

INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

SECCION DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACION

**“Estudio de la viabilidad de un sitio en el
Municipio de Ayahualulco Veracruz para
diseñar un Relleno Sanitario
Intermunicipal”**

TESIS
QUE PARA OBTENER EL GRADO
DE MAESTRO EN INGENIERIA CIVIL
PRESENTA

Gabriela Ramirez Sanchez

Director de tesis: Dr. Jorge Meléndez Estrada

México, D.F. Diciembre del 2011





INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

En la Ciudad de México D. F., siendo las 14:00 horas del día 09 del mes de diciembre del 2011 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis, designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de E.S.I.A. – U. Z. para examinar la tesis titulada:

"ESTUDIO DE LA VIABILIDAD DE UN SITIO EN EL MUNICIPIO DE AYAHUALCO VERACRUZ
PARA DISEÑAR UN RELLENO SANITARIO INTERMUNICIPAL."

Presentada por el alumno:

Ramirez
Apellido paterno

Sanchez
Apellido materno

Gabriela
Nombre(s)

Con registro:

B	0	9	1	9	5	8
---	---	---	---	---	---	---

aspirante de:

MAESTRO EN INGENIERÍA CIVIL

Después de intercambiar opiniones, los miembros de la Comisión manifestaron **APROBAR LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISIÓN REVISORA

Director(a) de tesis

Dr. Jorge Meléndez Estrada

M. en I. Felipe López Sánchez

M. en C. Javier Avila Moreno

M. en C. Ricardo Contreras Contreras

M. en C. José Alfredo Vázquez García

PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES

**SECCIÓN DE ESTUDIOS DE
POSGRADO E INVESTIGACIÓN**

M. en C. Pino Durán Escamilla



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

CARTA CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de México el día 12 del mes diciembre del año 2011, la que suscribe **RAMIREZ SANCHEZ GABRIELA** alumna del Programa de Maestría en Ingeniería Civil con número de registro B091958, adscrito a la Sección de Estudios de Posgrado e Investigación de la Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura, Unidad Zacatenco, manifiesta que es autora intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección del Dr. Jorge Meléndez Estrada y cede los derechos del trabajo intitulado **“ESTUDIO DE LA VIABILIDAD DE UN SITIO EN EL MUNICIPIO DE AYAHUALULCO VERACRUZ PARA DISEÑAR UN RELLENO SANITARIO INTERMUNICIPAL”**, al Instituto Politécnico Nacional para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección iqgramirez@hotmail.com. Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

Ramirez Sanchez Gabriela

ÍNDICE GENERAL

INDICE GENERAL	IV
CONTENIDO	V
LISTA DE FIGURAS	VIII
LISTA DE TABLAS	IX
ACRONIMOS	X
RESUMEN	XI
ABSTRACT	XII
INTRODUCCION	XIII
OBJETIVO	XIV
JUSTIFICACION	XV

CONTENIDO

CAPITULO 1

CAPITULO 2

CAPITULO 3

CAPITULO 4

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

LITERATURA CITADA

1 ANTECEDENTES	1
1.1.1 COORDENADAS	1
1.1.2 COLINDANCIA	1
1.1.3 EXTENSIÓN	2
1.1.4 POBLACIÓN	2
1.1.5 CLIMA	2
1.1.6 TIPOS DE SUELOS	2
1.1.7 PRINCIPALES ECOSISTEMAS	2
1.1.8 FAUNA	2
1.2 GENERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS (RSU) EN EL ESTADO DE VERACRUZ	3
1.3. MUNICIPIO DE AYAHUALULCO VERACRUZ	7
1.3.1 COORDENADAS	7
1.3.2. COLINDANCIAS	7
FUENTE: INEGI, 2005	7
1.3.3. EXTENSIÓN	7
1.3.4 CLIMA	8
1.3.5. PRINCIPALES ECOSISTEMAS	8
1.3.6. CARACTERÍSTICAS DEL SUELO.	8
1.3.7. POBLACIÓN	8
1.3.8. EDUCACIÓN	8
1.3.9. SALUD	8
1.3.10. ABASTO	9
1.3.11. VIVIENDA	9
1.3.12. SERVICIOS PÚBLICOS	9
1.3.13. MEDIOS DE COMUNICACIÓN	9
1.3.14. VÍAS DE COMUNICACIÓN	9
1.3.15. AGRICULTURA	10
1.3.16. GANADERÍA	10
1.3.17. COMERCIO	10
1.4. MUNICIPIO DE IXHUACÁN DE LOS REYES	11
1.4.1 COORDENADAS	11
1.4.2. COLINDANCIA	11
FUENTE: INEGI, 2005	11
1.4.3. EXTENSIÓN	11
1.4.4. CLIMA	12
1.4.5. PRINCIPALES ECOSISTEMAS	12
1.4.6. CARACTERÍSTICAS DEL SUELO	12
1.4.7. POBLACIÓN	12
1.4.8. EDUCACIÓN	12
1.4.9. SALUD	12
1.4.10. ABASTO	13
1.4.11. VIVIENDA	13

1.4.12. SERVICIOS PÚBLICOS	13
1.4.13. MEDIOS DE COMUNICACIÓN	13
1.4.14. VÍAS DE COMUNICACIÓN	14
1.4.15. AGRICULTURA	14
1.4.16. GANADERÍA	14
1.4.17. COMERCIO	14
1.5 PROBLEMÁTICA DE LOS MUNICIPIOS DE AYAHUALULCO E IXHUACÁN DE LOS REYES, VERACRUZ	15
2.1.1 DEFINICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS (RSU)	16
2.1.2 CLASIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS	17
2.1.3 PROCEDENCIA DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS	18
2.1.4 DEFINICIÓN DE RELLENO SANITARIO	22
2.1.5 ESTADÍSTICAS DEL ESTADO DE VERACRUZ	24
FUENTE: INEGI, 2010	24
2.2 POLÍTICA AMBIENTAL	25
2.3 NOM-083-SEMARNAT-2003	27
2.3.1 OBJETIVO DE LA NOM-083-SEMARNAT-2003	27
2.3.2 CAMPO DE APLICACIÓN	27
2.3.3 DISPOSICIONES GENERALES	28
2.3.4 RESTRICCIONES PARA LA UBICACIÓN DEL SITIO.	28
2.3.5 ESTUDIOS Y ANÁLISIS PREVIOS REQUERIDOS PARA LA SELECCIÓN DEL SITIO	29
2.3.5.1 Estudio geológico	29
2.3.5.2. Estudio topográfico	30
2.3.5.3 Estudio geotécnico	30
2.3.5.4 Exploración y muestreo	30
2.3.5.5 Estudios de laboratorio	30
2.3.5.6 Evaluación geológica	39
2.4 CRECIMIENTO DE LA POBLACIÓN MEXICANA	40
2.4.1 CIFRAS DE VERACRUZ	41
2.4.2 ESTADÍSTICAS DEL MUNICIPIO DE AYAHUALULCO	41
2.4.3 ESTADÍSTICAS DEL MUNICIPIO DE IXHUACÁN DE LOS REYES	42
2.4.4 PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN	42
2.5 UN VERACRUZ SUSTENTABLE	43
2.5.1 IMPACTO AMBIENTAL	44
2.5.2 EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL (EIA)	44
2.5.3 INFORME PREVENTIVO.	46
2.5.4 MÉTODOS PARA LA IDENTIFICACIÓN DE LOS FACTORES AMBIENTALES AFECTADOS	47
2.5.5 MATRICES CAUSA-EFECTO (LEOPOLD).	48
3 METODOLOGIA	51

