecto de construcción de relleno sanitario.
 - 1) Estudios de la factibilidad.
 - 2) Preparación del sitio.

Presupuesto.

Maquinaria.

Mapeo del proceso, diagramas de flujo.

Manuales de operación.

- 3) Construcción.
- 4) Operación y mantenimiento.
- 5) Clausura del sitio.

- En este punto también se proponen medidas a largo plazo tras la construcción y operación de este nuevo sitio final que contará con etapas de tratamiento, mismas que se pueden evaluar en cuanto a un SGMA.

3. Tratamiento de los residuos sólidos.

- El argumento de implementar un tratamiento de los residuos sólidos recae en la efectividad, eficacia y productividad del relleno sanitario. Una planta de tratamiento de los residuos sólidos que opere paralelamente en la gestión integral de los residuos sólidos, ayuda a una mejor canalización de recursos y compromiso con la jerarquía de residuos, desde el reúso, reciclaje y valorización o bien la eliminación.
- Además, una planta que funcione mediante normalizaciones legales y ambientales podrá ser fuente de trabajo para los mismos trabajadores tanto informales como formales del manejo de los residuos.

4. Ecologización como institucionalización

- Las estrategias planteadas permiten la visualización objetiva de los cambios que se requieren dentro del sistema. Uno de los medios propuestos para la intervención del escenario actual es primeramente un cambio institucional, pues a pesar de las iniciativas en el actual “Plan de Desarrollo del municipio de Xicotepec”, se sigue cayendo en estados pasivos que no intervienen aun teniendo las políticas enfocadas a la sustentabilidad.

Un cambio en la estructura organizacional del municipio repercutirá en los instrumentos medioambientales que pueda concebir para llevar a cabo una buena planeación estratégica ambiental. Si se opta por

este cambio, la regularización normativa y la estandarización voluntaria serán procesos de acompañamiento, partiendo de la postura actual inactiva de gestión ambiental, hacia la nueva postura a alcanzar de una gestión proactiva, la cual busca adelantarse a las regularizaciones y los intereses públicos, anticipándose a la demanda y no abandonándose a la oferta.

5. Implementación del SIGRSM

- Para finalizar se propone las medidas que son generadas a partir de todo un modelo para el manejo actual de los residuos sólidos en el municipio, un Sistema Integral para la Gestión de los Residuos Sólidos Municipales, el cual será el proceso principal que dicte las pautas para la efectividad y eficiencia de cada etapa en el sistema, vigilando, evaluando, controlando y dando el correcto seguimiento a la planeación ambiental en todo lo concerniente a los residuos sólidos.

Generación y evaluación de alternativas

Una vez propuestas los medios y medidas se dará paso a la evaluación de las alternativas en función de adaptación de criterios internacionales de protección ambiental y normas vigentes que focalizarán las alternativas de acuerdo a los requisitos de las mismas. Al final se propone una alternativa general que reforzará las alternativas sectoriales a la problemática actual del municipio.

Evaluación de alternativas de restauración de suelos contaminados para tiradero a cielo abierto

La técnica de restauración de suelos contaminados mediante matrices gráficas, asignando la ponderación de (+) 2 al comportamiento muy positivo que presenta el criterio ante la alternativa, un (+)1 con comportamiento positivo, 0, un comportamiento de tipo medio, (-) 1 un comportamiento insuficiente y por último un (-)2 comportamiento muy insuficiente. Las evaluaciones de estas alternativas propuestas arrojan una respuesta favorable a la técnica de descontaminación por fitoestabilización la cual, *“consiste en la reducción de la biodisponibilidad de los contaminantes mediante la revegetación con especies vegetales tolerantes a la*

toxicidad que inactiven los contaminantes para reducir el riesgo para el medio ambiente y la salud humana e implica una mejora mecánica de las propiedades físicas del suelo y su protección frente a la erosión y el transporte de contaminantes” ((CITME), 2007). Sin embargo, la técnica de inyección de contaminantes también podría ser útil si se encontraran en los análisis químicos y biológicos pertinentes, la presencia preponderante de compuestos inorgánicos.

		Criterios a evaluar									Evaluación
		Tratamiento físico	Tratamiento biológico	Tratamiento químico	Genera residuos	Controla emisiones	Controla lixiviados	Factibilidad económica	Factibilidad técnica	Impacto ambiental	
Alternativas	Técnicas de contención										
	Barrera vertical y horizontal	1	0	0	1	-2	2	1	-1	1	3
	Sellado superficial	2	0	0	-1	2	2	1	1	2	9
	Técnicas de confinamiento										
	Inyección de solidificantes	2	0	0	1	2	2	1	1	2	11
	Técnicas de descontaminación										
	Extracción de aire	1	0	1	-1	-1	0	-2	-1	1	-2
	Fitoestabilización	1	2	0	2	1	1	2	2	2	13
	Atenuación natural	2	2	2	2	0	0	1	1	1	11

Tabla 16 Alternativas para suelos contaminados. Elaboración propia

Evaluación de alternativas del tipo de sitio de disposición final

Para este punto se realiza una evaluación de alternativas respecto al sitio más oportuno para la disposición final de los residuos sólidos municipales. El método de agregación total por funciones de utilidad es un método bastante amigable para generar resultados verídicos conforme a las alternativas propuestas.

Agregación total: funciones de utilidad

De la ecuación:

$$V_{ai} = \frac{\sum V_{ij} \times P_j}{\sum P_j}$$

Donde:

V_{ai}: Media ponderada

V_{ij}: Puntaje de la alternativa

P_j: Peso del criterio

Se presenta una tabla de la comparación de rellenos en aspectos técnicos, que ayuda a los criterios para la selección de dicha alternativa.

Parámetros	Relleno Tradicional	Relleno Seco / (alta compactación)	Pretratamiento Mecánico-Biológico	Relleno Sanitario Manual
Operación	Regular	Regular	Especializada (proceso biológico)	Muy Sencillo
Mantenimiento	Sencillo, convencional	Complejo, especializado	Sencillo	Muy sencillo, convencional
Equipo	Convencional	Especializado	Convencional	Convencional y sencillo
Calificación del personal	Nivel promedio	Nivel especializado	Nivel promedio	Bajo promedio
Reducción del volumen de RSM (%) ³	50 – 60	70 – 75	75 – 85	40 – 50
Aplicable para municipios pequeños	Si, pero costoso	No o solamente al nivel intermunicipal	Si	Exclusivamente
Aplicable para municipios grandes	Si	Si	Si (con limitaciones)	No
Experiencia en pos clausura	Mucha (> 40 a)	Poca (< 10 a)	Poca (< 10 a)	Poca

Tabla 17 Evaluación técnica de rellenos. (ecología, 2002)

Por último, al realizar la evaluación de agregación total se ha seleccionado la alternativa de relleno sanitario tradicional con separación de residuos, obtenido con puntaje de 10.8.

Alternativas a evaluar	Peso de los criterios	Criterios a evaluar													Suma ponderada	Media ponderada
		Pretratamiento compactación	Tratamiento mecánico biológico	Separación de residuos	Captación de biogás	Captación de lixiviados	Producción de electricidad	Utilización de biogás	Factibilidad económica	Factibilidad técnica	Factibilidad hidrologica y topográfica	Facilidad de gestión	Facilidad de acogida del medio físico	Generación de empleo		
Tiradero controlado	8	4	6	1	1	1	1	1	7	7	8	6	4	5	416	7.428571429
Relleno sanitario y separación	8	7	8	6	6	4	6	5	7	7	5	6	8	605	10.80357143	
Relleno seco	9	7	4	6	6	5	6	6	5	7	5	4	8	567	10.125	
Relleno intermunicipal	9	7	7	7	7	6	4	6	6	5	3	5	7	577	10.30357143	
Incineración	8	6	5	7	6	6	6	4	5	6	4	6	8	558	9.964285714	

Tabla 18 Alternativas para el tipo de sitio de disposición final. Elaboración propia

Evaluación de la ubicación del sitio mediante la norma mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003 y criterios internacionales

De acuerdo a la siguiente información estudiada como parte de la Evaluación Ambiental Estratégica se hace la proyección de la alternativa siguiendo los requerimientos para la selección del sitio en cuanto a la evaluación ambiental y a la normatividad mexicana, el sitio de disposición final debe conformar las características de la clasificación de los sitios de disposición final tipo C, es decir con una recepción diaria de menos de 50 toneladas diarias.

		Criterios a evaluar													
		Cobertura	Accesos	Topografía	Hidrología	Geología	Ubicación del sitio	Vientos predominantes	Factibilidad económica	Servicios y seguridad	Biodiversidad	Comunidad local	Visibilidad	Valorización energética	
Alternativas	Sitio 1 SE	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	No	Si	Si	Si	Si	Si	
	Sitio 2 S	Si	Si	Si	Si	Si	No	Si	No	Si	Si	No	Si	Si	
	Sitio 3 NO	No	No	Si	Si	Si	Si	Si	Si	No	Si	Si	Si	Si	

Tabla 19 Alternativas de ubicación de disposición final de acuerdo a NOM-083-SEMARNAT. Elaboración propia

Requerimientos del área

Se seleccionó la siguiente ubicación en el municipio de Xicotepec tomando en cuenta características como dirección del viento, densidad de población, distancia de la mancha urbana, características del suelo, ubicación del sitio respecto a la zona protegida de los recursos naturales de la cuenca del río Necaxa. Se hace referencia a la utilidad del material de cobertura proveniente de las excavaciones que se realizarán para el área del relleno, así como las características de porosidad, permeabilidad, y otras características que presenta el tipo de suelo contenido en el sitio, así mismo, la accesibilidad de los caminos y los impactos visuales que se generarían, dado que los impactos atmosféricos y de suelo se reducirían a un nivel mínimo de gravedad o que representen un impacto negativo potencial.

Ubicado al sureste de la comunidad, los puntos más cercanos son a 1.6 km de un centro escolar y a 1.7 km de la colonia más cercana.

Comunidad local y zona de amortiguamiento de receptores

Se hizo una evaluación de los riesgos de contaminación y los receptores ambientales posiblemente afectados por dicho plan de acuerdo a la disminución de contaminación, criterios técnicos y de ingeniería, funcionalidad del relleno sanitario, características de los residuos y formas de aprovechamiento para la valorización energética y elementos topográficos e hidrológicos para las medidas de tratamiento de efluentes.

Geología, hidrología y topografía.

De acuerdo a la normatividad no existen cuerpos de agua cercanos a menos 2 km, sin embargo, se obliga a la realización de los estudios geológicos e hidrológicos presentados para el proyecto ejecutivo con la pertinente evaluación de impacto ambiental y su correspondiente manifiesto de impacto ambiental.

Visibilidad del sitio

En cuanto al aspecto paisajista el sitio seleccionado carece de visibilidad total, es decir, se encuentra un tanto aislado de la población, sin embargo, cuenta con accesos de carreteras y caminos a las cercanías del sitio.

Biodiversidad

El área seleccionada tiene ubicación fuera de los límites del área de protección de los recursos naturales de la cuenca hidrográfica del río Necaxa, además no se ubica “*en zonas de: marismas, manglares, esteros, pantanos, humedales, estuarios, planicies aluviales, fluviales, recarga de acuíferos, arqueológicas; ni sobre cavernas, fracturas o fallas geológicas* (SEMARNAT, NOM-083-SEMARNAT-2003, 2017).

Herencia arquitectónica o zonas culturales

De acuerdo a las zonas culturales del municipio, la alternativa de ubicación anterior se encuentra fuera de dicha área con más de 1 km de distancia.

Aeropuertos

No se encuentran aeropuertos cercanos a menos de 13 kilómetros.

Meteorología

La dirección de los vientos predominante del municipio de Xicotepec es Noreste, sin embargo, este sitio se encuentra ubicado al sureste lo cual con respecto a este punto hace factible su ubicación. En cuanto a la precipitación pluvial, Xicotepec es un sitio bastante húmedo y lluvioso lo cual pone a favor este efecto a las características de los residuos generados y depositados en el vertedero. Los arreglos ingenieriles permitirán reducir las fugas y los posibles niveles de infiltración por las capas intermedias y final del relleno sanitario. Al mismo tiempo las características de evaporación significan un efecto positivo para revertir posibles impactos aledaños al sitio o posibles efectos que no se cubren con la efectividad de captación de los contaminantes.

Acceso del tránsito vehicular

Los accesos que tiene la ubicación propuesta muestran la proximidad del área que genera la mayor cantidad de residuos, pero al mismo tiempo presenta una distancia óptima para el servicio de recolección y transporte.

Cobertura del material

La cobertura diaria se hará con material local, además, las características presentes de los componentes del suelo como la arcilla permiten una permeabilidad baja, pero al mismo tiempo una asistencia para la degradación de los residuos y así conseguir la digestión anaerobia. Se propone una adición de otros materiales textiles para el mejor manejo de los gases y lixiviados generados dentro del relleno, esto se evaluará en el proyecto ejecutivo con su respectiva EIA.

Servicios y seguridad

Es un sitio que cuenta a las proximidades con servicios básicos, sin embargo, la estrategia es generar la propia energía a utilizar mediante la descomposición de los residuos del relleno con en el fin de hacerlo un sitio autosustentable. Las cabinas de control, accesos cerrados y registros de procesos, permitirán llevar un control y una seguridad en el sitio viable en cuanto a las instalaciones.

El proyecto de captación de biogás y lixiviados permitirá restringir el paso de los contaminantes a vectores ambientales como tierra, agua y aire.

Valoración energética

Dados los recursos con los que cuenta el área que resulta mejor ponderada se puede realizar un proyecto de relleno sanitario con valorización energética. En la siguiente evaluación se analiza a fondo el funcionamiento de este punto.

Evaluación de alternativas para la valorización energética del gas generado por los residuos

La evaluación de alternativas para la captación y valorización de los gases generados que se hace es debido a la oferta que ofrecen los residuos dispuestos en un sitio como relleno sanitario, las condiciones de temperatura, composición e interacción que propician las bacterias crean un ambiente anaerobio que genera gases potencialmente importantes para la generación de nueva energía con base a

la degradación microbacteriana, sin embargo, algunos métodos de valorización son nuevos en cuanto a su aplicación en el país.

Con esta evaluación, se puede resumir que la utilización de los residuos es mejor y conveniente si se quiere generar energía eléctrica y la utilización de los subproductos paralelos a la generación como lo es el calor. El gas metano para alimentar a casas cercanas al relleno es un método factible en cuanto al impacto ambiental y social empero no es positivo para la utilización de los recursos como la instalación de tuberías que alimenten a dichas casas. La alternativa de no valorización energética es compatible con industrias grandes que deben de vigilar las emisiones atmosféricas al ambiente en cuanto a sus chimeneas y los penachos de contaminación que ofertan, por ahora esta alternativa no es viable por la asignación de recursos y el nulo retorno de inversiones, entonces la alternativa elegida es la generación de electricidad.

		Criterios a evaluar								
		Factibilidad económica	Factibilidad técnica	Técnicas complementarias	Utilización de residuos	Impacto ambiental	Almacenamiento	Generación de empleos	Ingresos percibidos	Suma
Alternativas	Sin valorización energética (descontaminación de gases)	1	-2	-1	-1	-1	0	0	-2	-6
	Biocombustible (biometano, gas metano)	1	1	0	1	2	1	1	2	9
	Electricidad y calor	2	1	0	2	2	1	1	2	11

Tabla 20 Alternativas para la valorización energética del biogás. Elaboración propia.

Modelo de la degradación de primer orden

Para reforzar la propuesta de un relleno sanitario con la captación de gases y su valorización energética se utilizó un modelo para cuantificar los niveles de biogás producidos actualmente y la capacidad energética con la que se cuenta.

La modelización se interpretó gracias a una hoja de Excel utilizando el llamado Modelo Mexicano de Biogás 2.0 el cual fue realizado por SCS Engineers bajo un contrato del programa Landfill Methane Outreach (LMOP) de la USEPA.

De este modelo se obtuvo una valoración energética de 0.1 MW, un nivel máximo de metano de hasta 88 m³/hr CH₄ y emisiones de hasta 5813 CO₂ eq/año (Sin intervención) evaluada con una eficiencia del sistema de recolección de 53%, con una disposición de hasta 14800 toneladas en el relleno proyectado a 20 años. Revisar anexo IV para la hoja de cálculo realizada para el cálculo del flujo de metano con la ecuación de degradación de primer orden.