3.1 PROCEDIMIENTO PARA LA OBTENCIÓN DE LOS DATOS DE GENERACIÓN DE RSU EN AYAHUALULCO.	51
3.1.1. CENSOS POBLACIONALES DE AYAHUALULCO	52
3.1.2. RSU QUE SE GENERAN EN EL MUNICIPIO DE AYAHUALULCO	53
3.2 PROCEDIMIENTO PARA LA OBTENCIÓN DE LOS DATOS DE GENERACIÓN DE RSU EN IXHUACÁN DE LOS REYES.	55
3.2.1 CENSOS POBLACIONALES DE IXHUACÁN DE LOS REYES	56
3.2.2 RSU QUE SE GENERAN EN EL MUNICIPIO DE IXHUACÁN DE LOS REYES.	56
3.3 METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE LA NOM-083-SEMARNAT-2003	59
3.3.1 CATEGORIZACIÓN DEL SITIO	60
3.3.2 CONDICIONES MÍNIMAS QUE DEBE DE CUMPLIR EL SITIO.	60
3.3.3 MARCO GEOLÓGICO	60
3.3.4 ESTUDIO TOPOGRÁFICO	60
3.3.5 ESTUDIO GEOTÉCNICO	61
3.4.1 SITUACIÓN PRE-OPERACIONAL	63
3.4.2 ENTORNO DEL PROYECTO	63
3.4.3 INVENTARIO DE ALTERACIONES	63
3.4.4 MATRIZ CAUSA-EFECTO	63
4 RESULTADOS	64
4.1 GENERACIÓN DE RSU EN AYAHUALULCO E IXHUACÁN DE LOS REYES	64
4.2 CARACTERIZACIÓN DEL SITIO	72
4.2.1 CUMPLIMIENTO DE LAS DISPOSICIONES MÍNIMAS	73
4.2.2 Estudio geológico	80
4.2.3 Estudio topográfico	83
4.2.4 Estudio Geotécnico	84
4.3. EVALUACIÓN DE LA VIABILIDAD TÉCNICA	88
4.3.1 SITUACIÓN PRE-OPERACIONAL	88
4.3.2 ENTORNO DEL PROYECTO	91
4.3.3 INVENTARIO DEL MEDIO	92
4.3.4 MATRIZ DE CAUSA-EFECTO	93
4.3.4.1 Fase de construcción	93
4.3.4.2 Fase de operación	94
4.3.4.3 Matriz de Impactos	96
CONCLUSIONES	100
RECOMENDACIONES	102
LITERATURA CITADA	103

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.Estado de Veracruz	1
Figura 2 Municipio de Ayahualulco Veracruz	7
Figura 3 Municipio de Ixhuacán de los Reyes Veracruz	11
Figura 4 Valores del pH	37
Figura 5 Crecimiento Nacional Población Total 1895-2010	40
Figura 6 Población total de Ayahualulco (25,456 Hab)	41
Figura 7 Población total de Ixhuacán de los Reyes (10,724 Hab)	42
Figura 8 Magnitud e importancia	50
Figura 12 Procedimiento para la obtención de los datos de generación de RSU en el Municipio de Ixhuacán de los Reyes	55
Figura 14 Subproductos en Ixhuacán de los Reyes	58
Figura 15 Evaluación de la NOM-083-SEMARNAT-2003	59
Figura 16 Metodología para el estudio de Viabilidad técnica de la obra	62
Figura 17 Aumento de la población	71
Figura 18 Polígono del sitio	75
Figura 19 Localización del predio para el Relleno Sanitario Intermunicipal	76
Figura 20 Aeropuerto más cercano al Municipio de Ayahualulco Veracruz	77
Figura 21 Parque Nacional Cofre de Perote	78
Figura 22 Traza urbana cercana al sitio para el Relleno Sanitario Intermunicipal	78
Figura 23 Caminos de acceso al sitio	79
Figura 24 Sitio propuesto para el Relleno Sanitario Intermunicipal	79
Figura 26 Roca	82
Figura 27 Carta topográfica	83
Figura 28 Identificación de suelo	84
Figura 29 pH	85
Figura 30 Capacidad de campo del suelo del sitio de análisis	86
Figura 31 % de capacidad higroscópica	87
Figura 32 Foto panorámica del “Llano”	88
Figura 33 Utilización del sitio	89
Figura 34 Carretera de terracería	89
Figura 35 Corriente de agua	90
Figura 36 Infraestructura	90
Figura 38 Conformación de la Matriz	97
Figura 39 Resultados de la matriz de valoración	98

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Principales Generadores de RSU en la República Mexicana 2009.....	3
Tabla 2 Rellenos sanitarios en el Estado de Veracruz.....	4
Tabla 3 Tiraderos a cielo abierto	5
Tabla 4 Fuente doméstica o residencial	19
Tabla 5 Fuente comercial.....	19
Tabla 6 Fuente institucional	19
Tabla 7 Fuente construcción.....	20
Tabla 8 Fuente servicios municipales	20
Tabla 9 Fuente plantas de tratamiento	20
Tabla 10 Fuente industrial	21
Tabla 11 Fuente agrícola.....	21
Tabla 12 Reciclaje de residuos sólidos urbanos por composición.....	24
Tabla 13 Categorías de los sitios de disposición final	28
Tabla 14 Sistema Unificado de Clasificación de suelos.....	32
Tabla 15 Texturas.....	33
Tabla 16 Tamaños de partículas	36
Tabla 17 Clasificación de los métodos más usuales para evaluar los impactos ambientales	47
Tabla 18 Análisis de sistemas	48
Tabla 19 Ponderación de la magnitud	49
Tabla 20 Ponderación de la importancia	49
Tabla 21 Subproductos obtenidos en el cuarto del Municipio de Ixhuacán de los Reyes	57
Tabla 23 Proyección de la población en Ayahualulco.....	65
Tabla 24 Proyección de la población en Ixhuacán de los Reyes	66
Tabla 25 Residuos generados en Ayahualulco.....	67
Tabla 26 Cantidad de residuos generados en Ixhuacán de los Reyes.....	68
Tabla 27 Volumen anual de residuos sólidos urbanos en Ayahualulco.....	69
Tabla 28 Volumen anual de residuos sólidos urbanos en Ixhuacán de los Reyes	70
Tabla 30 Coordenadas geográficas del sitio propuesto para relleno sanitario intermunicipal.....	73
Tabla 31 Ígnea extrusiva	81
Tabla 32 Análisis granulométrico.....	84
Tabla 35 % Agua higroscópica	87
Tabla 37 Matriz de Causa-Efecto (Leopold).....	96

ACRÓNIMOS

DOF: Diario Oficial de la Federación

EIA: Evaluación del Impacto Ambiental

INEGI: Instituto Nacional de Estadística y Geografía

LEPAEV: Ley Estatal de Protección al Ambiente del Estado de Veracruz

LGEEPA: Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente

LGPGIR : Ley General para la Gestión Integral de Residuos

NOM: Norma Oficial Mexicana

pH: Potencial Hidroxilo

RSU: Residuos Sólidos Urbanos

RESUMEN

El aumento de la población, los avances tecnológicos y la falta de cultura ambiental, propician la generación excesiva de residuos sólidos de procedencia municipal, los cuales no tienen una disposición final adecuada, depositándose estos en tiraderos a cielo abierto provocando diversos tipos de contaminación. Al igual que en muchos lugares del país, este es un serio problema que embarga a los municipios de Ayahualulco e Ixhuacán de los Reyes en el Estado de Veracruz.

Se realizara el análisis en un área propuesta por el municipio de Ayahualulco, para saber si este cumple con las especificaciones que pide la NOM-083-SEMARNAT-2003 para la construcción futura de un Relleno Sanitario en colaboración con el municipio de Ixhuacán de los Reyes. Es importante hacer la proyección de la población y conocer la generación *per-cápita* de residuos por habitante al día, así como la clase de residuos que se generan en ambas comunidades para saber qué cantidad y tipos de residuos se trataran en el relleno. Se valorizara con la NOM-083 las características del sitio y si este cumple con los lineamientos necesarios para funcionar como relleno, se hará una evaluación de impacto ambiental para detectar las modificaciones que podría causar la obra, antes y durante su funcionamiento. La población de Ayahualulco tendrá un crecimiento exponencial durante los próximos 15 años acrecentando la generación de residuos a diferencia de Ixhuacán de los Reyes que tendrá un lento crecimiento, los subproductos obtenidos en el cuarteo en su mayoría son materia orgánica la cual se le puede utilizar en un futuro para la generación de biogás que beneficie al municipio, separar los subproductos como el cartón, el plástico y las latas los cuales se pueden reciclar y vender para generar un ingreso extra y evitar depositarlos en el relleno sanitario acortando la vida útil de este, el sitio cumple con los lineamientos necesarios para para funcionar como relleno, habiendo realizado la evaluación de impacto ambiental.

ABSTRACT

The population growth, technological advances and the lack of environmental awareness, foster excessive generation of municipal solid waste sources, which do not have a proper disposal, depositing these in open dumps causing various types of pollution. As in many parts of the country, this is a serious problem that overwhelms Ayahualulco municipalities and Ixhuacán de los Reyes in the state of Veracruz.

Analysis is performed in an area proposed by the municipality of Ayahualulco to see if it meets the specifications calling for the NOM-083-SEMARNAT-2003 for the future construction of a Sanitary Landfill in collaboration with the Municipality of Ixhuacán de los Reyes.

It is important to the population projection and know the per capita generation of waste per capita per day as well as the type of waste generated in both communities to learn what numbers and types of waste treated at the landfill. Is emphasized by NOM-083 features of the site and if it meets the necessary guidelines to function as a filler, there will be a environmental impact assessment to detect changes that may cause the work, before and during operation.

Ayahualulco's population will grow exponentially over the next 15 years adding to the waste generation in Ixhuacán de los Reyes will have a slow growth, obtained in the cracking products are mostly organic matter which can be used in a future for biogas generation that benefits the city, separating products such as cardboard, plastic and cans which can be recycled and sold to generate extra income and avoid depositing them in the landfill's life span of this, the site meets the guidelines to operate as needed to fill, having carried out environmental impact assessment.

INTRODUCCIÓN

El manejo integral y sustentable de los residuos sólidos combina flujos de residuos, métodos de recolección y procesamiento, de lo cual derivan beneficios ambientales, optimización económica y aceptación social en un sistema de manejo practico para cualquier región. Esto se puede lograr combinando opciones de manejo que incluyan esfuerzos de reusó y reciclaje, tratamientos que involucran, compostaje, biogás, incineración con recuperación de energía, así como la disposición final en rellenos sanitarios.

El punto de esto no es cuantas opciones de tratamiento se tengan o si se aplican todas al mismo tiempo, si no que sean parte de una estrategia que responda a las necesidades y contextos locales o regionales que se tengan, así como a los principios básicos de las políticas ambientales en la materia.

Un Municipio que incorpore reciclado, incineración con recuperación de energía y relleno sanitario puede ser muy diferente al sistema prevaleciente en otra municipalidad que incluya el reciclado, composta y relleno sanitario, lo cual no tiene importancia en cuanto se alcance el objetivo principal del manejo integral de los residuos sólidos (RS), que es encontrar los medios económicos y ambientales más apropiados para desviar una cantidad optima de residuos al relleno sanitario.

OBJETIVO GENERAL

Realizar el estudio de viabilidad técnica con base a la NOM-083-SEMARNAT- 2003 en un predio ubicado en el Municipio de Ayahualulco Veracruz para el diseño de un Relleno Sanitario Intermunicipal.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Evaluar la captación de residuos sólidos intermunicipales total y *per cápita* de acuerdo a estudios de generación de residuos sólidos y censos poblacionales actuales.
2. Evaluar la compatibilidad del sitio con la NOM-083-SEMARNAT-2003.
3. Detectar los impactos ambientales del sitio donde se dispondrá el relleno sanitario.

JUSTIFICACIÓN

México al igual que muchos países en el mundo enfrenta grandes retos en el manejo de sus residuos sólidos municipales (RSM). Debido al incremento de la población aunado a los cambios de hábitos de estos y la falta de cultura en la separación de los residuos sólidos (RS).

El Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) en el censo 2010, reporta una población total de 112,337 habitantes, con una generación de residuos sólidos urbanos (RSU) de 39,055 miles de toneladas anuales, con una generación *per-cápita* del 0.980 Kilogramos por habitante al día (Kg/hab/día).

Cifras oficiales reportan hasta el año 2008 la operación de 128 rellenos sanitarios a nivel nacional, los cuales son insuficientes para la cantidad de residuos que se generan, originando que los residuos sólidos urbanos (RSU) sean depositados en tiraderos a cielo abierto, de los cuales se tienen registrados más de 10,880 a nivel nacional.

La falta de control en los tiraderos de cielo abierto tiene diversas repercusiones al medio ambiente así como a la salud humana, ejemplo de ello sería: la contaminación de los mantos acuíferos, el impacto al paisaje, emisiones de contaminantes a la atmosfera y la contaminación del suelo agrícola por mencionar algunos.

Se tienen que buscar alternativas para el manejo de los residuos sólidos urbanos (RSU) mediante obras de ingeniería que tengan las técnicas adecuadas para dar una solución integral y benéfica para la sociedad y el medio ambiente.

1 ANTECEDENTES

Veracruz es uno de los estados más importantes en México, por sus características físico - geográficas, económicas y también por sus valores histórico culturales. El estado de Veracruz tiene las siguientes características.

1.1.1 Coordenadas

Al norte 22°28', al sur 17°09' de latitud norte, al este 93°36' de longitud oeste.