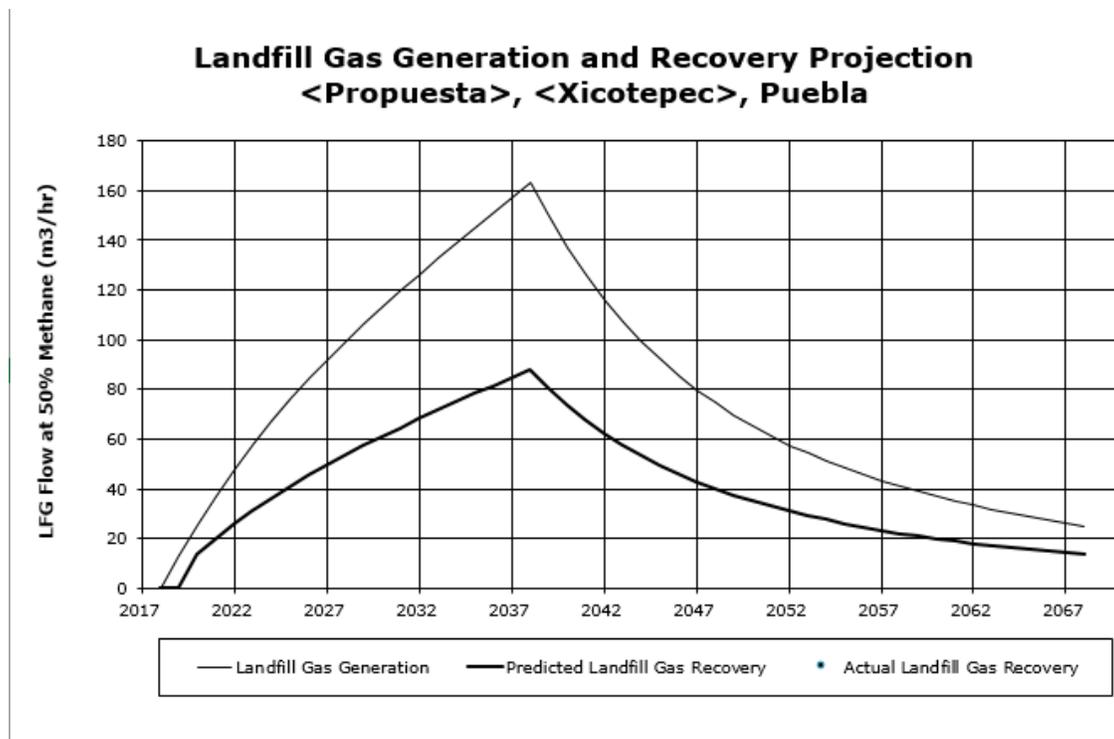


Ilustración 37 Producción de biogás en el nuevo relleno sanitario de Xicotepec. Modelo Mexicano 2.0

Evaluación de alternativas para tratamiento de los lixiviados generados por los residuos

Esta evaluación de alternativas permite una revisión simple pero completa de las alternativas para el control de lixiviados en una propuesta de relleno sanitario. Las características que proporciona la climatología y topografía del municipio permite proponer las 6 alternativas que se evaluaron a continuación con el cumplimiento de criterios en una matriz de datos describiendo el peso de los criterios como “si” y “no”, según el carácter satisfactorio o insatisfactorio de cada alternativa.

		Criterios a evaluar					
		Tratamiento biológico	Tratamiento físico	Tratamiento químico	Factibilidad técnica	Factibilidad económica	Efectividad
Alternativas	Reciclaje de lixiviados	Si	Si	Si	Si	Si	Si
	Evaporación de lixiviados	Si	No	No	Si	No	No
	Tratamiento de lixiviados						
	Neutralizar	No	No	Si	Si	No	No
	Sedimentación/floculación	Si	No	Si	No	No	No
	Absorción	Si	No	Si	No	No	Si
	Cubiertas	Si	Si	Si	Si	-	Si

Tabla 21 Evaluación de alternativas para tratamiento de lixiviados. Elaboración propia.

La alternativa preponderantemente satisfactoria fue la de reciclaje de lixiviados, ya que ayudaría generación de metano y la disolución de compuestos orgánicos con la recirculación constante en el relleno sanitario. Además, se evaluó la alternativa a implementar de cubiertas, estas, serán intermedia y final, siendo aplicadas paralelamente a la recirculación de lixiviados, dado que ayudará a una mejor captación y evitarán las fugas tanto de gas como la percolación.

Valoración

Los efectos que vayan a surgir de la creación del nuevo plan repercutirá en la forma que se relacionan los subsistemas y los supra sistemas concernientes a la capacidad de acogida del medio y la forma en que serán llevados a cabo los programas y proyectos es por ello que se recurre a la evaluación con matrices para la Identificación y valoración de impactos de las dos principales nuevas alternativas quedando resumidas en: 1) Respecto a la disposición final y 2) Tiradero a cielo abierto vigente, ponderadas con respecto a parámetros como distancia de población, flora, fauna, y hasta viabilidad económica.

Esta valoración busca los posibles impactos generados por la actuación con referencia a la búsqueda de la solución de la problemática a la prioridad de la creación de un relleno sanitario con valoración energética esto para evaluar la factibilidad ambiental de las dos alternativas en cuanto a la disposición final de los residuos sólidos en el municipio de Xicotepec, con ello se reforzará la decisión tomada como resultado de las alternativas anteriormente evaluadas de acuerdo a criterios internacionales y normas mexicanas, además se sigue de igual forma el método de agregación ponderada, tomado como referencia el estudio ambiental estratégico del Ayuntamiento de Teresa Cofrentes. La descripción de los parámetros de la matriz de evaluación se encuentra en el Anexo V.

Actuación	A	B	C	D	E	F	G	H	I	Ic
Relleno sanitario con valoración energética	10	8	4	2	10	2	8	8	8	7.3

Tabla 22 Valoración de posibles impactos en el nuevo relleno sanitario. Elaboración propia.

La evaluación realizada a la creación de un relleno sanitario con correspondiente valoración energética, lo cual es la acción más importante en este estudio, correlaciona una evaluación de los elementos de acuerdo a un índice de calidad de 7.3, por lo que las realizaciones de estas dos alternativas reflejan un comportamiento óptimo y favorable con la incorporación de medidas correctoras menores al plan.

Además, la alternativa complementaria de acción al tiradero de cielo abierto arroja un índice de calidad de 7.7 el cual, de igual forma que el anterior, predice un comportamiento óptimo debido a la actuación inmediata para contrarrestar la contaminación existente con la adopción de medidas correctoras, enfocadas principalmente al acceso de caminos y cuidado de fauna y flora, que mayoritariamente quedan resueltas con la técnica de fitoestabilización que se propone en el plan.

Valoración cualitativa de los efectos ambientales

Se realizó una matriz de carácter cualitativo para evaluar de qué forma se verá afectado el entorno sólo con la primera alternativa, debido que ésta aún probablemente necesite medidas puntuales para menguar los efectos del nuevo proyecto del relleno sanitario. La matriz se pondera de acuerdo a: naturaleza del efecto, carácter del efecto, extensión, modo de incidencia, importancia o magnitud del impacto, así como las posibles medidas correctoras que existan para minimizar dichos impactos.

	Signo	Fase	Carácter	Extensión	Incidencia	Impacto sin medidas correctoras	Medidas correctoras	Impacto con medidas correctoras
Emisiones de gases	-	F	I	P	D	(-)c	Si	(+)O
Ruido y vibración	-	E,F	I	P	I	(+)L	No	(-)L
Almacenamiento de residuos sólidos	+	F	R	P	D	(+)M	Si	(-)m
Contaminación de suelo	-	F	I	P	D	(-)c	Si	(-)m
Impactos directos en el suelo	-	F	R	P	D	(-)c	Si	(+)M
Contaminación agua superficial y subterránea	-	-	R	P	I	(+)L	Si	(+)L
Olores	-	F	R	P	D	(-)s	Si	(+)S
Impacto a vegetación	-	E,F	R	P	D	(-)m	No	(+)M
Impactos directos en fauna	-	F	R	P	I	(+)L	No	(+)L
Deterioro del paisaje	-	E,F	R	P	D	(+)L	Si	(+)L
Disminución de sanidad y salud	-	E,F	R	P	D	(-)c	Si	(+)O
Creación de empleo	+	F	R	P	D	(+)O	Si	(+)O
Molestias a proximidades	-	E,F	R	P	D	(-)m	Si	(+)O

Tabla 23 Matriz de valoración cualitativa de efectos ambientales. Elaboración propia.

PROPUESTA FINAL DEL PLAN Y PROGRAMAS

En este apartado se resumen las medidas que se justipreciaron anteriormente, además las correspondientes medidas correctoras y de seguimiento con indicadores que terminan de manera global la planeación estratégica, igualmente se subrayan los actores para su realización.

Plan integral de residuos sólidos municipales de Xicotepec

A manera de resumen, la planeación estratégica queda esbozada en el denominado “Plan general de residuos municipales de Xicotepec” en donde se toman tres programas para su realización y diversos proyectos de respuesta, además se replantea el mapeo del sistema que se seguirá ahora con los cambios pertinentes resultado del estudio, siendo primordialmente los procesos estratégicos agregados, la valorización energética con el sitio de disposición final y además procesos de apoyo que no se habían tomado en cuenta anteriormente.

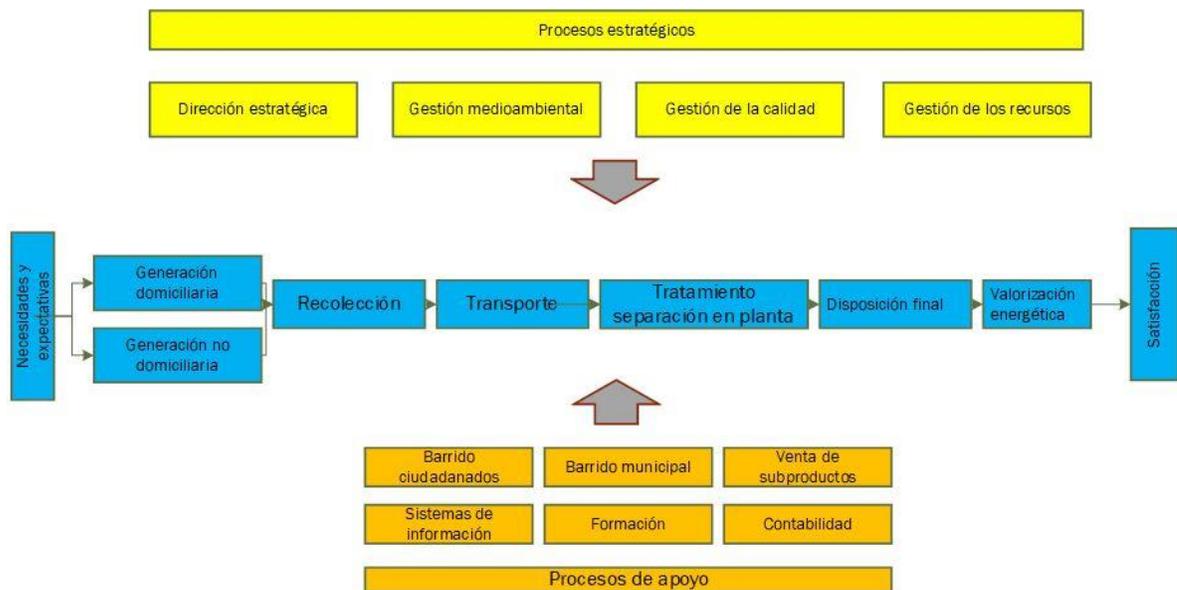


Tabla 24 Mapeo en el sistema de gestión de RSM. Elaboración propia

Programa de clausura del tiradero municipal

De manera formal se propone el seguimiento de la clausura del tiradero a cielo abierto municipal, programa que consiste en las siguientes acciones según lo que dice la SEMARNAT y las conclusiones a la que se llegó en la planeación actual:

- Preliminar. Proyecto ejecutivo de la clausura: diagnóstico de sitio, diseño de clausura y saneamiento, diseño de obras complementarias manual de operación, mantenimiento y control ambiental, control de fauna nociva, plan de clausura, propuesta de uso final y especificaciones de la obra. Notificación del cierre a la ciudadanía.
- Clausura. Colocar señalamientos restrictivos, restricción del acceso al sitio, recolección de residuos dispersos en áreas colindantes, conformación y sellado de los residuos. Se propone la fitoestabilización de los residuos.
- Postclausura. Controles de: infiltración pluvial a través de cubierta final, escurrimientos interiores, erosión y agrietamiento de cobertura final, migración de biogás y lixiviados, emisión de gases orgánicos volátiles, contaminación de aguas subterráneas, estabilidad mecánica de los residuos.
- Mantenimiento y monitoreo ambiental. Proyecto de vigilancia a 30 años, con actividades como mantenimiento a remediación y la identificación de impactos post clausura.

- Restauración y conservación del tiradero actual municipal.
- Presupuesto de inversión: \$15,000,000 MNX. Anexo

Programa de la reubicación de la disposición final de los residuos sólidos en Xicotepec

En breve, se propone el seguimiento de la evaluación de la alternativa de un relleno sanitario con valoración energética. El proceso de obtención de energía y las características principales para lograr este punto se desglosan a continuación:

- Cumplimiento de normatividad. En las fases de diseño, preparación, construcción y operación y clausura, se debe realizar la precisión del cumplimiento de la norma mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003, expuesta en el capítulo III.
- Descripción del proceso. Se aprovecha la generación de biogás en el sitio de disposición final para una valorización de energía de tipo medio, es decir, generación de electricidad y energía calorífica, además de los efluentes de tipo gaseoso como CO₂ y H₂S principalmente emitidos constantemente en la producción energética. Luego de la instalación del relleno sanitario con sus correspondientes extracciones de gas y recirculación de lixiviados se propone la instalación de microturbinas de cogeneración de 30 kw de potencia eléctrica y 64 kw de potencia térmica valor nominal, rendimiento térmico del 50% al 60% y rendimiento eléctrico de 30% a 40% con la utilización aproximada de 10.2 m³/h de biogás. Esto es útil para alimentar un promedio de 200 casas habitación, sin embargo, para el presente estudio se propone la alimentación directa a una planta estándar de separación de residuos, con tres bandas de separación de residuos y asistencia de triaje manual, además separadores industriales, esto representa un consumo energético aproximadamente de 3 kwh por tonelada de residuos, lo cual hace factible el auto suministro de energía eléctrica con el uso del biogás.

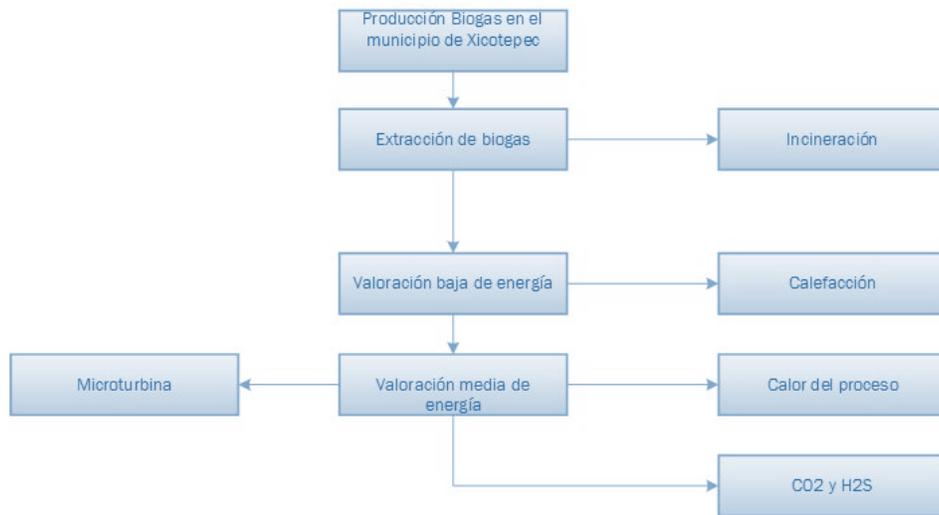


Ilustración 38 Valoración de energía en producción de biogás en el relleno sanitario municipal de Xicotepec. Elaboración propia.

Dado que existirán emisiones de gases anteriormente mencionados se propone la posible utilización del dióxido de carbono como suministro de gases a invernaderos cercanos o bien la reducción de emisiones con filtros industriales como los que se pueden utilizar para el ácido sulfhídrico. Existen algunas innovaciones para el control de estos gases con nuevos compuestos como aminas o bien con etapas de desulfurización anteriores a la emisión, específicamente durante el proceso de extracción de biogás, sin embargo, el costo beneficio ambiental no ha sido evaluado para este punto, dado que representaría un costo del 100% el cual en las inversiones sería muy difícil operar.