1.1.2 Colindancia

Colinda al norte con el estado de Tamaulipas y el Golfo de México, al este con el Golfo de México, Tabasco y Chiapas, al sur con Oaxaca y Chiapas, al oeste con Puebla, Hidalgo y San Luis Potosí, (Figura 1).

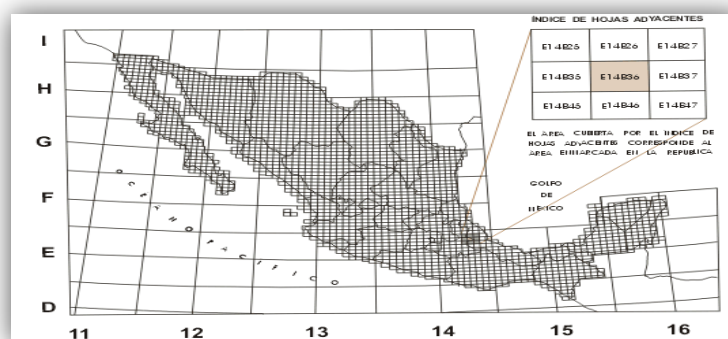


Figura 1. Estado de Veracruz

1.1.3 Extensión

La superficie del estado es de 78,815 kilómetros cuadrados, representando el 3.7% de la superficie total de México.

1.1.4 Población

De acuerdo con el Censo Poblacional y Vivienda (INEGI, 2010) este cuenta con 210 municipios y una población de 7,643,194 habitantes.

1.1.5 Clima

El clima es tropical cálido, con una temperatura media anual de 25.3°C y precipitación media anual de 1500mm.

1.1.6 Tipos de suelos

Los suelos predominantes del Estado son Feozem y Luvisol.

1.1.7 Principales ecosistemas

Su vegetación es de tipo selva baja caducifolia, constituida por árboles que pierden sus hojas durante la época invernal y se encuentran arboles como el liquidámbar y el ocote.

1.1.8 Fauna

Hay gran variedad de animales silvestres, entre los cuales se encuentran principalmente las garzas, gaviotas, conejos, tlacuaches, ardillas y tuzas, entre otros y con una gran variedad de insectos.

1.2 Generación de residuos sólidos urbanos (RSU) en el estado de Veracruz

Veracruz es el 4to Estado de la República Mexicana generador de residuos sólidos urbanos (RSU) hasta el año 2009, en la Tabla 1 se aprecia la lista de los mayores generadores de RSU en la república.

Tabla 1 Principales Generadores de RSU en la República Mexicana 2009			
Lugar	Estado	Miles de Toneladas de RSU	Población (Miles de Habitantes)
1	México	6314	15,175,862
2	Distrito Federal	4782	8,851,080
3	Guadalajara	2767	7,350,682
4	Veracruz	2070	7,643,194
32	Colima	197	650,555

Fuente: INEGI, 2011

Como se aprecia en la Tabla 1 el principal generador de RSU es el Estado de México, le sigue el Distrito Federal, Veracruz y en el numero 32 Colima con una generación anual de 197 miles de toneladas, la cantidad de RSU generados esta en proporción a la cantidad de habitantes de cada entidad.

Veracruz género en el año 2009 la cantidad de 2070 miles de toneladas de RSU, con una generación *per-cápita* de 0.950 Kg/Hab/día.

El Estado de Veracruz cuenta con 13 rellenos sanitarios (Tabla 2) que suman un total de 184.6 hectáreas, los cuales no son suficientes para la cantidad de residuos generados en el Estado, dando lugar a la proliferación de tiraderos a cielo abierto los cuales causan serios problemas al ambiente y a la salud, se estiman alrededor de 1648 tiraderos a cielo abierto, (Tabla 3) en el estado.

Tabla 2 Rellenos sanitarios en el Estado de Veracruz		
Numero	Relleno Sanitario	Cantidad de residuos a los que da servicio (Ton/Día)
1	Panuco	70
2	Tampico Alto	47
3	Poza Rica	180
4	Tuxpan	95
5	Huayacocotla	14
6	Martínez De La Torre	89
7	Xalapa	380
8	Pinoltepec, Municipio. Emiliano Zapata	134.9
9	Nogales	313
10	San Andrés Tuxtla	197
11	Cosamaloapan	57
12	Tierra Blanca	75
13	Veracruz (Tiradero Controlado)	485

Fuente: INEGI, 2005

Tabla 3 Tiraderos a cielo abierto

Municipio	Tiraderos de basura a cielo abierto	Volumen anual de generación de basura (miles de toneladas)
Estado	1,648	1,772.76
Acajete	4	2.04
Acatlán	1	0.73
Acayucan	30	21.39
Actopan	20	10.77
Acula	3	1.39
Agua Dulce	7	12.05
Alpatláhuac	3	2.37
Alto Lucero De Gutiérrez Barrios	15	7.30
Altotonga	8	14.24
Alvarado	25	13.51
Amatitlán	3	2.01
Angel R. Cabada	20	8.79
La Antigua	3	6.39
Apazapan	2	0.99
Aquila	1	0.47
Astacinga	2	1.46
Atlahuilco	3	2.19
Atoyac	7	6.17
Atzacan	15	13.14
Ayahualulco	3	5.48
Banderilla	2	4.49
Benito Juárez	7	4.44
Boca Del Río	1	37.16
Calcahualco	3	3.03
Camarón De Tejeda	3	1.53
Carrillo Puerto	9	3.98
Castillo De Teayo	7	5.33
Cazones De Herrera	8	6.50

Continuación: Tiraderos a cielo abierto

Municipio	Tiraderos de basura a cielo abierto	Volumen anual de generación de basura (miles de toneladas)
Coetzala	1	0.47
Colipa	6	1.68
Comapa	7	4.67
Córdoba	9	48.51
Cosamaloapan	0	14.82
Cosautlán De Carvajal	2	4.16
Coscomatepec	6	11.50
Cosoleacaque	16	26.65
Cotaxtla	20	5.11
Coxquihui	2	3.94
Coyutla	3	5.77
Cuichapa	2	2.92
Cuitláhuac	1	6.35
Chacaltianguis	8	3.18
Chalma	7	3.50
Chiconamel	5	1.79
Chiconquiaco	5	3.54
Chicontepec	31	16.06
Chinameca	10	3.83
Chinampa De Gorostiza	7	3.83
Las Choapas	69	20.00
Chocamán	2	4.12
Chontla	10	4.02
Chumatlán	1	0.91
Emiliano Zapata	26	12.19
Espinal	8	6.53
Filomeno Mata	1	2.92
Gutiérrez Zamora	6	7.23
Hidalgotitlán	15	4.96
El Higo	13	5.04
Huatusco	1	12.70
Huayacocotla	0	4.93

Fuente: INEGI, 2005

Continuación: Tiraderos a cielo abierto		
Municipio	Tiraderos de basura a cielo abierto	Volumen anual de generación de basura (miles de toneladas)
Ignacio De La Llave	5	4.85
Ilamatán	3	3.54
Isla	36	10.59
Ixcatepec	5	3.50
Ixhuacán De Los Reyes	5	2.56
Ixhuatlán Del Café	3	5.44
Ixhuatlán Del Sureste	8	3.61
Ixmiquilpan	9	1.75
Jalacingo	3	9.13
Jalcomulco	1	1.20
Jáltipan	14	10.33
Jamapa	4	2.70
Jesús Carranza	26	6.94
Jilotepec	2	3.54
José Azueta	15	6.68
Juan Rodríguez Clara	19	9.13
Juchique De Ferrer	12	5.18
Landeroy Y Coss	1	0.37
Lerdo De Tejada	2	5.48
Magdalena	1	0.62
Manlio Fabio Altamirano	10	5.62
Martínez De La Torre	0	32.59
Mecatán	1	2.81
Mecayapan	6	4.16
Medellín	15	9.60
Miahuatlán	1	1.02
Las Minas	1	0.69
Minatitlán	30	41.87
Misantla	23	16.61
Mixtla De Altamirano	3	2.26
Moloacán	13	4.56
Nanchital De Lázaro Cárdenas Del Río	2	7.40

Continuación: Tiraderos a cielo abierto		
Municipio	Tiraderos de basura a cielo abierto	Volumen anual de generación de basura (miles de toneladas)
Naolinco	4	4.93
Naranjal	1	1.10
Naranjos Amatlán	9	7.19
Nautla	12	2.66
Nogales	0	8.47
Oluta	7	3.61
Omealca	6	6.02
Otatitlán	3	1.42
Oteapan	1	3.32
Ozuluama	100	6.64
Pajapan	4	3.83
Pánuco	0	25.55
Papantla	42	46.61
Paso De Ovejas	9	8.40
Paso Del Macho	14	7.26
Perote	5	14.86
Platón Sánchez	14	4.78
Playa Vicente	30	13.51
Poza Rica De Hidalgo	0	41.83
Puente Nacional	9	5.18
Rafael Lucio	1	1.46
Los Reyes	2	1.13
Saltabarranca	4	1.53
San Andrés Tenejapan	1	0.58
San Andrés Tuxtla	0	38.95
San Juan Evangelista	20	8.91
Sayula De Alemán	25	7.63
Soconusco	6	3.14
Sochiapa	1	0.84
Soledad Atzompa	3	4.45
Soledad De Doblado	14	7.41
Sotepan	7	7.52
Tamalín	10	3.14

Fuente: INEGI, 2005

1.3. Municipio de Ayahualulco Veracruz

1.3.1 Coordenadas

Se encuentra ubicado entre los paralelos 19°18' y 19°30' de latitud norte, los meridianos 97°00' y 97°16' de longitud este, con una altitud de 1200 y 4200 metros.

1.3.2. Colindancias

Al norte con el municipio de Perote, Xico e Ixhuacán de los Reyes, al sur con el estado de Puebla y al oeste con el municipio de Perote y el estado de Puebla, (Figura 2).

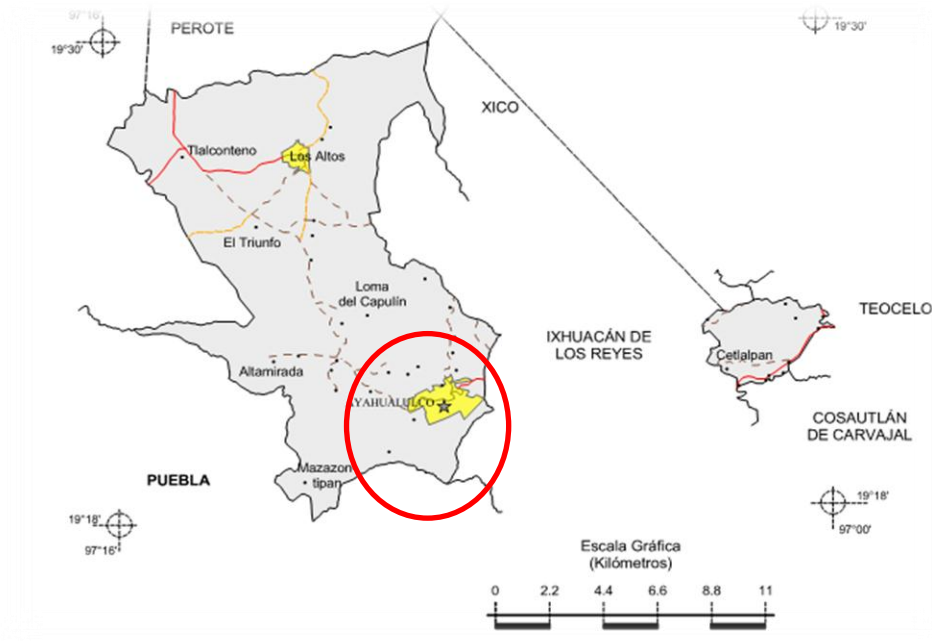


Figura 2 Municipio de Ayahualulco Veracruz

Fuente: INEGI, 2005

1.3.3. Extensión

Tiene una superficie de 148.06 Km², cifra que representa un total de 0.24% del total de estado.

1.3.4 Clima

Su clima es semi-seco templado con un rango de temperatura de 2-18° C, con una precipitación de 300 a 1600 mm.

1.3.5. Principales ecosistemas

Los ecosistemas que coexisten en el municipio son el de bosque de coníferas con especies como el pino colorado y pino estrobos, donde se desarrolla una fauna compuesta de por población de liebres, tuzas, mapaches y tlacuaches.

1.3.6. Características del suelo.

Su suelo es de tipo andosol que se caracteriza por estar formado por cenizas volcánicas con tonalidad oscura y poca susceptibilidad a la erosión. Se utiliza en mayor porcentaje a la agricultura.

1.3.7. Población

De acuerdo a resultados obtenidos en el censo 2010 por el conteo de Población y Vivienda (INEGI), el municipio cuenta con 41 localidades y una población total de 25,456 habitantes.

1.3.8. Educación

La educación básica es impartida por 20 planteles de preescolar, 26 de primaria, 4 de secundaria y un bachillerato.

1.3.9. Salud

La atención de servicios es proporcionada por 5 unidades médicas de la secretaria de salud, este municipio cuenta con servicios de consulta externa.

1.3.10. Abasto

El municipio satisface sus necesidades mediante 10 tiendas de distribución de la compañía nacional de subsistencias populares, (DICONSA) 2 tianguis y un mercado.

1.3.11. Vivienda

Acorde a resultados obtenidos en el censo 2000, se encontraron edificadas 3487 viviendas, con un promedio de ocupantes por vivienda de 5.80, la mayoría son de tipo fija, los materiales utilizados principalmente para su construcción son el cemento, tabique, ladrillo, madera y lamina.

1.3.12. Servicios públicos

El municipio cuenta con los siguientes servicios públicos;

- 1 Alumbrado y seguridad publica en un 75 %.
- 2 Mantenimiento de drenaje, recolección de basura, limpia pública, pavimentación, servicios de parques y jardines en un 25 %.
- 3 No cuenta con centrales de abasto, rastros, monumentos y fuentes.

1.3.13. Medios de comunicación

El municipio se capta la señal de televisión vía satélite, 10 señales de radio AM y FM. Tiene servicio telefónico por marcación automática en la cabecera y 9 localidades, así como telefonía rural y celular y 4 oficinas postales.