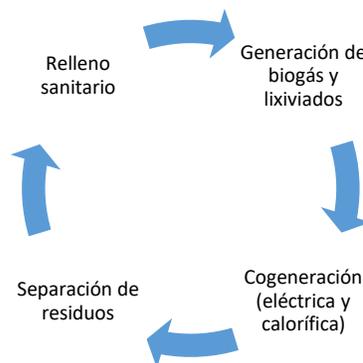


Ilustración 39 Ciclo de producción energética en el sitio de disposición final de RSM. Elaboración propia.

El diagrama anterior ilustra el ciclo de producción energética en el sitio de disposición final de los residuos sólidos municipales en Xicotepec, en donde se puede observar la auto sustentabilidad energética, las retroalimentaciones de su gestión y la propuesta de un sistema que tiende a eliminar los residuos dispuestos en el medio circundante.

- Lay out. Para complementar la información anterior, se plantea un lay out del nuevo sitio de disposición final en el sistema de gestión de los RSM, como se puede ver las dos propuestas de ingeniería, el relleno sanitario y la valoración energética con una planta de separación de residuos.

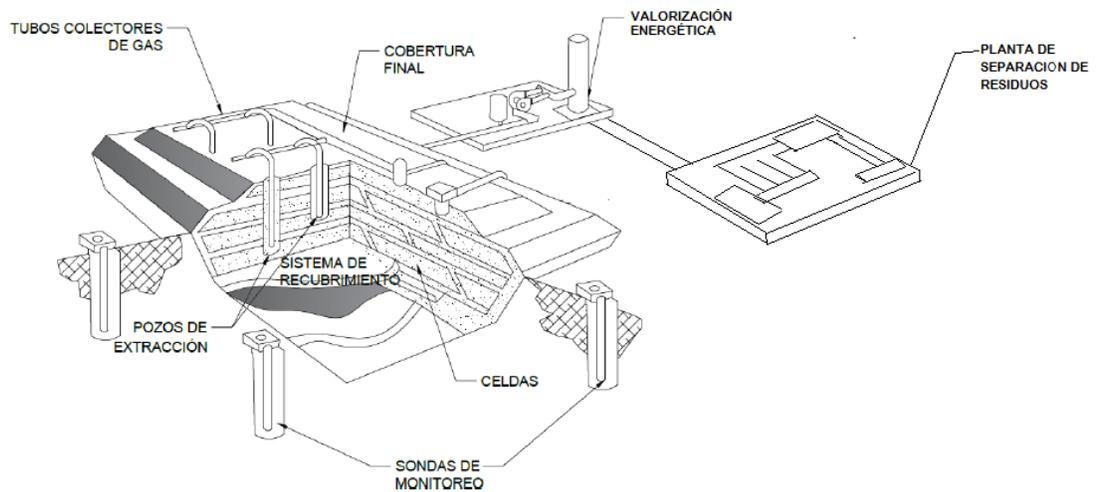


Ilustración 40 Esquema típico de un relleno sanitario y la nueva valoración energética.
Adaptado de (Arriaza, 2016)

- Presupuesto de inversión: \$22,962,398 MNX. Ver anexo IV.

Programa del Sistema de Gestión Integral de los Residuos Sólidos Municipales

Para poder operar un mejor manejo de los residuos sólidos municipales, se formula un sistema de gestión integral de los residuos sólidos municipales a corto, mediano y largo plazo, debido a los recursos que se emplearán en los dos programas anteriores. Es importante mencionar que el sistema de gestión integral resolverá a fondo los problemas actuales que involucra el proceso de los residuos, la buena noticia de este programa es que mayoritariamente incluirá tareas que no requieren recursos económicos precisos, sino que se pueden derivar de las políticas

existentes y la nueva incorporación de algunos quehaceres que se desarrollarán a nivel gobernó y ciudadanía. En este programa se pueden precisar proyectos que se pueden seguir para llegar a la imagen objetivo creada en la planeación.

Programa de minimización de la fuente

- Proyecto de consumo consiente: Incluir reducción de compras y reducción de empaques.
- Proyecto mercado del trueque y segunda vida de mis productos.
- Proyecto composta: Módulos de información en presidencia, escuelas y medios de comunicación.
- Mercados de trueque, para reventa de productos y no eliminación directa.

Almacenamiento

- Proyecto de contenerización por vidrio, papel, metal y otros. Adquisición de contenedores y ubicación de los mismos.

Recolección

- Cobro de recolección general. No cargo por productos reciclados y sanción. Mejora de productividad. En lugares altos el recorrido es de la parte alta a la baja, respetar sentido de circulación, en avenidas grandes no hacer colecta en ambos lados de la calle, señalamiento en piso para zonas de recolección y evitar privadas de calles, evitar giros a la izquierda y vuelta en U, calles de mayor tránsito en horas no pico.
- Ruteo: Necesario, planos que contengan área de urbanización, área pavimentada y topografía, ancho y tipo de calles, equipo de recolección, método de recolección a utilizar, frecuencia de recolección. Plano escala 1:5 000. Vida del proyecto de 5 a 8 años.
- Recolección en contenedores Costo representa 70 a 85 costo total y la mano de obra es 60 a 75 del costo de recolección.
- Vigilar tiraderos clandestinos y multa por tirar en calle.
- Mantenimiento de camiones y evaluación en 10 años de la generación de basura

Tratamiento

- Apertura de planta de separación que permita valorizar los subproductos rescatados (vidrio, papel, plásticos, metal, etc.) mismos que serán vendidos al mercado local para incentivar la economía.

Disposición final

- Coordinación de la gestión integral de los residuos con el nuevo sitio de disposición final para eliminación final de los residuos, con una valoración energética en el sitio. Permite optimizar las emisiones de gases en la descomposición anaerobia y la obtención de energía eléctrica para una disposición final autosustentable.
- Presupuesto de inversión anexo IV.

Programa de educación ambiental

En definitiva, el programa de acción en donde redunda la problemática real se basa en la concientización y educación ambiental, es por ello que se diseña acto seguido, un programa que involucre la educación ambiental en todos los niveles de la comunidad, de forma paralela al programa anterior, la adaptación de recursos será primordialmente humanos, en donde el municipio tiene la tarea principal de lograr una participación voluntaria para su resultado.

- Ecologización institucional. Se propone la ecologización ambiental a nivel municipal con el fin de poder cambiar la visión actual que es una nula preocupación por el ambiente a una visión proactiva ambientalista. Esto permitirá una gestión ambiental correcta y eficaz de los programas propuestos en la presente evaluación ambiental.
- Educación ambiental escuelas. Se realizará en proyectos de educación por área, pretendiendo cubrir todo el municipio. Deben coordinarse acciones entre el gobierno municipal, escuelas y organizaciones sociales.
- Educación ambiental ciudadanía. Será patentada por el gobierno municipal con el fin de llegar a lugares remotos para concientizar acerca del plan que se realizará, es importante precisar que estas acciones serán antes, durante y después de la realización de los proyectos de construcción y obras. La

educación ambiental no solo consistirá en información acerca del PPP, sino que serán jornadas y talleres que permitirán gestionar la información de nuevas prácticas de ecotecnia como composta que serán evaluadas continuamente de acuerdo a las necesidades de la población y para la visión futura de la reducción de residuos en el municipio.

Los medios de comunicación serán otro actor importante para la gestión de los residuos y la eficacia de la educación ambiental en el municipio con la iniciativa municipal se propondrán espacios informativos de la gestión que se lleva a cabo.

- Presupuesto de inversión anexo IV.

Actores para la realización

Coordinación de dependencias para la evaluación ambiental estratégica

Debido a que el instrumento medioambiental de la Evaluación Ambiental Estratégica aún no es desarrollado en México, es necesario la coordinación voluntaria de las secretarías con la participación pública y privada que serán actores predominantes en para la atención de los problemas ambientales actuales en el municipio, así como la aplicación efectiva del presente estudio ambiental para la realización efectiva del plan.

Organismo paramunicipal

En un acuerdo general es posible crear una empresa paramunicipal que tenga como objetivo principal la autonomía administrativa para que el organismo de limpia pueda gestionar los procesos del sistema como son barrido, almacenamiento, recolección, tratamiento, industrialización, comercialización de subproductos y la disposición final propuesta, realizando un cobro por el servicio mismo que servirá para respaldar la consolidación de la empresa y su posterior funcionamiento.

El Ayuntamiento municipal no queda excluido del sistema, sino toma el papel del principal regulador y vigilante de la eficacia de dicho organismo paramunicipal de acuerdo al reglamento municipal, normatividad mexicana y la legislación federal.

Financiamiento del presupuesto operativo BANOBRAS

Existen financiadores a nivel internacional y nacional preocupados por la gestión de residuos a nivel federal, estatal y municipal, tales como asociaciones con países o bien organismos con capacidad de intervención en las naciones. Para el presente trabajo se propone la opción de financiamiento por parte del Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos, S.N.C (BANOBRAS) de acuerdo a la bibliografía de la SEMARNAT en la Guía para la Gestión Integral de los Residuos Municipales.

BANOBRAS tiene como objetivo controlar y prevenir la contaminación ambiental, así como atender al sistema de gestión ambiental para su desarrollo. Es impulsado a nivel federal por la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, Secretaría de Desarrollo Social y la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. La financiación es enfocada a mejorar el servicio de limpia, reducir focos de contaminación a través de construcción y operación de rellenos sanitarios, racionalizar costos de operación del servicio y fomentar el reúso y reciclaje de los subproductos, lo cual es objetivado en la presente propuesta del plan de residuos.

Es importante precisar que será financiación del requerimiento neto a lo que se desee, siempre y cuando se tenga un proyecto del manejo de RSM, prioridad de atención de infraestructura para disposición sanitario, programa de acción social para pepenadores, manifiesto del organismo para prestación de servicio y las solicitudes correspondientes. Las condiciones finales de crédito son: tasa del 1.0833 CETES a 28 días, tasa piso de CETES a 28 días + 2.5 puntos y tasa techo CETES a 28 días + 7.5 puntos, plazo máximo de crédito a 10 años, periodo de gracia máximo a 6 años y comisiones e intereses de acuerdo a normatividad.

Aportaciones del gobierno federal

Estas serán de acuerdo al Presupuesto de Egresos de la Federación para el año fiscal que se desee, estas aportaciones se realizan a través del Ramo 33 para la creación de infraestructura estatal y municipal con aportaciones da entidades federativas y municipios, Ramo 28 para las participaciones da entidades federativas y municipios y mediante el Ramo 20 regulado por la Secretaría de Desarrollo Social. Para estas aportaciones es necesario orientar proyectos, gastos y acciones

considerando aspectos ambientales dado que no es posible el apoyo directo a nuevos proyectos para protección y gestión ambiental.

Matriz de evaluación del plan general con valoración de impactos

Se hace una evaluación general de las alternativas finales propuestas para respaldar la propuesta de la planeación elaborada con base a una matriz de impactos en donde se involucran en tres grupos importante los principios de sostenibilidad avalados internacionalmente.

Acciones complementarias	Minimización de fuente	Contenerización	Cobro por servicio	Educación ambiental escuelas	Educación ambiental comunidad	Mercados de trueque	Nueva disposición final	Ecologización
Uso energético eficaz racional	+	+	0	+	+	+	(+)/(x)	0
Índice de fijación de CO2	+	+	0	+	+	0	+	0
Biodiversidad (vida silvestre y habitats)	+	+	(+)/(x)	+	+	+	(+)/(x)	+
Reducción de recursos no renovables	+	+	0	+	+	+	+	+
Asimilación en vectores ambientales	+	+	0	+	+	+	(+)/(x)	+
Participación de la sociedad	+	+	+	+	+	+	+	+
Educación ambiental	+	+	+	+	+	+	+	+
Recursos naturales								
Calidad de aire	+	+	0	+	+	0	+	+
Calidad de conservación de agua	+	+	+	+	+	0	+	+
Calidad de suelo	+	+	+	+	+	0	(+)/(x)	+
Conservación de minerales	+	+	+	+	+	0	(+)/(x)	+
Calidad del medioambiente local								
Paisajes y suelo no edificado	+	+	+	+	+	0	(+)/(x)	+
Medioambiente urbano	+	+	+	+	+	+	+	+
Patrimonio cultural	+	+	+	+	+	0	+	+
Acceso público a espacios verdes	+	+	+	+	+	0	+	+
Innovación tecnológica y desarrollo	+	0	0	+	0	+	+	+

Tabla 25 Matriz de evaluación de criterios de sostenibilidad para acciones complementarias en el plan. Elaboración propia.

Como se puede observar, las acciones complementarias al plan ayudarán al manejo actual de residuos y a la proyección del sistema de gestión integral de los residuos sólidos municipales a mediano y largo plazo.

Análisis de riesgos de contaminación y sobreexplotación

En suma, se califican los valores en una tabla de evaluación de riesgos que pudiese denotar el plan general, en las dos principales acciones en la disposición final actual con la problemática, el nuevo relleno y las acciones complementarias en dicho plan, así mismo, se ejecuta una tabla para la valoración de riesgos por sobreexplotación originados de igual forma en el plan.

Denominación del riesgo	Factores ambientales afectados	Acciones del plan que generan afectación	Naturaleza del efecto	Valor del riesgo
Riesgo contaminación atmosférica	Calidad de aire, fauna, flora especies protegidas, salud humana	Emisiones de CH4, CO2, H2S, Nox, etc.	Negativo	Moderado
Riesgo contaminación acústica	Fauna, salud humana	construcción, vehículos de recolección, planta	Negativo	Muy bajo
Riesgo contaminación lumínica	Cielo nocturno, hábitats, salud humana	Iluminación de la planta	Negativo	Muy bajo
Riesgo contaminación de agua	Agua superficial, agua subterránea salud humana, flora, fauna, ZNP	Residuos del relleno	Negativo	Bajo
Riesgo contaminación del suelo	Fertilidad del suelo, agua subterránea, cultivos. ZNP	Relleno sanitario, vertidos residuales	Negativo	Bajo
Riesgo contaminación electromagnética	Salud humana	Instalación eléctrica	Negativo	Bajo

Tabla 26 Riesgos de contaminación del plan general. Elaboración propia.

Denominación del riesgo	Factores ambientales afectados	Acciones del plan que generan afectación	Naturaleza del efecto	Valor del riesgo
Incremento uso de combustibles	Recursos fosiles	eléctrica, motores de vehículos	Negativo	Bajo
Incremento de consumo de energía eléctrica	Energía	Instalaciones	Positivo	Moderado
Incremento consumo de arcillas	Suelo	Obras	Positivo	Moderado
Incremento generación de RSM	Suelo, aire, agua.	de separadora, generación de	Negativo	Moderado

Tabla 27 Riesgos de sobreexplotación. Elaboración propia.

Análisis costo beneficio

Se agrega además un análisis que compara los costos de los proyectos con relación a los beneficios que se obtendrán, de esta manera sirve para decidir de manera racional si se puede seguir adelante con los proyectos planteados.

En esta primera grafica se muestra el costo por controlar la contaminación que representa la disposición de los residuos sólidos municipales uno, para el nuevo sitio y dos para el tiradero contaminado. El costo de controlar la contaminación aumenta exponencialmente con el grado de control alcanzado, tomando en cuenta los costos aproximados se llega hasta 40 millones de inversión para la acción de las dos alternativas.

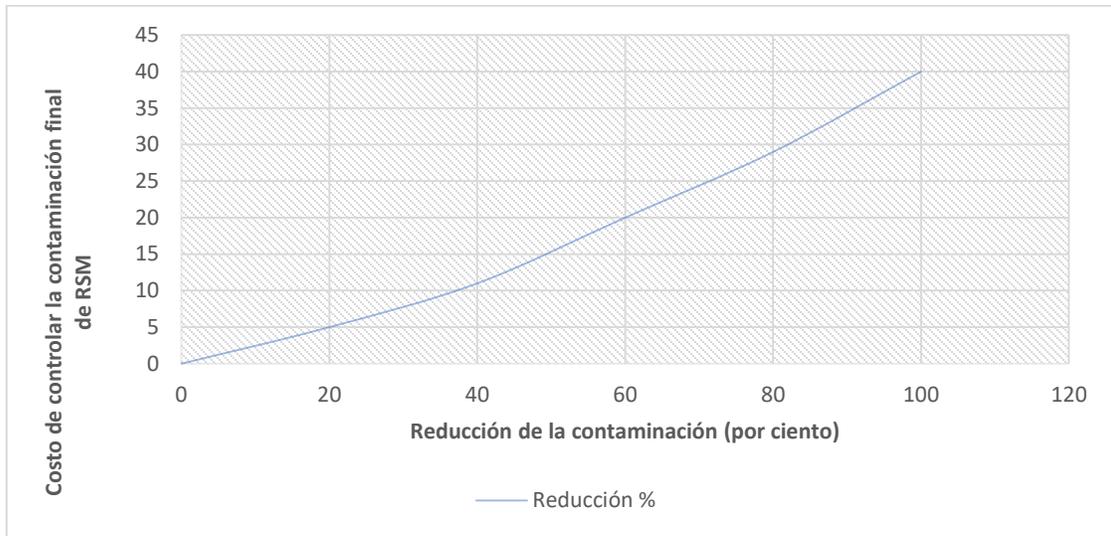


Ilustración 41 Costo de controlar la contaminación final de los RSM. Elaboración Propia.