1.3.14. Vías de comunicación

Este municipio cuenta con 22.30 Km de carretera.

1.3.15. Agricultura

Cuenta con una superficie de 9,968.742 hectáreas, de las que se siembran 9,497.133 en las 2,687 unidades de producción. Los principales productos agrícolas que se cosechan son maíz, papa y haba seca.

1.3.16. Ganadería

Tiene una superficie de 2,582 hectáreas dedicadas a la ganadería, en donde se ubica 2,390 unidades de producción rural con actividad de cría y explotación de animales, se cuentan con 315 cabezas de ganado bovino con doble propósito, además de la cría de ganado porcino, ovino y caprino, las granjas avícolas tienen cierta importancia.

1.3.17. Comercio

El municipio cuenta con 2 tianguis, 1 mercado y 500 tiendas aproximadamente.

1.4. Municipio de Ixhuacán de los Reyes

1.4.1 Coordenadas

Se encuentra ubicado entre los paralelos 19°17' y 19°18' de latitud norte, 96°58' y 97°11' de longitud oeste, con una altitud entre los 800 y 3700 metros.

1.4.2. Colindancia

Al norte con los municipios de Ayahualulco y Xico, al este con los municipios de Xico, Teocelo, Ayahualulco, Cosautlan de Carvajal y Tlaltetela, al sur con el municipio de Tlaltetela y el estado de Puebla, al oeste con el estado de Puebla y el municipio de Ayahualulco, (Figura 3).



Figura 3 Municipio de Ixhuacán de los Reyes Veracruz

Fuente: INEGI, 2005

1.4.3. Extensión

Tiene una extensión de 114.33 Km², cifra que representa el 0.21 % del total de la superficie del estado.

1.4.4. Clima

Su clima es templado regular con un rango de temperatura de 6 a 20°C, su precipitación pluvial es de 900 a 2100 mm.

1.4.5. Principales ecosistemas

Su vegetación es de tipo perennifolia, cuenta con especies como: palo, barranco, álamo, encino rojo y negro. Existe una gran variedad de animales silvestres entre los que se encuentran: conejo, tlacuache, ardilla, armadillo, zorra y mapache.

1.4.6. Características del suelo

El tipo de suelo es andosol y se caracteriza por proceder de cenizas volcánicas, tonalidad oscura y mucha susceptibilidad a la erosión, la mayor parte se utiliza en el sector agrícola y ganadero.

1.4.7. Población

De acuerdo con datos proporcionados por el Censo de Población y Vivienda 2010 (INEGI) en el municipio cuenta con 59 localidades y una población total de 10,724 habitantes.

1.4.8. Educación

La educación básica es impartida por 26 planteles de preescolar, 34 de primaria, 4 de secundaria y 1 bachillerato.

1.4.9. Salud

Cuenta con 2 unidades médicas de la Secretaría de Salud. Esta municipalidad cuenta con consulta externa.

1.4.10. Abasto

El municipio satisface sus necesidades mediante 9 tiendas de distribución de la compañía nacional de subsistencias populares, (Diconsa).

1.4.11. Vivienda

Datos arrojados por el Censo de Población y Vivienda 2005 el municipio cuenta con un total de 2,177 viviendas con un promedio de ocupantes de 5.05, la mayoría son propias y del tipo fijas, estas están elaboradas en su mayoría por cemento, tabique, madera, lámina de asbesto, lámina de cartón, teja y tierra.

1.4.12. Servicios públicos

El municipio cuenta con los siguientes servicios públicos;

1. Recolección de basura y limpia publica en un 100 %.
2. Agua potable y alumbrado público en un 75 %.
3. Pavimentación 50%.
4. Mantenimiento de drenaje, seguridad pública y servicios de parques y jardines en un 25 %.
5. No cuenta con centrales de abasto, rastros, monumentos y fuentes.

1.4.13. Medios de comunicación

Cuenta con estaciones difusoras de AM - FM, señal de televisión, circulan medios impresos, y cuentan con 5 oficinas postales.

Cuenta con servicios de telefonía por marcación automática en la cabecera y 3 localidades, a su vez cuenta con telefonía rural y celular.

1.4.14 Vías de comunicación

El municipio cuenta con 42.5 Km de carretera.

1.4.15. Agricultura

Se tiene una superficie total de 8,988.287 hectáreas, de las que se siembran 4,240 hectáreas. Se siembra principalmente maíz, papa y café.

1.4.16. Ganadería

La superficie dedicada a la ganadería es de 4,643 hectáreas, cuenta con 500 cabezas de ganado bovino de doble propósito, además de cría de ganado porcino, ovino, equino y caprino y tienen cierta importancia las granjas avícolas y apícolas.

1.4.17. Comercio

Representado principalmente por tiendas de abarrotes ferreterías, farmacias y expendios de materiales para la construcción.

1.5 Problemática de los Municipios de Ayahualulco e Ixhuacán de los Reyes, Veracruz

“En la actualidad, los desperdicios urbanos y rurales aumentan y su composición cambia. La manipulación y disposición final de los desperdicios sólidos y semisólidos, producto de la convivencia humana, tienen un significado social, de salud pública y económica, su solución reclama la interacción de diversas disciplinas” (Juárez, 2011).

Al igual que muchos Municipios en todo el País, Ayahualulco e Ixhuacán de los Reyes Veracruz enfrentan serios problemas con la disposición final de los RSU, dando muchas veces como salida inmediata la disposición final en sitios inadecuados como fallas geológicas, sembradíos y baldíos, (Figura 4).

Figura 4: Tiraderos a cielo abierto en Ayahualulco



Como se aprecia en la figura 4, los municipios antes mencionados carecen de una gestión adecuada en el manejo de sus residuos sólidos urbanos, en este trabajo se pretende evaluar la viabilidad de un sitio en la zona para la construcción futura de un relleno sanitario intermunicipal que dé solución a este grave problema de disposición final.

2 MARCO TEORICO

“Medio Ambiente, 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”, (LGEEPA, 2002).

“Cuando se considera la meta de mejorar la calidad ambiental esta consiste en acrecentar el bienestar humano mediante nuevas tecnologías, en el incremento de este bienestar humano se tiene como resultado la contaminación, a la cual definimos como un cambio indeseable en las características físicas, químicas y biológicas del aire, agua y suelo, que pueden afectar de manera adversa la salud, la supervivencia o las actividades humanas o de otros organismos vivos”, (Arrellano, 2001).

Lamentable e indudablemente numerosos problemas ambientales no están confinados a un sistema, sino que implican la interacción entre ellos.

2.1.1 Definición de Residuos Sólidos Urbanos (RSU)

Conforme avanzamos hacia el uso de nuevas y sofisticadas tecnologías el ambiente se hace menos tolerante a estas, por la generación de residuos que el ambiente en su excedente ya no puede asimilar.