En la segunda grafica se puede observar los beneficios adicionales tienen a equilibrarse y se vuelven despreciables cuando los contaminantes reducen los niveles de umbral, esto quiere decir que los habrá benéficos a medica de que las acciones paren la contaminación en la disposición de residuos, sin embargo, a medida que aumente la eficiencia de las acciones los beneficios ya no mejorarán más y se mantendrán en una línea recta a lo largo del tiempo.

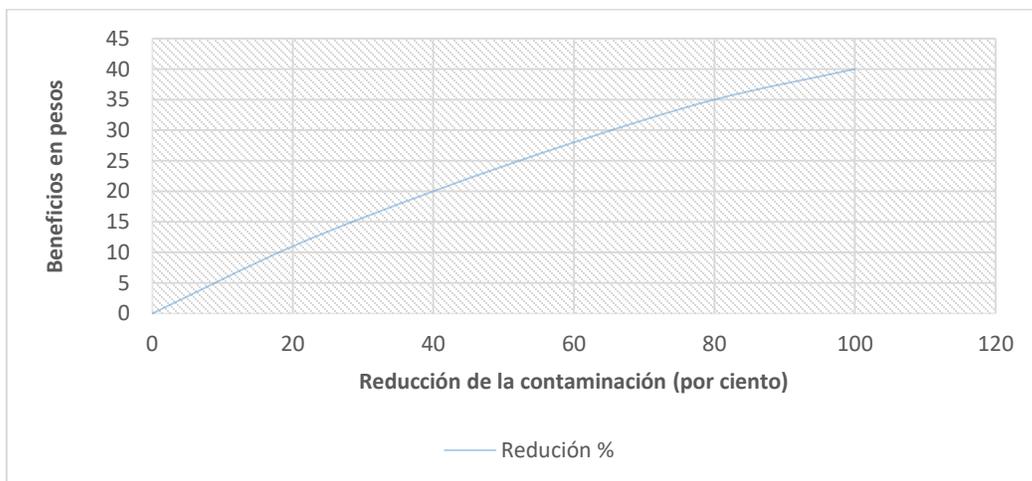


Ilustración 42 Beneficios de la reducción de la contaminación. Elaboración propia.

Cuando se comparan las curvas de costos y beneficios se observa que el rendimiento óptimo se alcanza con menos del ciento por ciento de control, es decir con un intervalo de entre el 60 y el 80 por ciento controlado tanto la remediación del suelo afectado como la creación de un sitio de disposición final como el relleno sanitario con valorización energética. Lo anterior se resume a que las políticas, planes y programas reducirán la contaminación con base a estrategias que involucren proyectos de ingeniería, sin embargo, no sería óptimo por condiciones de recursos financieros, técnicos, políticos remediar con un grado de eficacia del 100%, dado que no se cuenta con la tecnología ni con el presupuesto legítimo para la realización de dichas acciones.

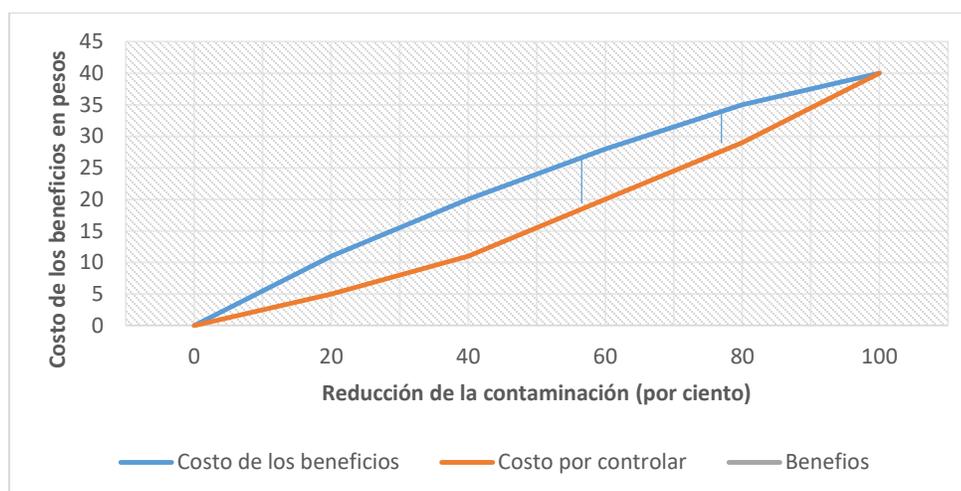


Ilustración 43 Comparación entre tablas de costos en beneficios y reducción en porcentaje. Elaboración propia.

Algunos de los beneficios son por ejemplo a la salud pública, daños a ecosistemas naturales preservación estética y espiritual del ambiente, aumento de productividad laboral y participación social.

Medidas correctoras, preventivas y compensatorias

Estas medidas son enfocadas a prevenir los posibles efectos negativos del nuevo plan integral de residuos en el municipio de Xicotepec. Se clasificarán según dos tipologías de acción en el plan:

Para infraestructura

En este punto se seguirán las medidas que puedan ocasionar daños al medioambiente por la construcción de la obra civil del relleno sanitario y la nueva adaptación de la planta separadora de residuos

- Extensión de zonas nuevas verdes
- Mantenimiento predictivo de las instalaciones para observar el comportamiento de recubrimientos y posibles infiltraciones
- Mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo a la maquinaria de la planta de separación y microturbinas
- Restricción del sitio de la disposición final de residuos sólidos
- Registro de la biocenosis existente a los alrededores para un monitoreo de los posibles cambios generados en el ecosistema
- Registro de las emisiones a la atmosfera y desarrollo de tecnología para remediación con intervención a bajo costo como filtros industriales

Para la gestión

- Histórico del seguimiento a los cobros por servicio de recolección para evitar fuga de ingresos
- Vigilancia a los planes sectoriales y establecimiento de relaciones con el nuevo plan
- Coordinación con municipios cercanos como Zihuateutla y posible adaptación de programas intermunicipales de educación ambiental
- Participación ciudadana presente en todas las etapas
- Investigación de constante de zonas afectadas por disposición de residuos ilegal
- Coordinación de secretarías para la vigilancia ambiental del PPP
- Nuevo proyecto de casas habitación ecológicas con proyectos como la empresa ECODONUM, la cual reside en Xicotepec y construye casas a precios accesibles. Posibilidad de negociación de materia prima y mano de obra para la construcción de casas propias, es necesario de igual forma la búsqueda de financiamiento particular.

- Capacitación técnica e incorporación a los trabajos dentro de la planta de separación de residuos, en el relleno sanitario y planta de cogeneración.
- Ruta de camión para la planta hacia la zona de trabajo del nuevo sitio de disposición final
- Educación ambiental y capacitación técnica para trabajadores formales e informales en el sistema de gestión de los residuos en el municipio.
- Revisión y consolidación del nuevo reglamento de limpia con los cambios pertinentes de acuerdo al nuevo aparato regulador del sistema de gestión de residuos que cumpla los requerimientos de éste último, con estrategias como instrumentar el SGIRSM, control de fauna nociva, contaminación en suelo, aire y agua, prohibición de disposición de residuos en áreas comunes, promoción de reutilización de residuos, evaluación de impacto ambiental a proyectos del plan general, cobro de tarifas, supervisión del servicio, responsabilidades del prestador de servicio, obligaciones de la comunidad, sanciones y estímulos.

Medidas de control y seguimiento

Las medidas de seguimiento y control son acciones que trabajan durante y después de la aplicación del plan general, en este caso para la disposición de los residuos sólidos municipales, con el fin de garantizar el funcionamiento oportuno de los programas y proyectos generados, que conlleven un impacto ambiental favorable y una asimilación tanto económica como social óptima.

Las medidas de seguimiento serán para comprobar las medidas correctoras propuestas en el presente estudio ambiental estratégico, suministrar información actualizada para tomar nuevas acciones o bien mejorar las técnicas de remediación de impactos ambientales y proporcionar a la vez información de calidad y oportunidad de las medidas correctoras.

Estas medidas también son llamas de gestión y serán enfocadas principalmente en las siguientes clasificaciones:

- Supervisión, vigilancia e información. De acuerdo a normatividad mexicana con listas de chequeo e indicadores.

- Efectivo de medidas protectoras correctoras y compensatorias. Indicadores de calidad.
- Seguimiento a impactos. Utilización de matrices de impacto e indicadores de calidad.
- Control de impactos. Detección y control de impactos no detectados en planeación con aplicación e innovación tecnológica para el desarrollo.

Para ello se proponen 7 indicadores que permitirán el seguimiento del plan general:

Control de proyectos de obras:	Verificación de inclusión de directrices sustentables
Indicador	Inclusión de criterios en el proyecto de obras
Metodología del cálculo	No requiere metodología
Periodicidad	Una vez
Objetivo	Inclusión de criterios ambientales a los proyectos

Tabla 28 Indicador 1 de seguimiento al plan. Elaboración propia.

Control programa restauración ambiental	Verificación de inclusión del programa de restauración ambiental en el proyecto de obras
Indicador	Presencia del programa de restauración ambiental
Metodología del cálculo	No requiere metodología
Periodicidad	Una vez
Objetivo	Inclusión de criterios ambientales a los proyectos

Tabla 29 Indicador 2 de seguimiento al plan. Elaboración propia

Control de ZNP	Delimitación y vigilancia de la zona
Indicador	Comprobar la delimitación del lugar y no afectación con obras de los proyectos
Metodología del calculo	Inspección de campo
Periodicidad	Mensual.
Objetivo	Preservar y conservar las áreas naturales protegidas

Tabla 30 Indicador 3 de seguimiento al plan. Elaboración propia.

Protección calidad de aguas superficiales	Control de la infiltración pluvial y sedimentaciones
Indicador	Turbidez y características olfativas del agua de escorrentía
Metodología del cálculo	Observación de campo y/o laboratorio
Periodicidad	Semanal y mensual
Objetivo	Eficacia de medidas de protección de aguas superficiales en las obras

Tabla 31 Indicador 4 de seguimiento al plan. Elaboración propia.

Instalaciones de gestión de residuos	Control y colocación de instalaciones para la gestión de residuos
Indicador	Colocación y uso de las instalaciones, medido en eficacia, eficiencia y productividad.
Metodología del cálculo	Seguimiento del proceso
Periodicidad	Semanal
Objetivo	Gestión de los residuos sólidos

Tabla 32 Indicador 5 de seguimiento al plan. Elaboración propia.

Calidad atmosférica y acústica	Control de partículas suspendidas en el aire que limiten la visibilidad y tengan un nivel sonoro alto
Indicador	Presencia de partículas como nubes de polvo, gases.

Metodología del cálculo	Observación de campo
Periodicidad	Semanal
Objetivo	Eficacia de medidas de protección atmosférica y acústica

Tabla 33 Indicador 6 de seguimiento al plan. Elaboración propia.

Suelos contaminados	Control de posibles contaminantes
Indicador	Aparición de indicios de contaminación en suelos
Metodología del cálculo	Observación de campo durante el movimiento de tierras
Periodicidad	Diaria
Objetivo	Cumplir parámetros de contaminación

Tabla 34 Indicador 7 de seguimiento al plan. Elaboración propia.

CONCLUSIONES

En definitiva, la propuesta de integración de una evaluación ambiental estratégica a la planeación, no solo refuerza la generación eficaz de las directrices del plan y sus correspondientes políticas, programas y proyectos particulares, sino que destaca y puntualiza la intervención al medio ambiente, el cual durante mucho tiempo ha sido ignorado. En pocas palabras, se ha supervisado la integración de un completo y nuevo sistema integral de gestión de residuos en donde antes no lo había, resolviendo en primera instancia la problemática crucial de la contaminación que se ha generado en el tiradero a cielo abierto, evaluando a su vez, áreas de oportunidad que parecían inimaginables en el actual manejo de los residuos sólidos en el municipio de Xicotepec.

Conviene destacar que la evaluación ambiental estratégica fue necesaria para realizar el diagnóstico del estado actual exponiendo la nulidad de estudios de impacto ambiental que ni a nivel proyecto, ni a nivel más alto como plan, existían, permitiendo generar una planeación de acción inmediata, analizando ambiental, económica y técnicamente su funcionalidad.

Por último, la evaluación ambiental estratégica ha centrado la viabilidad de las alternativas al plan, dejando un camino amplio, pero ya recorrido, que servirá para realizar las correspondientes evaluaciones de impacto ambiental cuando sea necesario gestionar los proyectos finales y, a su vez, se ha planteado el uso indispensable y oportuno de instrumentos ambientales para la planeación estratégica a nivel local generando tentativamente la aplicación regional y/o estatal en escenarios futuros. Si bien, poco se abordó de manera formal la incorporación de sistemas de gestión ambiental, es indispensable poder concebir la evaluación ambiental estratégica como el primer paso para llegar a la incorporación de medios de control ambiental tanto nacionales como internacionales, dado que, si se sigue la propuesta anterior, la factibilidad de adaptación a normas internacionales vigorosas será meramente un protocolo a seguir y no un desconocimiento total del área.

Para concluir, es necesario decir, que los cambios en políticas, planes, programas y proyectos con énfasis en el cuidado ambiental no vendrán de la noche

a la mañana, por el contrario, es ineludible realizar paso a paso la transmutación de lo indiscutiblemente disfuncional en nuestros días, a lo fundamentalmente apto para nuestra comunidad.

Ayudémonos a mirar.

REFERENCIAS

- (CITME), U. d. (2007). *Técnicas de recuperación de suelos contaminados*. Madrid.
- (INE), S. d. (2012). *La evaluación del impacto ambiental*. México, DF.: Impresora y Encuadernadora Progreso, S.A.
- Ackoff, R. (2001). *Un concepto de planeación de empresas*. México, DF. : Limusa .
- Ackoff, R. L. (1993). *Planificación de la empresa del futuro*. México, DF. : Limusa.
- Climate-Data.org. (2017). <https://es.climate-data.org>.
- Comission, E. (2005). *The SEA Manual. A sourcebook on Strategic Environmental Assessment of Transport Infrastructure Plans and Programmes*. DG Tren Beacon.
- CONANP. (2011). <http://regiongolfodemexico.conanp.gob.mx>. Obtenido de conanp.gob.mx.
- Cristobal, D. (2013). *La importancia de la sustentabilidad en pro del desarrollo comunitario*.
- ecología, G. d. (2002). *Alternativas de rellenos sanitarios. Guía de toma de decisión*.
- G, S. (2009). *Manual del usuario. Modelo mexicano de la generación de biogás*.
- Hector Collazos Peñaloza, R. D. (1998). *Residuos sólidos*. Bogotá, DC.: Asociación Colombiana de Ingeniería Sanitaria y Ambienta, ACODAL.
- INECC-SEMARNAT. (2012). *Diagnóstico para la gestión integral de los residuos sólidos*. INECC-SEMARNAT .
- Limpia, D. d. (Septiembre de 2017). Guía de verificación de la Nom 083 SEMARNAT 2003. (Autor, Entrevistador)
- López, J. F. (2015). *Evaluación del impacto ambiental. Técnicas y procedimientos metodológicos*. . México, DF. : Trillas.
- Meteoble. (2017). www.meteoblue.com. Obtenido de https://www.meteoblue.com/es/tiempo/pronostico/modelclimate/xicotepec-de-ju%C3%A1rez_m%C3%A9xico_3514510.
- Münich, L. (2013). *Planeación estratégica. El rumbo hacia el éxito*. México, DF. : Trillas.
- NOM-083-SEMARNAT-2003. (s.f.).
- noticias.com, L. p. (5 de Febrero de 2015). lapasarelanoticias.com.
- OCDE. (2007). *La evaluación ambiental estatégica. Una guía de buenas prácticas en la cooperación para el desarrollo*. . París: OCDE.
- OECD. (2003). oecd.org.