La Ley Estatal de Protección Ambiental del Estado de Veracruz (LEPAEV,2000) define a los residuos como: cualquier material

generado en los procesos de extracción, beneficio, transformación, producción, consumo utilización, control o tratamiento cuya calidad no permita usarlo nuevamente en el proceso que lo genero y define a los residuos sólidos de origen municipal como: los residuos no peligrosos que se generan en casas habitación, parques, jardines, vías públicas y privadas, sitios de reunión, mercados, comercios, demoliciones, construcciones, institucionales, establecimientos comerciales y de servicio, en general, todos aquellos generadores en las actividades de los centros de población.

2.1.2 Clasificación de los residuos

La Ley General para la Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) da la siguiente clasificación:

Residuo

Sólidos Urbanos: los generados en las casas habitación, que resultan de la eliminación de los materiales que utilizan en sus actividades domésticas, de los productos que se consumen y de sus envases, embalajes o empaques, los residuos que provienen de cualquier otra actividad dentro de establecimientos o en la vía pública que genere residuos con las características domiciliarias, y los resultantes de la limpieza de las vías y lugares públicos, siempre que no estén considerados por esta ley como residuos de otra índole.

Manejo Especial: aquellos generados en los procesos productivos, que no reúnan las características para ser considerados como peligrosos o como residuos sólidos urbanos.

Residuo

Peligrosos: son aquellos que poseen alguna característica de corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad o que contengan agentes infecciosos que les confieran peligrosidad, así como envases, recipientes, embalajes y suelos que hayan sido contaminados cuando se transfieren de un sitio a otro.

Se entenderá en este trabajo la definición de Residuos Sólidos de Origen Municipal que dictamina la Ley Estatal de protección al Ambiente del Estado de Veracruz (LEPAEV), pero se nombrará en un futuro como Residuos Sólidos Urbanos (RSU).

La caracterización de los residuos sólidos urbanos (RSU) es difícil a causa de la gran diversidad de sus componentes, muchos de los cuales deberían tener alternativas de uso como el reciclaje, composta, generación de energía, etc. La falta de cultura del reciclaje, el inadecuado manejo de las autoridades y la falta de sitios controlados han dado pie a serios problemas de disposición final de estos, provocando que los habitantes coloquen sus residuos en predios baldíos, fallas geológicas, ríos, lagos, etc., causando serios problemas de contaminación ambiental.

2.1.3 Procedencia de los residuos sólidos

Con la definición que da la LEPAEV de los residuos, es importante clasificarlos dependiendo de la fuente de generación de la cual provengan, (Tabla 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 y 11).

Tabla 4 Fuente doméstica o residencial

Procedencia	Residuos
Viviendas aisladas, Conjuntos habitacionales unifamiliares y conjuntos habitacionales multifamiliares.	Papel, cartón, latas, plástico, vidrios, trapos, materia orgánica (restos de comida, residuos de jardín), madera, residuos especiales (artículos voluminosos, electrodomésticos, bienes de línea blanca, baterías, pilas, aceites, neumáticos, medicamentos caducos) y residuos domésticos peligrosos (limpiadores, productos químicos y para automóviles).

Tabla 5 Fuente comercial

Procedencia	Residuos
Tiendas, restaurantes, mercados, edificios de oficinas, hoteles, moteles, imprentas, gasolineras.	Composición similar a la de tipo doméstica, con mayor proporción en residuos de empaque.

Tabla 6 Fuente institucional

Procedencia	Residuos
Escuelas, hospitales, cárceles, centros gubernamentales.	La producción de residuos es baja a mediana magnitud, con características similares a las de origen comercial, en cuanto a los

	desechos hospitalarios es necesario distinguir los biológico-infecciosos (NOM-087).
--	---

Tabla 7 Fuente construcción	
Procedencia	Residuos
Construcción, remodelación	Piedra, hormigón, ladrillo, madera, grava, piezas de fontanería, calefacción y electricidad.

Tabla 8 Fuente servicios municipales	
Procedencia	Residuos
Operación y mantenimiento de las instalaciones municipales y de la prestación de otros servicios.	Barrido de calles, limpieza de parques, cuencas y playas, servicios de jardinería, fosas sépticas, animales muertos y vehículos abandonados.

Tabla 9 Fuente plantas de tratamiento	
Procedencia	Residuos
Potabilización del agua y tratamiento de aguas residuales e industriales.	Sólidos y semisólidos.

Tabla 10 Fuente industrial	
Procedencia	Residuos
Construcción, fabricación ligera y pesada, refinerías, plantas químicas, centrales termoeléctricas,	Material de chatarra.

Tabla 11 Fuente agrícola	
Procedencia	Residuos
Cultivos, producción de leche, crianza de animales, operación de ganadería intensiva.	Estiércol.

Las Tablas 4,5 y 8 definen los tipos de residuos procedentes de fuentes domésticas, comerciales y municipales que tienen características muy similares entre sí, estos residuos se depositan en rellenos sanitarios.

En la Tabla 6 se mencionan los residuos biológico-infecciosos los cuales no se pueden disponer en rellenos sanitarios, el manejo de estos residuos es por medio de la incineración según marca la NOM-087-ECOL-SSA1-2002, por otro lado la Tabla 7 especifica los residuos generados por la industria de la construcción los cuales no se confinan en rellenos sanitarios, este tipo de residuos se disponen en presas de jale y la Tabla 10 hace referencia a los residuos de la industria como son la chatarra, a este tipo de residuos se les da un tratamiento de reciclaje.

La tabla 9 refiere a los lodos del tratamiento de agua residual, estos lodos se pueden utilizar como composta así como los residuos de la fuente agrícola descritos en la tabla 11.

Se tiene que determinar qué tipos de residuos son los más convenientes de disponer en el relleno sanitario para su confinamiento, si no se tiene una adecuada separación de subproductos el relleno sanitario puede cumplir su tiempo de vida útil antes de lo previsto ocasionando nuevas obras de infraestructura que no se tenían contempladas, causando impactos a la sociedad y al ambiente.

2.1.4 Definición de Relleno Sanitario

Ya se ha dado la definición de residuos, sus fuentes de generación y los residuos que se obtienen en cada actividad pública o privada que esta sea, ahora es necesario saber cómo darles la adecuada disposición final a estos residuos sin causar daño al ambiente. Una de las alternativas más viables y económicas a largo plazo para remediar paulatinamente este serio problema de interés público es la construcción de rellenos sanitarios, para esto se recurrirá a la Ingeniería civil en colaboración con otras disciplinas.

La ingeniería civil es la rama de la ingeniería que aplica los conocimientos de física, química, cálculo y geología para la elaboración de infraestructuras, que nos ayudan a organizar y planificar el ambiente urbano.

Se presentan a continuación algunas definiciones de instituciones muy importantes que definen al RELLENO SANITARIO COMO:

SEDESOL/SECOFI: “Obra de ingeniería aplicada y ejecutada, previendo los efectos al ambiente para la disposición final de los residuos sólidos municipales”, (SEDESOL/SECOFI).

AMERICAN SOCIETY CIVIL ENGINEERING: “Técnica para la disposición de la basura en el suelo sin causar perjuicios al medio ambiente y sin causar molestias o peligro a la salud y seguridad pública, este método utiliza principios de ingeniería para confinar la basura, en la menor área posible, reduciendo su volumen al mínimo practicable y cubriendo la basura así depositada con una capa de tierra con la frecuencia necesaria”, (AMERICAN SOCIETY CIVIL ENGINEERING).