- Orea, D. G. (2014). *Evaluación ambiental estratégica. Un instrumento para integrar el medio ambiente en la formulación de políticas, planes y programas.* . Madrid, España. : Ediciones Mundi-Prensa .
- Partes, C. d. (2008). *10ª Reunión de la Conferencia de las Partes en la Convención sobre los humedales. (Ramsar, Irán, 1971) "Humedales sanos, gente sana"*. Changwon (República de Corea): Resolución X.17 de la COP10 de Ramsar.
- Robinson, H. R. (1999). *ISO 14001 EMS Mnual de Sistema de Gestión Medioambiental.* Madrid: Paraninfo CENGAGE Learning.
- Sánchez, R. M. (Octubre de 2011). *Tesis Unam.* Obtenido de Una estrategia de planeación participativa para el desarrollo sostenible: un enfoque sistémico. .
- SEGOB, I. p. (2010). *Instituto Nacional para el Federalismo y Desarrollo Municipal.* Obtenido de Enciclopedia de los municipios y delegaciones de México. Estado de Puebla.
- SEMARNAT. (1999). *Minimización y manejo ambiental de los residuo sólidos.* México, DF.: Secretaría de GEstión para la Prtección Ambiental-SEMARNAT .
- SEMARNAT. (2001). *Guia para la gestión integral de los residuos sólidos municipales.* DF: Secretariía de medo ambiente y recursos naturales.
- SEMARNAT. (2009). *Manual de especificaciones técnicas para la construcción de rellenos sanitarios para residuos sólidos urbanos y residuos de manejo especial.* México, DF.: Contrato DGRMIS-DAC-DGFAUT-No. 018-2009.
- SEMARNAT. (2012). *Informe de la situación del medio ambiente en México.* Obtenido de Suelos .
- SEMARNAT. (2017). *NOM-083-SEMARNAT-2003.*
- Sexton. (1979). *buscar.*
- Xicotepec, G. N. (2000). *Panorámica (Monografía) de Xicotepec.* Xicotepec.
- Xicotepec, H. A.-2. (2014-2018). *Xicotepecpue.gob.mx.*

ANEXOS

Anexo I

a) Entrevistas

ENTREVISTA SITUACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES

Nombre: Felipe Valderrabano

Cargo: Director del servicio de limpia

¿Cuál es la ubicación del sitio de la disposición final de los RSU?

Está ubicado a 6 km de la cabecera en el km172 de la carretera México-Tuxpan

¿Cuál es la situación actual del tiradero a cielo abierto y desde cuando es operado?

El tiradero es operado desde hace 20 años. Actualmente no tiene acceso controlado ni monitoreo de los residuos ingresado, además han llegado quejas de los residuos y que estos caen al río del Cajón.

¿Existen estudios previos que determinen características del suelo donde se encuentra actualmente el tiradero de basura? No

¿Existen estudios de aguas subterráneas? No

¿Existen estudios sobre los lixiviados y gas producido? No

¿Existen evaluaciones ambientales, documentos o datos históricos de impactos producidos por el tiradero de basura? No

¿El tiradero del Zoquital es el único sitio de disposición final? ¿Se tiene el conocimiento de otros sitios? ¿Cuáles son? Antes se tiraban los residuos cerca de la comunidad al norte, Necaxa, este también era clandestino.

¿Cuáles son los estudios que se han hecho acerca de la generación y composición de basura, en caso de que no, bajo qué parámetros se opera la gestión de los RSU? Sólo un estudio general de la composición de los residuos en la cabecera y se realizó una prueba piloto de un proyecto de separación.

¿Puedes decirme como se opera la gestión de los RSU y en específico su disposición final?

Se limpian las calles, el centro principalmente, los pepenadores primero comienzan a separar la basura, después en cada punto de acuerdo a las calles se recolecta la basura y esta al final del día se lleva a depositar al tiradero del Zoquital. Diariamente 40 toneladas y en los domingos sólo del mercado aproximadamente 10 ton.

¿Sabes cuál es el costo de operación para la gestión de los RSU? ¿Y el costo aproximado por la disposición final? No

¿Cuáles son los equipos con los que se cuentan, desde la disposición inicial hasta final y cuántos operadores laboran en el manejo? Se cuenta con 4 unidades de recolección de 10 toneladas cada una y 4 recolectores.

¿Existen planes, programas, proyectos o una agenda local (21) en relación con gestión de los RSU? Plan de manejo de los residuos sólidos (En un video en Facebook)

¿Cómo es la respuesta de los ciudadanos ante la propuesta de separación de los residuos? Buena, aunque sólo los primeros días, actualmente poca gente y aún en el centro con los botes de basura de acuerdo a su tipo la gente no lo separa.

ENTREVISTA SITUACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES

Nombre: Anónimo

¿Conoces y separas los residuos de acuerdo a sus características o composición?

No, sólo algunas veces refalamos los platicos y los productos naturales como abono.

¿Dónde depositas los residuos domésticos y cada cuántos días?

3 veces a la semana, martes, jueves, sábado a las 7 pm aproximadamente.

¿Tienes conocimiento acerca de cómo se realiza la gestión de los RSU en el municipio?

Sólo sé de un tiradero municipal

¿Cuántos kilos o bolsas de residuos domésticos aproximadamente desechas cada vez que dispones los residuos en los sitios para su procesamiento?

3 o 4 bolsas de residuos grandes por toda la familia

¿Tienes alguna idea de cuál la composición de la basura en tu hogar, que tipo de residuos desechas más? Del 1 al 5, mayor a menor

Papel y cartón 1

Vidrio

Tetrabricks 2

Residuo orgánico 3

Residuo inerte

Metal Algunas veces

Peligrosos

De no disponer los residuos a los servicios municipales de limpia, ¿en dónde o de qué forma los eliminas? En los tiraderos de algunos terrenos, actualmente algunas personas lo hacen.

En caso de realizarse un estudio acerca de la generación y composición de basura, ¿podrías cooperar?

Si, a veces los separamos, porque al final el municipio junta todo, entonces no sirve de nada. Si estoy muy dispuesta a separar.

b) Aplicación de Check list conforme a la norma NOM-083-SEMARNAT

Anexo A / 1

**- GUIA DE VERIFICACIÓN DE LA NOM-083-SEMARNAT-2003¹⁵ -
(Lista de chequeo)**

1. Datos Generales.

Estado Puebla
Municipio Xicotepec
Dirección Centro de la ciudad s/n Col. centro C.P. 73080
Teléfono _____
Fax 7640142 Correo Electrónico infoxicotepec@hotmail.com
Nombre de la persona que apoyó en llenar el formulario por parte del municipio: Felipe Valderrabano Cazares
Cargo / puesto: Director del servicio de limpia
Dirección _____
Teléfono _____
Fax _____ correo electrónico: _____

2. Información general del actual sitio de disposición final

Nombre del lugar: El zoquital km 171
Coordenadas geográficas: 20°18'56.6"N 97°57'16.7"E
El sitio de disposición final es:
 Municipal
 Privado (rentado prestado comodato
 Concesionado
¿Cuál es la cantidad diaria que el municipio deposita en el sitio de disposición final?
40 ton / día
¿Cuál es el área total del sitio? 80 km² ha. _____ hectáreas
¿Cuál es el área para la disposición final? 7.5 ha _____ hectáreas
¿En que año se empezó la disposición final? 1996
¿Cuál es el volumen estimado disponible? - m³
¿Cuál es la vida útil estimada? 22 años
¿Hay pepenadores en el sitio de disposición final (cuantos)? 15

3. Proyecto ejecutivo y Evaluación / manifestación del impacto ambiental

¿El sitio de disposición final cuenta con un proyecto ejecutivo? (6, 7, 8 y 9)
 Sí; No
El sitio de disposición final ¿cuenta con una evaluación o manifestación del impacto ambiental? (10.5.5)
 Sí; No

¹⁵ Los numerales entre paréntesis corresponden a las secciones indicadas dentro de la NOM-083-SEMARNAT-2003

4. Ubicación

4.1 ¿Qué tipo de residuos ingresa al sitio de disposición final? (5.1)

- Residuos sólidos urbanos (RSU)
 Residuos de manejo especial (RME)
 Residuos peligrosos
 Residuos biológico- infecciosos
 Otros, indicar _____

4.2 ¿A qué tipo corresponde el sitio? (5.2)

- Tipo A (> 100 ton/día)
 Tipo B (50 hasta 100 ton/ día)
 Tipo C (10 hasta 50 ton/día)
 Tipo D (Menor a 10 ton/día)

4.3 ¿El sitio está ubicado a una distancia menor de 13 kilómetros del centro de la(s) pista(s) de un aeródromo de servicio público o aeropuerto? (6.1.1)

- Sí No

4.4 El sitio está ubicado en un área natural protegida? (6.1.2)

- Sí No

4.5 ¿Cuál es la distancia del sitio de disposición final a localidades (existentes y contempladas en el plan de desarrollo) mayores de 2,500 habitantes? (6.1.3)

Distancia 8km m

4.6 ¿El sitio de disposición final se ubicó en zona(s) de: marismas, manglares, pantanos, humedales, estuarios, planicies aluviales, fluviales, recarga de acuíferos, arqueológicas, cavernas, fracturas o fallas geológicas? (6.1.4)

- Sí No

En caso afirmativo, ¿de qué? _____

4.7 ¿El sitio de disposición final se ubica dentro o fuera de zonas de inundación con periodos de retorno de 100 años? (6.1.5)

- dentro fuera

4.8 ¿El sitio de disposición final se ubica en una distancia inferior de 500 m respecto a cuerpos de agua superficiales con caudal continuo, lagos y lagunas? (6.1.6)

- Sí No 700 m el río cajón

4.9 ¿El sitio de disposición final se ubica fuera de las restricciones marcadas por la norma respecto a pozos de extracción de agua en operación y abandonados? (6.1.7)

- Sí; No

5. Estudios y análisis previos realizados para la selección del sitio

5.1 Describir el marco geológico regional (solo tipo A) (6.2.1)

5.2 Describir la situación hidrogeológico regional (solo tipo A) (6.2.2)

— se desarrollará en capítulo IV

5.3 Listar los estudios realizados y describir sus resultados respecto al cumplimiento con la NOM-083 (6.3 a 6.5)

No hay estudios

6. Características constructivas

¿El sitio de disposición final tiene alguna barrera de impermeabilización?

Tipo A hasta C, conforme el punto 7.1 de la NOM-083-SEMARNAT-2003

Sí No

Tipo D conforme el punto 8.1 de la NOM-083-SEMARNAT-2003

Sí; No

6.2 ¿Se dispone de un sistema de captación de biogás y se realiza su extracción (Tipo A hasta C)? (7.2)

Sí No

Breve descripción del mismo: _____

¿Se realiza la quema del biogás permanente o hay un aprovechamiento energético (transformación en energía) (Tipo A hasta C)?

Sí No

Breve descripción del mismo: _____

6.3 ¿Se dispone de un sistema de captación de lixiviados y se realiza su extracción (Tipo A hasta C)? (7.3)

Sí No

¿Cuenta con sistema de tratamiento de lixiviados (tipo A hasta C)?

Sí No

en caso afirmativo:

rebombear evaporación Otro, ¿Cuál? _____

6.4 ¿Existe un sistema de drenaje pluvial para el desvío de escurrimientos pluviales y el desalojo del agua de lluvia (tipo A hasta C)? (7.4)

Sí No

6.5 ¿Existe una área de emergencia (tipo A hasta C)? (7.5)

Sí No

7. Características operativas

7.1 ¿La compactación de los residuos sólidos depositados alcanza la densidad establecida?

Para tipo A (> 800 kg/m³), B (> 500kg/m³), C (> 500 kg/m³) (7.6)

Sí No

Para tipo D (> 300kg/m³) (8.2)

Sí No

7.2 ¿Los residuos son cubiertos en la forma especificada en la NOM-083-SEMARNAT-2003?

Tipo A hasta C, en forma continua y dentro de un lapso menor a 24 horas posteriores a su depósito (7.7)

Sí; No

Tipo D, por lo menos una vez a la semana (8.3)

Sí; No

7.3 ¿Existen las medidas de control para materiales ligeros, fauna nociva e infiltración pluvial (tipo A hasta C)? (7.7)

Sí ¿cuales? _____

No

7.4 Para tipo D, ¿existen las medidas de control para evitar el ingreso de residuos peligrosos? (8.4)

Sí ¿cuales? _____

No

8. Infraestructura

¿El sitio de disposición final cuenta con las infraestructuras necesarias conforme su tipo? (7.9; 8.4; 8.5; 8.6)

Infraestructura	Tipo				Sí	No
	A	B	C	D		
Camino de acceso	X	X	X		X	
Camino interiores	X	X			X	
Cerca perimetral	X	X	X	X		X
Caseta de vigilancia y control de acceso	X	X	X	X		X

Infraestructura	Tipo				Sí	No
	A	B	C	D		
Báscula	X	X				X
Agua potable, electricidad y drenaje	X	X				X
Vestidores y servicios sanitarios	X	X	X			X
Franja de amortiguamiento (Mínimo 10 metros)	X	X	X			X
Oficinas	X					X
Servicio Médico y Seguridad Personal	X					X

Observaciones:

9. Control y Monitoreo (para tipo A hasta C)

9.1 ¿En el sitio de disposición final se cuenta con un manual de operación conforme a la NOM-083? (7.10-a)

Sí; Parcial No

Observaciones: _____

9.2 ¿En el sitio de disposición final se cuenta con un control de registro conforme a la NOM-083? (7.10-b)

Sí; Parcial No

Observaciones: _____

9.3 ¿En el sitio de disposición final hay un informe mensual de actividades requeridas por la NOM-083? (7.10-c)

Sí; Parcial No

Observaciones: _____

9.4 ¿Existe un programa de control de impactos ambientales? (7.11)

Sí; Parcial No

Observaciones: _____

10. Clausura final (todas los tipos)

¿Las partes clausuradas en el sitio de disposición final cuentan con los requisitos indicados en el punto 9 de la NOM-083-SEMARNAT-2003?

	Si	Parcial	No
(9.1) Cobertura final			
(9.2) Conformación final			
(9.3) Mantenimiento			
(9.4) Programa de monitoreo			
(9.5) Uso final del sitio			

Observaciones: _____

11. Observaciones adicionales

Nombre, firma y fecha del levantamiento:

LISTA DE DICTAMEN PARA LOS CONTENIDOS DE LOS PLANES DE REGULARIZACIÓN CONFORME LA NOM-083-SEMARNAT-2003
(dirigido a las autoridades ambientales estatales)

1. Datos Generales

Estado Puebla
Municipio Xicotepec

Dirección Centro de la ciudad,s/n Col. Centro C.P. 73080
Teléfono 7640142
Fax _____ Correo Electrónico _____

Nombre de la persona que apoyó en llenar el formulario por parte del municipio: Felipe Valderrabano
Cargo / puesto: Director del servicio de limpia publica
Dirección _____
Teléfono _____
Fax _____ correo electrónico: _____

2. Información general del actual sitio de disposición final

¿Se requiere información general adicional (puntos 3, 4 y 5 de la lista de chequeo)?

Si punto 3 punto 4 punto 5
 No punto 3 punto 4 punto 5

Observaciones: _____

3. Características constructivas

3.1 ¿Se requiere un sistema de captación de biogás?

Si No Adecuaciones

Observaciones: Debido a la cantidad de biogás producido

3.2 ¿Se requiere un sistema de quema o aprovechamiento de biogás?

Si No Adecuaciones

Observaciones: _____

3.3 ¿Se requiere de un sistema de captación de lixiviados?

Si No Adecuaciones

Observaciones: Dado que no existen canales y todo el lixiviado baja a la comunidad
aledaños, el cajón

3.4 ¿Se requiere de un sistema de tratamiento de lixiviados? (tipo A hasta C)

Si No Adecuaciones

Observaciones: Por la cantidad de precipitación pluvial

3.5 ¿Se requiere de un sistema de desvío de aguas pluviales? (tipo A hasta C)

Sí No Adecuaciones

Observaciones: Dada la dirección del lixiviado se requieren adecuaciones.

3.6 ¿Se requiere una área de emergencia (tipo A hasta C)?

Sí No Adecuaciones

Observaciones: _____

4. Características operativas

4.1 ¿Se requiere medidas de mejoramiento de compactación?

Sí No Adecuaciones

Observaciones: _____

4.2 ¿Se requiere medidas de control para materiales ligeros, fauna nociva e infiltración pluvial (tipo A hasta C)?

Sí; No Adecuaciones

Observaciones: _____

4.3 Para el tipo D, ¿Se requiere medidas de control para evitar el ingreso de residuos peligroso?

Sí No Adecuaciones

Observaciones: _____

5. Infraestructura

5.1 ¿Se requiere caminos de acceso (tipo A hasta C)?

Sí No Adecuaciones

Observaciones: _____

Son un poco inaccesibles

5.2 ¿Se requiere caminos de acceso (tipo A hasta B)?

Sí No Adecuaciones

Observaciones: _____

5.3 ¿Se requiere cerca perimetral (tipo A hasta D)?

Sí No Adecuaciones

Observaciones: _____

5.4 ¿Se requiere caseta de vigilancia y control de acceso (tipo A hasta D)?

Sí No Adecuaciones

Observaciones: Todos tienen acceso y no sólo por la entrada principal

5.5 ¿Se requiere bascula (tipo A hasta B)?

Sí No Adecuaciones

Observaciones: _____

5.6 ¿Se requiere agua potable, electricidad y drenaje (tipo A hasta B)?

Sí No Adecuaciones

Observaciones: _____

5.7 ¿Se requiere vestidores y servicios sanitarios (tipo A hasta C)?

Sí No Adecuaciones

Observaciones: _____

5.8 ¿Se requiere una franja de amortiguamiento (tipo A hasta C)?

Sí No Adecuaciones

Observaciones: _____

5.9 ¿Se requiere oficinas (tipo A)?

Sí No Adecuaciones

Observaciones: _____

5.10 ¿Se servicio médico y seguridad personal (tipo A)?

Sí No Adecuaciones

Observaciones: _____

6. Control y Monitoreo (para tipo A hasta C)

6.1 ¿Se requiere un manual de operación conforme a la NOM-083?

Si No Adecuaciones

Observaciones: urgente _____

6.2 ¿Se requiere un control de registro conforme a la NOM-083?

Si No Adecuaciones

Observaciones: _____

6.3 ¿Se requiere un informe mensual de actividades requeridas por la NOM-083?

Si No Adecuaciones

Observaciones: _____

6.4 ¿Se requiere un programa de control de impactos ambientales?

Si No Adecuaciones

Observaciones: Actualmente presenta una contaminación severa _____

7. Clausura final (todas los tipos)

¿Se requiere un proyecto de clausura final del sitio de disposición final conforme los requisitos indicados en el punto 9 de la NOM-083-SEMARNAT-2003?

	Si	Parcial	No
(9.1) Cobertura final	x		
(9.2) Conformación final	x		
(9.3) Mantenimiento	x		
(9.4) Programa de monitoreo	x		
(9.5) Uso final del sitio			x

Observaciones: Necesaria vegetación _____

8. Decisión Final

Plan de Regularización (PR) para la rehabilitación Si; No

Plan de Regularización (PR) para la clausura final Si; No

Clasificación: Sitio controlado

Clasificación: Tiradero / Basurero

9. Observaciones adicionales

Nombre, cargo, firma, lugar y fecha de la decisión:

No hay un compromiso, no se puede poner una fecha debido

~~a los presupuestos y otras limitantes.~~

c) Tormenta de ideas

Se ha recopilado información por el método de tormenta de ideas mediante una junta con la asistencia del Director del Organismo Operador del Servicio de Limpia, el Subdirector del Organismo Operador del Servicio de Limpia, el Director de Obras Públicas y una ciudadana. A continuación, se presenta un resumen de la técnica aplicada.

Preparación, en esta etapa se ha introducido a los presentes y explicado la idea central, el problema del manejo de los residuos sólidos en el municipio de Xicotepec, proponiendo una observación y análisis contextual de la situación desde cada perspectiva de los actores presentes.

Incubación, durante esta etapa, se ha permitido hablar y expresar libremente la visión que tiene cada uno de la problemática actual de los RSU, algunas de las expresiones fueron las siguientes

“Pienso que la problemática de los residuos sólidos radica en la nula separación de los residuos actualmente en el municipio, apoyo mucho a las campañas que enseñan y concientizan a los ciudadanos, yo he visto en mi propia familia como el proceso de concientización se ha desarrollado, por ejemplo, nosotros separamos la basura en inorgánica y orgánica, los residuos provenientes de comidas son destinados para abono a la tierra y los inorgánicos como bolsas de basura son reusados para despachar los productos en una ferretera, así también las botellas de PET son vendidas y en algunas ocasiones hemos llevado los libros y libretas usados para ser procesados debidamente” Director de Obras Públicas

“Estoy de acuerdo con lo que dice el Director, a eso puedo agregar que esas acciones han funcionado para menguar la disposición final de los residuos sólidos. A mí en lo personal me gusta mucho como se han tratado los residuos sólidos en el municipio de Cholula, con la planta separadora de residuos, pienso que esa acción es una muy buena implementación, me gustaría poder algún día hacer una visita para saber cómo se trabajan los residuos” Director del Organismo Operador de Servicio de Limpia.

“También otro ejemplo del tratamiento de los residuos es el municipio de Zacatlán que ha optado por un tiradero a cielo abierto controlado, no se ha vuelto relleno, pero han podido apaciguar y disponer los residuos de manera que casi se han eliminado los contaminantes, de hecho, no hay olores y se manejan muy bien la producción de lixiviados” Director de Obras Públicas

“Yo creo que esas dos acciones son buenas y sería lo ideal para el manejo de los residuos en nuestro municipio de Xicotepec, por mi parte, yo sé que en todo el país no han dado resultado la normativa para la regularización y muchos municipios siguen operando sin planes para el manejo y disposición final de los residuos sólidos, sé que en la Ciudad de México se quiere implementar una nueva forma de valorizar los residuos que

se encuentran en el tiradero del bordo de Xochiaca, mediante la incineración de los residuos” Ciudadana.

“Yo lo que veo es que es difícil poder implantar programas pues a veces los ciudadanos no los siguen o personas como pepenadores intervienen en el manejo de los residuos” Subdirector del Organismo Operador del Servicio de Limpia.

Expresión de ideas

“Pues creo que esas pequeñas acciones de la separación son las óptimas para comenzar avanzar en el municipio, yo estoy a favor de eso” Director de Obras Públicas.

“Las plantas de separación son muy caras en la inversión, sin embargo, sería bueno comenzar haciendo eso, una valorización, aunque sí, los pepenadores intervienen mucho en el sistema. Invertir para una planta de separación es una gran acción, pero por ahora el cabildo no cuenta con los recursos” Director del Organismo Operador del Servicio de Limpia.

“Si, yo he visto cómo los pepenadores operan en muchos sitios donde se encuentra la basura, obteniendo mucho material reciclable y con respecto a la planta separadora, podría ser bueno una inversión privada en trabajo conjunto con la administración” Ciudadana.

Evaluación

“Yo creo en las dos acciones, una planta separadora de residuos y un relleno sanitario” Ciudadana

“El relleno sanitario sería un poco difícil de operar, dadas las características del clima en el municipio, además la contaminación sigue, como en el tiradero a cielo abierto, por eso refundo la idea de la planta separadora, además nadie querría vivir cerca de un relleno” Director del Organismo Operador del Servicio de Limpia.

“La idea para la creación de un relleno ha sido planteada por tres municipios en conjunto, sin embargo, hasta donde tengo entendido la planeación que se hizo para el relleno fue de 20 años y solamente estuvo activo 3 años” Director de Obras Públicas.

“Pienso que hay que trabajar para proponer acciones que tal vez no se ejecuten a corto plazo, pero sí que se empiecen a incubar” Ciudadana.

“Claro, la idea de que el municipio tenga un mejor manejo de los residuos está latente dado que ahora es Pueblo Mágico, además tal vez por ahora no haya disposición para estas nuevas formas de procesamiento, pero cuando veamos que algunos de los pepenadores, o por ejemplo alguna escuela tenga un foco de infección por el drenaje contaminado, entonces sí, vamos a querer operar y responder con soluciones, espero no sea muy tarde” *Director de Obras Públicas.*

Anexo II

a) Disposiciones generales del sitio

Por lo que refiere al sitio final para la disposición de los residuos es conveniente realizar el estudio del sistema para correlacionar la mejor opción de disposición final, empero, el desarrollo de cada etapa del sistema dependerá de la urgencia del manejo de los residuos en la comunidad. Por lo que la disposición final de los residuos sólidos es si se puede decir, la parte fundamental del sistema de gestión de residuos, pues constituye la última etapa del sistema, donde los residuos, en muchos casos, son simplemente abandonados a las capas inferiores terrestres o caso contrario derramados y vertidos en zonas no establecidas ni reguladas por la jurisdicción que le compete. Los rellenos sanitarios pueden concebirse no sólo como la disposición final del sistema, sino paralelamente un tratamiento mecánico o químico si se requiere, con el fin de aprovechar al máximo las características de los residuos haciendo una correcta valoración energética.

La NOM-083-SEMARNAT-2003 propone todo un estudio para la implementación de un relleno sanitario como disposición final de los residuos. Describe los estudios previos, clasificación y características para la creación y operación de los residuos sólidos. Además, esta Norma Oficial Mexicana, cuenta con manuales y guías para el cumplimiento, regularización y especificaciones técnicas para la construcción de los rellenos sanitarios mismos que conjuntamente se analizan para complementar y normalizar la disposición final de los residuos sólidos urbanos.

Los residuos sólidos urbanos que no han sido sometidos a tratamientos o aprovechamiento deben disponerse en sitios con apego a la norma NOM-083-SEMARNAT-2003, de conveniencia obligatoria en el país, la cual categoriza a los sitios de disposición final como:

TIPO	TONELAJE RECIBIDO TON/DÍA
A	Mayor a 100
B	50 hasta 100
C	10 y menor a 50
D	Menor a 10

Estudios previos para la selección del sitio

Estudio geológico. - Determina la forma interior de las capas terrestres, materiales, mecanismo de formación, textura, estructura actual y cambios, así como rocas que describe el sitio. “Deberá determinar el marco geológico regional con el fin de obtener su descripción estratigráfica, así como su geometría y distribución, considerando también la identificación de discontinuidades, tales como fallas y fracturas. Asimismo, se debe incluir todo tipo de información existente que ayude a un mejor conocimiento de las condiciones del sitio; esta información debe ser de cortes litológicos de pozos perforados en la zona e informes realizados por alguna institución particular u oficial” (NOM-083-SEMARNAT-2003).

Estudio hidrogeológico. – Define la ubicación de las evidencias y uso de agua subterránea, para conocer el gradiente hidráulico, así como para determinar el volumen de extracción, tendencias de la explotación y planes de desarrollo. También sirve para identificar el tipo de acuífero, relaciones de unidades hidrogeológicas y determinar la dirección de flujo subterráneo regional, a fin de conocer origen, función, circulación, interacción y propiedades de las aguas subterráneas.

Estudios previos en el sitio para la construcción y operación de un sitio de disposición final

Estudio topográfico.- Determinan la altimetría y planimetría con base al “conjunto de principios y procedimientos que tienen por objeto la representación gráfica de la

superficie del terreno, sus formas y detalles, tanto naturales como artificiales, a través de un conjunto de métodos y procedimientos que tienden a conseguir la representación a escala de todos los detalles interesantes del terreno sobre una superficie tanto plana como con relieves, para determinar y representar la altura; también llamada "cota", de cada uno de los puntos, respecto de un plano de referencia (planos de curvas de nivel, perfiles, etc.)" (SEMARNAT, Manual de especificaciones técnicas para la construcción de rellenos sanitarios para residuos sólidos urbanos y residuos de manejo especial, 2009) , plasmando los datos en las cartas topográficas del sitio.

Estudio geotécnico. - Se realizan para obtener elementos de diseño para proteger el suelo, subsuelo, agua superficial y subterránea, estabilidad de obras civiles y el del sitio de disposición final de residuos. *“Para evitar riesgos constructivos se deber considerar el volumen, localización y tipo de materiales a excavar, además de la maquinaria a emplear; ubicación y características de los materiales de préstamo; así como la profundidad del nivel freático y riesgos por infiltraciones, arrastres, erosiones internas, etc.”* (SEMARNAT, Manual de especificaciones técnicas para la construcción de rellenos sanitarios para residuos sólidos urbanos y residuos de manejo especial, 2009). Especificación de los siguientes puntos:

Explotación y muestreo	Estudios de laboratorio
Exploración para definir sitios de muestreo	Clasificación de muestras según el Sistema Unificado de Clasificación de suelos
Muestreo e identificación de muestras	Análisis granulométrico
Análisis de permeabilidad de campo	Permeabilidad y humedad.
Peso volumétrico In-situ	Prueba Proctor
	Límites de consistencia (Límites de Atterberg)
	Consolidación unidimensional

Así como evaluación geológica para precisar litología de los materiales, geometría, distribución y fallas y fracturas geológicas, a la par, la evaluación hidrogeológica, determinando parámetros hidráulicos y características físicas, biológicas y químicas del agua.

Estudio climatológico. - Este estudio sirve para determinar la climatología del sitio con base a la inundabilidad de la zona con periodos de retorno, precipitación pluvial y vientos dominantes, la NOM-083-SEMARNAT-2003 no especifica este requerimiento pero sin embargo es necesario.

Estudios de generación y composición

Generación de composición de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial. – Estos estudios ya se han analizado en el punto de generación de residuos sólidos en el presente capítulo, empero, es útil mencionar que la NOM-083-SEMARNAT-2003 exige este tipo de estudios para la creación del sitio de disposición final de los residuos.

Generación de biogás. – Para cumplimiento de la NOM-083-SEMARNAT-2003, se debe estimar la cantidad de biogás mediante los análisis químicos y estequiométricos específicos.

Los rellenos sanitarios constantemente presentan gases compuestos de SH₂, mercaptanos, entre otros elementos que si no son controlados generan una gran contaminación, además de ser liberados y suscitar olores nauseabundos e insanos para la población. Los principales componentes que se desprenden son por ejemplo: metano (CH₄) en una proporción del 45 al 60% en volumen, dióxido de carbono (CO₂), entre el 40 y el 60%, nitrógeno (N₂) del 2 al 5%, oxígeno (O₂), en torno al 1% así como amoniaco, hidrógeno, monóxido de carbono, entre otros. El volumen de los compuestos varía en función de aspectos como la composición del residuo, edad del vertido, climatología, geometría del vaso de vertido y operatividad.

La producción de biogás estima una captación del 85% del promedio total, ya que por fugas en las tuberías o la retención del gas en el vertedero no se obtiene el 100%. Durante los primeros 6 meses a los 3 años de operación se obtienen las

concentraciones más altas de la producción, con un comienzo tardío en la producción de biogás, es decir, a partir de los 3 meses de operación se ven resultados consistentes. La operación de la biometanización tiene en promedio de 10 años a 15 años de vida.

Para el cálculo de la producción de biogás, debe estimarse la composición de los residuos sólidos recolectados en el relleno sanitario, como lo son residuo rápidamente biodegradable (RVP), residuo lentamente biodegradable (RLP) y residuo no degradable biológicamente (RNP), con ayuda de las siguientes expresiones:

$$PG = PTU \times Kc / e^{TM} \text{ siendo } TM = Kc \times t$$

Donde:

PG producción de gas en m³/ton/año

PTU m³ biogás por tonelada de residuo

Kc es el coeficiente cinético asociado a la velocidad de producción del biogás y tiene la expresión

$Kc = Ln(1 / Kr)$ siendo Kr el coeficiente de regresión de la curva de producción de biogás

$Kr = (1 - (H / 100))^{1/3}$ siendo H la humedad estimada del residuo en %

t es el tiempo transcurrido desde la deposición del residuo hasta el momento de cálculo

Para el cálculo de PTU se tiene la expresión:

$PTU = Kud \times LFG$ Siendo Kud el coeficiente de corrección de la humedad del residuo y LFG los m³ de biogás producidos por tonelada.

$Kud = 180^n + 3,5 \times H$ siendo H la humedad estimada del residuo en % y $n = 1/H$.

$LFG = 1,868 \times C_{bio} \times Kd$

Para el cálculo del carbono biodegradable C bio se tiene la expresión:

Donde $C_{bio} = C_i \times f_b \times ((1 - u) \times R)$

Ci es el % de carbono orgánico del tipo de residuo sobre materia seca

Fb es la fracción biodegradable de Ci

U es el contenido en agua del tipo de residuo

R es la cantidad de cada tipo de residuo en porcentaje sobre el total de la masa de residuo

Generación de lixiviados. La NOM-083-SEMARNAT-2003 exige una cuantificación del lixiviado producido mediante un balance hídrico.

El movimiento de los lixiviados se expresa con la Ley Darcy:

$$Q = -k A (dh/dL)$$

Donde:

Q = descarga de lixiviado por unidad de tiempo

k = coeficiente de permeabilidad o conductividad hidráulica

A = área a través de la cual discurre el lixiviado

L = longitud del camino

La extracción de lixiviados se concentrará a la vez con las aguas pluviales situando la captación en el punto de cota topográfica más bajo del relleno sanitario. La capa inferior de grava del relleno quedará cubierta con un geotextil no tejido de polipropileno de 350 gr/m², para zonas de taludes con pendientes de 20% o más se cubrirá con un geocompuesto drenante.

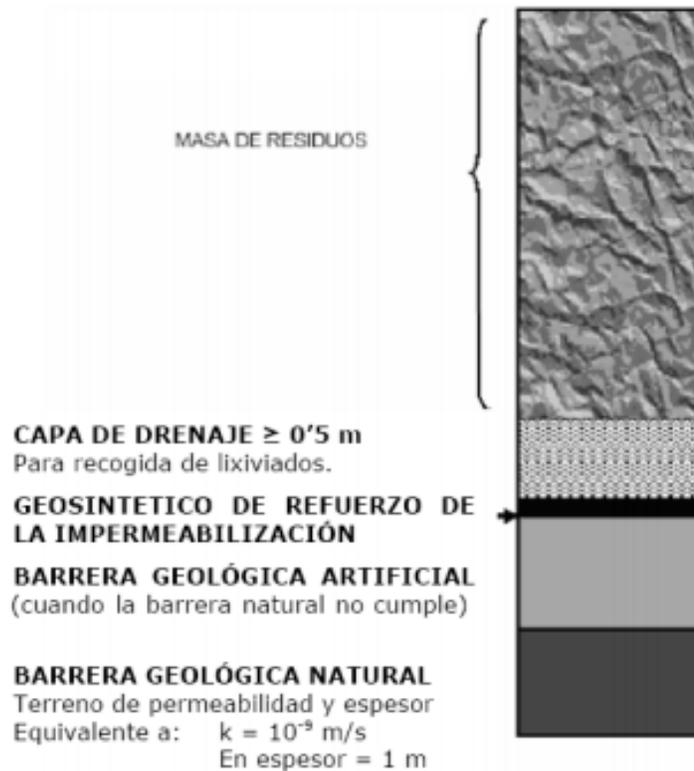


Ilustración 44 Esquema general de impermeabilización (SEMARNAT, Manual de especificaciones técnicas para la construcción de rellenos sanitarios para residuos sólidos urbanos y residuos de manejo especial, 2009)

Para estimar el balance hídrico es necesario recurrir a la expresión para estimar la cantidad de lixiviado producido (L_o) en el relleno sanitario tal que:

$$L_o = P - V_t - V_e - ES - W_b - W_c = (P - V_t - V_e - ES)$$

Donde:

P , precipitación. Estimado a partir de datos meteorológicos registrados.

V_e , liberación de agua a la atmósfera por evaporación; y V_t por transpiración.

ES , escorrentía superficial.

W_c representa la retención y acumulación de agua también llamada consolidación.

W_b , representa el consumo de agua en las transformaciones biológicas anaerobias de la materia orgánica y formación del biogás.

Para conocer el balance hidrológico se puede valorar con la relación de:

$$L_o = I - E - a . P$$

Donde:

Lo, producción de lixiviado, m³/año

I, entrada total de líquidos, (m³/año)

E, evaporación y transpiración, (m³/año)

a, capacidad de absorción de la humedad por parte de los residuos (m³/t)

P, vertido de residuos, (t/año)

Calculo de capacidad: refiere a la capacidad nominal que tiene el relleno sanitario siendo una estimación preliminar, pues la capacidad dependerá de la demanda estacionaria, cualitativa y cuantitativa de los residuos, lo cual se obtiene con características como, población atendida, generación de residuos por habitante y día, método de explotación, volumen del sitio, altura, de cada capa o celda, número de capas, altura de los residuos y su densidad de compactación.

Para el cálculo de la cantidad de residuos anulmente (Pn):

$$Pn \text{ (ton/año)} = H \text{ (hab)} \times RS \text{ (kg/hab día)} \times 0.365$$

Donde:

$$Pn = \text{Población atendida (hab)} \times \text{Residuos por habitante y día (kg/hab y día)} \times 365 \text{ días/año} / 1,000 \text{ (ton/kg)}$$

Volumen del relleno: otro análisis necesario para la disposición de los residuos, es el volumen final, obteniéndose a partir del nivel de compactación que se ha logrado con los residuos que a la vez depende del tipo de residuo, humedad, pluviometría, método de explotación y el comportamiento futuro de los residuos.

Se calcula según datos de densidad en promedio de 600 a 800 kg/m³:

$$V \text{ (m}^3\text{/año)} = Pn \text{ (ton/año)} / D \text{ (kg/m}^3\text{)}$$

Donde:

$$V = \text{Cantidad de residuos (ton/año)} / \text{Densidad (kg/m}^3\text{)}$$

Volumen eficaz: este volumen es útil para el cálculo real de la capacidad del relleno sanitario, pues se estima una máxima utilización del 99% teniendo como error un valor del 0.1, pues se contará con la instalación de elementos intercalados y la explotación misma.

Se calcula como:

$$V_{ef} \text{ (m}^3\text{/año)} = V \text{ (m}^3\text{/año)} \times ef \times cp$$

Donde:

$V_{ef} = \text{Volumen de residuos depositados (m}^3 \text{ /año)} * \text{Coeficiente eficiencia}$

* Coeficiente capas intermedias

$ef = \text{Coeficiente de corrector de eficiencia en el vertido (ef = 1/ 0.99)}$

$cp = \text{Proporción del volumen requerido para las capas intermedias de cubrición (cp= 1.2 – 1.25)}$

Vida útil: para conocer la vida útil del relleno sanitario medida en años es necesario calcular el volumen disponible que se tiene para la operación y explotación, dependiente del volumen eficaz igualmente.

Por tanto, la expresión queda como:

$$Vida\ útil\ (años) = Volumen\ disponible\ (m^3) / Volumen\ eficaz\ \left(\frac{m^3}{año}\right)$$

$$A\ (años) = Vd\ (m^3) / Vef\ (m^3 / año)$$

Explotación y operación

Manual de operación: Para especificaciones de la NOM-083-SEMARNAT-2003, debe de realizarse un manual de operación con características como, tipología de los residuos, cantidad de los residuos, mantenimiento, control y monitoreo de la generación de los lixiviados, del biogás y de los acuíferos. Y para el procedimiento de operación se especificará la recepción, depósito y procesado de los residuos, grado de compactación de acuerdo al tipo de relleno sanitario, así como perfil de puestos y equipos, reglamento interno, plan de mantenimiento posterior y propuesta para cierre, clausura y uso futuro, planes de contingencia.

Sitio		Compactación de residuos Kg/m3	Recepción de residuos sólidos ton/día
A	A1	Mayor a 700	Mayor de 750
	A2	Mayor de 600	100-750
B		Mayor de 500	50-100
C		Mayor de 400	10-50

Ilustración 45 Tabla de los tipos de sitio y la compactación requerida

Clausura

Cobertura final: proporciona una separación física del residuo y la posible vida animal y vegetal del mismo, aislando los residuos, minimizar la erosión y control el flujo de productos. Se emplea una serie de capas, la primera es llamada la capa básica, que consiste en compactar mecánicamente y mantener unidas las capas superficiales, los componentes indeformables con los que se realiza la capa serán de 0.15 m, así mismo, sobre la capa básica se coloca una capa de apoyo la cual proporciona una superficie lisa a la cobertura final, un suplemento al drenaje del biogás, así como protección de objetos punzantes.

Por último, se realiza un sellado para evitar infiltración de las precipitaciones y erosión, ya sea un sellado sintético de espesor 0.02 m o sellado mineral con arena-bentonita de espesor 0.25 m y una capa drenante con arena, la cual consiste en ayudar al sistema de drenaje a evacuar el exceso de precipitación, esta capa tendrá un espesor de 0.30 m.

Control de monitoreo: Es pertinente elaborar un programa de mantenimiento para la operación de la posclausura, por un periodo de no menos de 20 años, vigilando la cobertura final, drenajes, infraestructura de lixiviados y biogás. Este control, supone además una monitorización ambiental, analizando los posibles impactos en aire, suelo y agua. Las características que presenten los rellenos o tiraderos no regulados se apejarán a estudios para la regularización así como para su control posterior al uso, tanto para utilización del sitio como para restauración de los mismos. Los controles que se manejan por demanda de la SEMARNAT son: control y vigilancia de la topografía de la masa de residuos, haciendo un análisis del comportamiento del asentamiento final del vertedero, control de las aguas subterráneas, vigilando el nivel y composición de las mismas con ayuda de parámetros físicos y químicos, control de emisiones a la atmósfera, analizando los compuestos esparcidos, a partir de tiempo, ubicación, frecuencia etc., control de lixiviados con su respectivo volumen y composición, por último, control de aguas superficiales y condiciones meteorológicas.

Conformación final del sitio: Se hace un diseño de la forma final que puede obtenerse del sitio, cuidando aspectos paisajistas y estabilidad con la implementación de geomallas, ajustando de igual forma la tubería, sistema de captación, sistema de sellado y sistema de esaneamiento pluvial a las condiciones finales del sitio.

Mantenimiento: Esta es una característica requerida para la operación durante la vida del relleno sanitario, así como para la clausura y años posteriores a la utilización del sitio. Consiste en generar un plan de mantenimiento, describiendo equipos, elementos, dinámica, frecuencia y modo de realización del mantenimiento, con ayuda de esquemas y diagramas si se requiere.

Uso final del sitio: El uso se establece de acuerdo a estudios topográficos después de la cobertura del sitio, para saber las cualidades que conforman el sitio. Se hace una serie de propuestas para el uso posterior del sitio de tipo agrícola, reforestación, recreativo, habitable o bien industrial. Existen técnicas de tratamiento de los suelos que permitirán reforestar y revertir algunos procesos de contaminación ya sea en rellenos, cercanías o algún otro sitio que contenga in situ contaminantes además de presentar un deterioro grave. Por ello, es necesario establecer un control ambiental en la planeación de tipo suelo, aire y agua.

b) Costos

Para el establecimiento de los costos se prevé dentro de la planeación dos tipos, en primer lugar los costos de inversión, fijados a través del análisis de la vida útil, estimando la maquinaria y la obra civil. Las estimaciones para la maquinaria son mantenimiento, seguros y costos de recuperación con tasa de inversión, así como depreciaciones e IVA y para la obra civil, gastos como para controles, administración y servicios, y costos referidos a la operación y operatividad de la disposición final, como recolección de gases, disposición de los residuos, reingeniería, recolección de percolados y transporte. En lo que concierne a los costos de operación, serán fijados los costos de combustible, herramientas, préstamo de mano de obra y servicios públicos.

El estudio de costos requiere de un alto análisis de inversión y operación, con los elementos necesarios para su estudio, como ingeniería económica e ingeniería financiera.

Por último, se puede decir que la financiación debe ser directamente por parte del gobierno, pues los costos que se generan tanto por operación como pérdidas repercuten directamente a la población, lo cual en los sistemas de saneamiento, atención y prestación de servicios públicos deben de estar fijados presupuestos para sistemas de gestión de residuos o de otra manera generarse y establecerse por asignaciones del presupuesto nuevo o fondos generales de los ayuntamientos.

A partir de la estimación de presupuestos y costos de la disposición final, es posible determinar indicadores que servirán para el análisis de alternativas y así mismo, una vez instaurado el sistema integral de gestión de residuos sólidos un monitoreo y control constante de los costos.

Estos costos se pueden medir según:

Costo total por tonelada recogida

$$\frac{\$ \text{ pagados por todo concepto}}{\text{Residuos recogidos en un mes(ton)}}$$

Costo de recolección

$$\frac{\$ \text{ pagados por todo concepto en recolección un mes}}{\text{Residuos recogidos en un mes(ton)}}$$

Costo de disposición final

$$\frac{\$ \text{ pagados por todo concepto de disposición final un mes}}{\text{Residuos dispuestos en un mes(ton)}}$$

Anexo III

a) Grafo Causa-Efecto

De acuerdo al diagnóstico integrado realizado se muestra a continuación es grafo resultado con las diferentes interrelaciones que maneja entre causas primarias directas, causas secundarias indirectas, efectos primarios directos y efectos secundarios indirectos, todo con la finalidad de la representación

completa y la visualización de los factores que intervienen actualmente en el caso del tiradero en el municipio de Xicotepec.

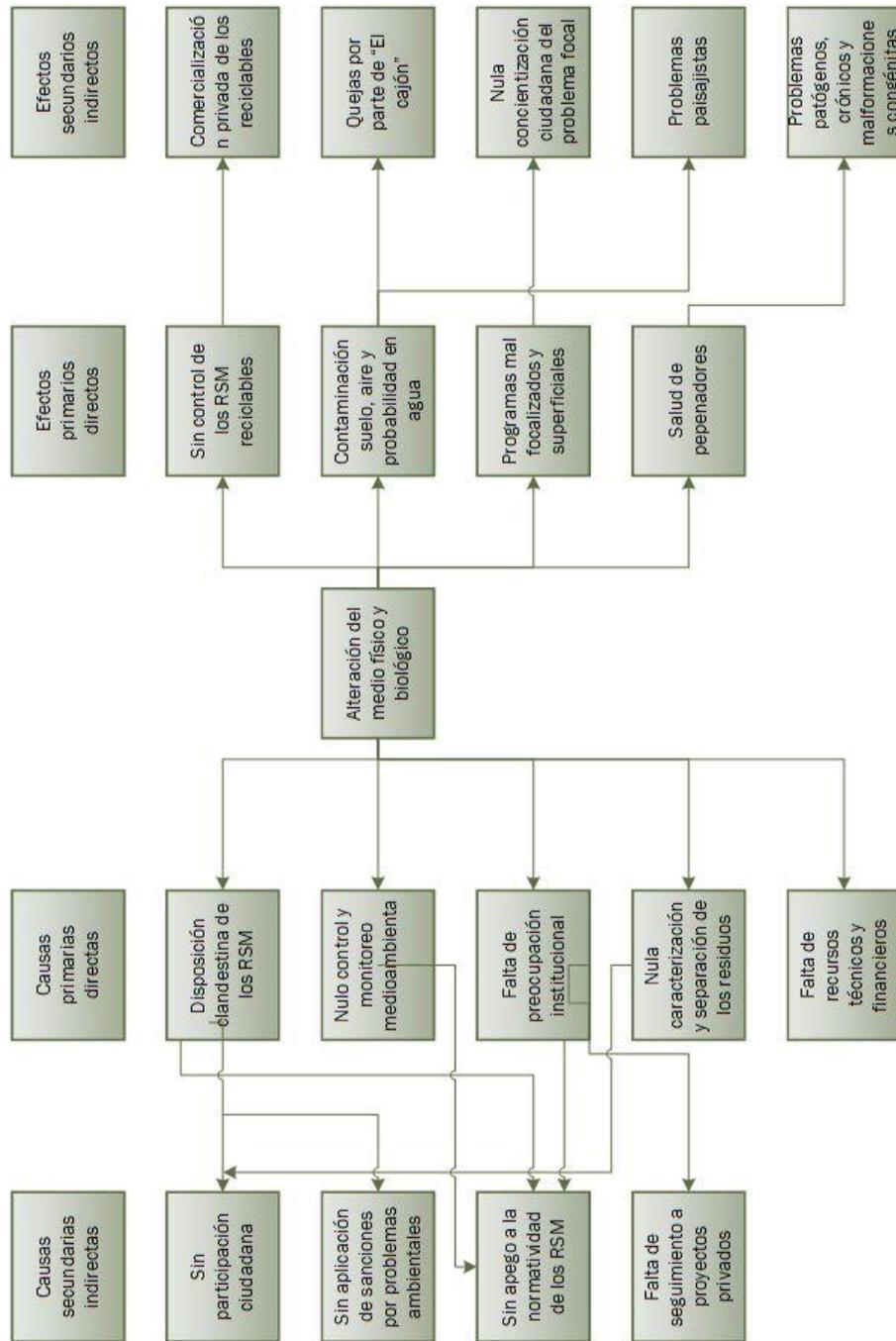


Ilustración 46 Grafo de las relaciones causa y efecto en la manifestación de la alteración del medio físico y biológico en el tiradero a cielo abierto en Xicotepec. Elaboración propia.

b) DAFO

Se presenta el resultado de la matriz de evaluación DAFO, el cual ayudó bastante al presente trabajo, pues se desglosaron las fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas del sistema, teniendo como resultado los balances y las estratégicas para aplicar a la planeación.

MATRIZ D.A.F.O		18=	14-	13-	13=	14+	10-	13+	15+	12+	16+	14+	9+	18+	11+	12+	18+
A1 Crecimiento poblacional	F1 Separador de basura zonas tribdas	+															
A2 Conflicto de intereses privados	F2 Camiones compactores																
A3 Tensión social	F3 Programas de manejo de RSM																
A4 Aumento de PIME y RP	F4 Incremento de contenedores																
A5 Aumento de RSM	F5 Peperas en 3 puntos el sistema																
A6 Perdida de biodiversidad	F6 Zonas naturales protegidas																
O1 Aumento de sensibilidad social	D1 Falta de incentiva																
O2 Trabajo bilateral sector privado	D2 Escases de recursos técnicos																
O3 Trabajo asegurado para peperadores	D3 Falta de recursos financieros																
O4 Recaudación de impuestos municipales	D4 Falta de predio para sitio final																
O5 Mejoramiento de imagen urbana	D5 No existe planeación ambiental																
O6 Transparencia en planeación para el desarrollo	D6 Tiradero con capacidad de acogida reversada																
O7 Dotación de fondos estatales y federales	D7 Carencia de SGMA																
O8 Tratamiento de RSM	D8 Carencia de SG RSM																
O9 Puntos limpios	D9 Contaminación en sitio, aire y probagua en tiradero																
O10 Agenda local y acuerdos internacionales	D10 Moltes con unidades vecinas al tiradero																
	D11 Falta de equipo de protección trabajadores																
	D12 Falta de verificación de vertido desoccho																
	D13 Problemas de salud e peperadores																
	D14 Falta de estudios de la generación y composición de RSM finales																

a) Modelo mexicano de biogás 2.0 SCS ENGINEERS

Gracias a la cooperación de SCS Engineers se obtuvieron los resultados de la generación de biogás esperada en el relleno sanitario.

A continuación, se presentan los datos generados en las hojas de Excel con base a la ecuación de:

$$Q_{LFG} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=0.1}^1 2kL_0 \left[\frac{M_i}{10} \right] (e^{-kt_{ij}}) (MCF) (F)$$

Donde:

QLFG = Flujo de biogás máximo esperado (m3/año)

i = Incremento en tiempo de 1 año

n = (año del cálculo) – (año inicial de disposición de residuos)

j = Incremento de tiempo en 0.1 años

k = Índice de generación de metano (1/año)

Lo = Generación potencial de metano (m3/Mg)

Mi = Masa de residuos dispuestos en el año i (Mg)

tij = Edad de la sección j de la masa de residuos Mi dispuestas en el año i (años decimales)

MCF = Factor de corrección de metano

F = Factor de ajuste por incendios

INSTRUCTIONS:

Waste Disposal Estimates: Input annual waste disposal rates in Column B below only for years with available disposal data. Inputs will override calculations based on estimates provided by user in "Inputs" worksheet.

Collection System Efficiency: Collection system efficiency is calculated based on user inputs. To override automatic calculations enter values by year in Column D below.

Actual LFG Recovery: If a collection system is installed, input into Column E below the average annual biogas flows at 50% methane. DO NOT PUT IN ZEROS.

Baseline LFG Recovery: Enter into Column F below the baseline LFG flows at 50% methane. See UNFCCC CDM website for baseline methodologies.

	Collection Efficiency Calculation	
Account for waste depth:	100%	Progressive discount if <10 m deep (5% for each meter < 10m)
Account for wellfield coverage of waste area:	90%	Coverage factor adjustment
Account for soil cover type and extent:	68%	Final cover = 90%; intermediate cover = 80%; daily cover = 75%; no cover = 50%
Account for liner type and extent:	68%	Discount is 5% x % area without liner
Account for waste compaction:	68%	Discount is 3% if no compaction
Account for focused tip area:	68%	Discount is 5% if no focused tip area
Account for leachate:	54%	Discount is up to 40% depending on climate and frequency of leachate ponding/runoff
CALCULATED COLLECTION EFFICIENCY:	54%	



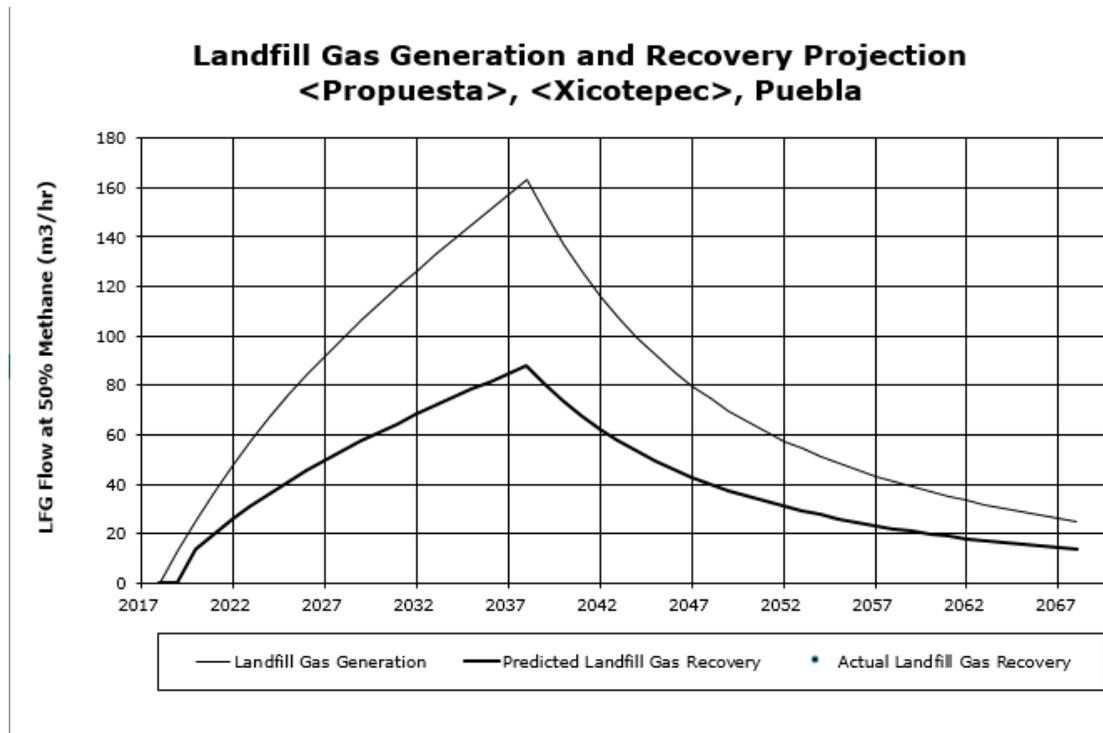
DISPOSAL AND LFG RECOVERY WORKSHEET						
Year	Waste Disposal Estimates (Metric Tonnes)	Cumulative Metric Tonnes	Collection System Efficiency	Actual LFG Recovery (m3/hr at 50% CH4)	Projected LFG Recovery (m3/hr at 50% CH4)	Baseline LFG Recovery (m3/hr at 50% CH4)
2018	10,200	10,200	0%		0	0
2019	10,400	20,600	0%		0	0
2020	10,600	31,200	54%		14	0
2021	10,800	42,000	54%		20	0
2022	11,000	53,000	54%		26	0
2023	11,200	64,200	54%		31	0
2024	11,400	75,600	54%		36	0
2025	11,600	87,200	54%		41	0
2026	11,800	99,000	54%		45	0
2027	12,000	111,000	54%		50	0
2028	12,200	123,200	54%		54	0
2029	12,400	135,600	54%		58	0
2030	12,600	148,200	54%		61	0
2031	12,900	161,100	54%		65	0
2032	13,200	174,300	54%		68	0
2033	13,500	187,800	54%		72	0
2034	13,800	201,600	54%		75	0
2035	14,100	215,700	54%		78	0
2036	14,600	230,300	54%		82	0
2037	14,900	245,200	54%		85	0

INSTRUCTIONS: This table is used to input data for the landfill gas model. The waste disposal estimates are input (except for the baseline disposal) and the actual and projected LFG recovery are calculated by the model. The collection system efficiency is input (except for the baseline collection system efficiency) and the actual and projected LFG recovery are calculated by the model.

Mexico Landfill Gas Model v.2
Release Date: March 2009
Developed by SCS Engineers for the U.S. EPA Landfill Methane Outreach Program

PROJECTION OF LANDFILL GAS GENERATION AND RECOVERY
Chapultepec, Puebla

Year	Waste Disposal (Metric Tons)	Baseline Waste Disposal (Metric Tons)	LFG Generation			Collection System Efficiency (%)	Projected LFG Recovery			Maximum Recoverable LFG (m3/hr)	Daily LFG Recovery (m3/hr)	Actual LFG Recovery (m3/hr)	
			CH4 (m3/hr)	CO2 (m3/hr)	Total (m3/hr)		CH4 (m3/hr)	CO2 (m3/hr)	Total (m3/hr)			CH4 (m3/hr)	CO2 (m3/hr)
2018	10,200	10,200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2019	10,400	20,600	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2020	10,600	31,200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2021	10,800	42,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2022	11,000	53,000	48	28	76	54%	25	5	30	31	0	25	5
2023	11,200	64,200	58	34	92	54%	28	6	34	31	0	28	6
2024	11,400	75,600	67	40	107	54%	31	7	38	31	0	31	7
2025	11,600	87,200	76	46	122	54%	34	8	42	31	0	34	8
2026	11,800	99,000	85	52	137	54%	37	9	46	31	0	37	9
2027	12,000	111,000	94	58	152	54%	40	10	50	31	0	40	10
2028	12,200	123,200	103	64	167	54%	43	11	54	31	0	43	11
2029	12,400	135,600	112	70	182	54%	46	12	58	31	0	46	12
2030	12,600	148,200	121	76	197	54%	49	13	62	31	0	49	13
2031	12,900	161,100	130	82	212	54%	52	14	66	31	0	52	14
2032	13,200	174,300	139	88	227	54%	55	15	70	31	0	55	15
2033	13,500	187,800	148	94	242	54%	58	16	74	31	0	58	16
2034	13,800	201,600	157	100	257	54%	61	17	78	31	0	61	17
2035	14,100	215,700	166	106	272	54%	64	18	82	31	0	64	18
2036	14,600	230,300	175	112	287	54%	67	19	86	31	0	67	19
2037	14,900	245,200	184	118	302	54%	70	20	90	31	0	70	20



Anexo V

a) Elementos de la matriz de valoración de impactos

Estos han sido generados por el nuevo relleno sanitario. Los criterios contienen la numeración que sintetiza la bondad o bien, la afectación que pueda tener el proyecto a la biocenosis circundante, teniendo como resultado un índice de calidad que refleja la factibilidad del proyecto de acuerdo a dichos criterios.

Criterios

a) Fauna:

- 10. Especies muy comunes y/o de origen antrópico.
- 8. Especies frecuentes.
- 6. Especies menos frecuentes.
- 4. Especies raras o poco frecuentes en la Comunidad.
- 2. Especies protegidas, amenazadas o muy raras.

b) Flora:

- 10. Zonas de gran influencia antrópica o de estructura pobre.

8. Zonas de menor influencia antrópica o de buena estructura o zonas naturales muy

degradadas (pastizal, matorral y erial).

6. Zonas naturales degradadas.

4. Zonas naturales no degradadas.

2. Zonas naturales excelentes (pinares de repoblación maduros, bosques autóctonos).

c) Proximidad a poblaciones:

10. Núcleo urbano próximo de alta densidad.

8. Zona rural próxima con edificaciones abundantes o zona industrial.

6. Zona rural próxima con edificaciones abundantes.

4. Construcciones próximas muy escasas y dispersas.

2. Edificaciones cercanas inexistentes.

d) Efectos sobre aguas superficiales o subterráneas:

10. Posibilidad muy alta de minimizar el impacto sobre aguas superficiales o subterráneas, mediante las oportunas medidas correctoras.

8. Posibilidad alta.

6. Posibilidad media.

4. Posibilidad baja.

2. Posibilidad muy baja.

e) Efectos sobre la calidad del aire (humos, gases, olores, polvo en suspensión):

10. Posibilidad muy alta de minimizar el impacto mediante las oportunas medidas correctoras.

8. Posibilidad alta.

6. Posibilidad media.

4. Posibilidad baja.

2. Posibilidad muy baja.

f) Impacto paisajístico:

10. Posibilidad muy alta de minimizar el impacto visual mediante las oportunas medidas correctoras.

8. Posibilidad alta.

- 6. Posibilidad media.
- 4. Posibilidad baja.
- 2. Posibilidad muy baja.
- g) Accesibilidad:
 - 10. Existencia de una buena red de caminos y carreteras. Accesos muy próximos.
 - 8. Con caminos de acceso cercanos.
 - 6. Algunos caminos de acceso, o distancia media de los mismos.
 - 4. Escasos caminos o gran distancia de los mismos.
 - 2. Inexistencia total de accesos.
- h) Efectos sobre la población:
 - 10. Aceptación y mejora elevada de la calidad de vida.
 - 8. Aceptación y mejora media.
 - 6. Aceptación y mejora baja.
 - 4. Aceptación baja y mejora en la calidad de vida.
 - 2. Nula aceptación y pérdida en la calidad de vida.
- i) Efectos sobre la economía de la zona:
 - 10. Creación de puestos de trabajo y aumento de ingresos elevado.
 - 8. Creación media.
 - 6. Creación baja.
 - 4. Tasa de desempleo baja.
 - 2. Tasa de desempleo elevada.

Coeficiente	Coeficiente Parámetro
3	Biocenosis, flora y fauna.
2	Proximidad a poblaciones, infraestructuras, impacto en el paisaje. Calidad de vida
1	Suelo, geología, microclima, calidad del aire.

$$\text{Índice de calidad} = \frac{3A + 3B + 2C + 1D + 3E + 2F + 2G + 2H + 2I}{20}$$

Índice de calidad	Valoración de la adecuación
0-2	Inadecuado
2-4	Muy desfavorable
4-5	Aceptable con fuertes medidas
5-7	Aceptable con leves medidas correctoras
7-9	Favorable con medidas correctoras menores
9-10	Adecuación total

2.- Criterios para la valoración de los efectos ambientales

Parámetros

- Naturaleza del efecto:

+ Efecto positivo.

- Efecto negativo.

- Fase de actuación:

E- Fase de ejecución.

F- Fase de funcionamiento.

- Carácter del efecto:

El efecto puede tener carácter reversible o irreversible.

R- Reversible: producido el impacto, el sistema afectado puede volver a su estado inicial.

I – Irreversible: los procesos naturales son incapaces de recuperar las condiciones iniciales.

- Extensión:

Atendiendo a la extensión del efecto, se distinguen dos tipos:

P- Puntual: efectos muy localizados en el área de actuación y un radio de 200 m a su alrededor.

Z- Zonal: efectos que afectan a una amplia superficie (1000 m de radio).

Directo: cuando tiene repercusión inmediata sobre algún elemento o factor ambiental.

In- Indirecto: cuando el efecto sea debido a interdependencias.

- Importancia o Magnitud del efecto:

Se resume la valoración del efecto de la acción, según la siguiente escala:

L- Compatible o leve: efecto de poca entidad, pues habrá recuperación inmediata de las condiciones originales.

M- Moderado: la recuperación de las condiciones originales requiere cierto tiempo.

S- Severo: la magnitud del impacto es importante y requiere la adecuación de las condiciones iniciales, exigiendo dicha recuperación un período de tiempo dilatado.

- Medidas correctoras:

En este apartado se indica si existen medidas correctoras para minimizar el impacto.

Simbología para valoración

+	positivo
-	negativo
E	en fase de ejecución
F	en fase de funcionamiento
R	reversible
I	irreversible
p	extensión puntual
z	extensión zonal
D	directo
In	indirecto
-L	leve
+L	leve
-m	moderado
+M	moderado
-s	severo
+S	severo
-c	crítico negativo
+O	óptimo positivo

Anexo VI

a) Presupuestos

Esquema de presupuestos propuestos con base al análisis de costos y proyección futura de la planeación de un relleno sanitario en el municipio de Xicotepec.

Presupuesto relleno sanitario con valorización energética	
Obra civil (Movimiento de suelos, geomembranas, canalizaciones, drenaje) Preparación del terreno	\$335,000
Construcción del relleno	\$4,315,700
Planta separadora de residuos	\$590,000
Microturbinas (PLC, accesorios, instalaciones, obras varias relacionadas)	\$12,073,698
Obra electromecánica (Compresores bombas, agitadores, desulfatadores, etc)	\$20,000
Maquinaria para la operación	\$1,603,000
Proyecto de ingeniería transdisciplinario (Proyecto preliminar, estudio de impacto ambiental, estudios de suelo, dirección técnica, programación, gestión)	\$25,000
Clausura del sitio	\$4,000,000
Total	\$22,962,398

Ilustración 47 Presupuesto de un relleno sanitario con valorización energética

Presupuesto restauración del suelo contaminado en tiradero	
Proyecto de ingeniería transdisciplinario (Proyecto preliminar, estudio de impacto ambiental, estudios de suelo, dirección técnica, programación, gestión)	\$25,000
Fitoestabilización	\$15,000,000
Total	\$15,025,000

Ilustración 48 Presupuesto para restauración de suelo contaminado