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA): “Método de ingeniería para la disposición de residuos sólidos en el suelo, de manera que le de protección al ambiente, mediante el esparcido de los residuos en pequeñas capas, compactándolos al menor volumen practico y cubriéndolos con tierra al final del día de trabajo”, (EPA).

NOM-83-SEMARNAT-2003: “Obra de infraestructura que involucra métodos y obras de ingeniería para la disposición final de los residuos urbanos y de manejo especial, con el fin de controlar, a través de la compactación e infraestructuras adicionales, los impactos ambientales”,

Se ha mencionado la definición que cada institución da para un relleno sanitario y se concuerdan que es una “obra de ingeniería que tiene la finalidad de disminuir las afectaciones al ambiente, mediante técnicas para una gestión adecuada de residuos”.

En el presente trabajo se entenderá la definición que da la NOM-083-SEMARNAT-2003 para relleno sanitario.

2.1.5 Estadísticas del Estado de Veracruz

El Estado de Veracruz tiene una población total hasta el año 2010 de 7,643,194 habitantes y está dividido en 212 Municipios. En este se encuentran los Municipio de Ayahualulco e Ixhuacán de los Reyes. El Municipio de Ayahualulco tiene una población total de 25,456 habitantes, (INEGI, 2010), e Ixhuacán de los Reyes de 10,724 habitantes, (INEGI, 2010).

Conforme aumenta la población aumentan las necesidades de la misma, generando que el ambiente no pueda asimilar los residuos y provocando la proliferación de estos. En el Estado de Veracruz se generan 2070 millones de Toneladas anuales de residuos sólidos urbanos (INEGI, 2009), se estima que en localidades rurales o semiurbanas la generación es de 4561 toneladas anuales con una generación *per-cápita* de 0.980 kilogramos por habitante al día (Kg/Hab/día). Censos realizados (INEGI, 2010) muestran los residuos generados a nivel nacional, (Tabla 12).

Tabla 12 Reciclaje de residuos sólidos urbanos por composición	
Tipo de residuo	Miles de toneladas
Papel, cartón, productos de papel	5401,30
Textiles	558.50
Plásticos	4253.10
Vidrios	2296,50
Metales	1343,40
Basura de comida, jardines y materiales orgánicos similares	20472, 60
Residuos finos, hules, pañal desechable)	4729.60

Fuente: INEGI, 2010

2.2 Política Ambiental

“Actualmente la ley garantiza el derecho de toda persona a vivir en un medio ambiente adecuado para su desarrollo, salud y bienestar”, (Art 4to de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, 1998).

El **Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012**, en el eje 4 rector se refiere a la sustentabilidad ambiental, este describe en el punto 4.7 las acciones a emprender en el caso de los residuos sólidos y peligrosos:

Objetivo 12: Reducir el impacto ambiental de los residuos.

Mediante la valorización de los residuos, así como el diseño y construcción de infraestructura apropiada que permita la recolección, separación, reciclaje y disposición final de estos. Un ejemplo es el aprovechamiento de los desechos orgánicos para la producción de biogás y la generación de electricidad, lo cual es especialmente rentable para los municipios.

Objetivo 14: Desarrollar en la sociedad mexicana una sólida cultura ambiental orientada a valorar y actuar con un amplio sentido de respeto a los recursos naturales.

Estos son 2 de varios objetivos en materia de medio ambiente que se contemplan en el plan nacional de desarrollo apoyando una política para el manejo integral de los residuos, se sabe por parte de las autoridades que los sitios de disposición final que hay a nivel nacional aún son insuficientes para el rápido crecimiento de la población así como de los servicios.

Plan Veracruzano de Desarrollo 2011-2016, Capítulo V MEDIO AMBIENTE: PATRIMONIO PRESENTE, GARANTIA DE NUESTRO FUTURO. Con esta frase comienza el Capítulo 5 del plan de desarrollo

dando la importancia al medio ambiente que nos rodea. En el plan veracruzano de desarrollo se contemplan los siguientes objetivos:

- ✓ Diseñar estrategias para el manejo integral de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial generados por la entidad, que representen soluciones a largo plazo, con el aprovechamiento de las tecnologías disponibles para ello.
- ✓ Promover la educación ambiental y a la participación social como complemento esencial para la gestión ambiental y la sustentabilidad.

Plan Municipal de Desarrollo Ayahualulco 2011-2013. Con base en los objetivos a alcanzar por parte del municipio en materia del manejo de residuos sólidos se contempla lo siguiente:

- ✓ Ofrecer un servicio eficiente a la ciudadanía para la recolección y disposición final de los residuos sólidos.
- ✓ Lograr entre la población un cambio de actitud positivo frente al medio ambiente.

Con la interrelación que hay entre los 3 planes de desarrollo por parte del gobierno desde el ámbito nacional hasta el municipal, estos apuestan por la construcción de infraestructuras necesarias que cuenten con la tecnología adecuada y una cultura ambiental, para que el manejo de los residuos sólidos sea de una forma más sencilla y menos costosa con la participación de la sociedad.

2.3 NOM-083-SEMARNAT-2003

El crecimiento demográfico, la modificación de las actividades productivas y el incremento en la demanda de los servicios, ha rebasado la capacidad del ambiente para asimilar la cantidad de residuos que genera la sociedad; por eso es necesario contar con sistemas de manejo integral de residuos adecuados con la realidad de cada localidad.

Como parte de la política ambiental que promueve el gobierno federal es publicada la NOM-083 en octubre del 2003 en el Diario Oficial de la Federación (DOF), esta establece las especificaciones 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. Con base a los lineamientos técnicos que garanticen la protección al ambiente, la preservación del equilibrio ecológico y de los recursos naturales, la minimización de los efectos contaminantes provocados por la inadecuada disposición de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial y la protección de la salud pública en general.

2.3.1 Objetivo de la NOM-083-SEMARNAT-2003

Establecer las especificaciones de selección del sitio, el diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial.

2.3.2 Campo de aplicación

Esta Norma Oficial Mexicana es de observancia obligatoria para las entidades públicas y privadas responsables de la disposición final de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial.

2.3.3 Disposiciones generales

Los sitios de disposición final se categorizan de acuerdo a la cantidad de toneladas de residuos sólidos urbanos y de manejo especial que ingresan al sitio al día, (Tabla 13).

Tabla 13 Categorías de los sitios de disposición final	
Tipo	Tonelaje recibido Ton/día
A	Mayor a 100
B	50 hasta 100
C	10 y menor a 50
D	Menor a 10

2.3.4 Restricciones para la ubicación del sitio.

Además de cumplir con las disposiciones legales aplicables, las condiciones mínimas que debe cumplir cualquier sitio de disposición final (A, B, C o D) son las siguientes:

- Cuando un sitio de disposición final se pretenda ubicar a una distancia menor de 13 Km del centro de las pistas de un aeródromo de servicio público o aeropuerto, la distancia elegida se determinara mediante un estudio de riesgo aviario.
- No se deben de ubicar sitios dentro de áreas naturales protegidas, a excepción de los sitios que estén contemplados en el Plan de manejo de estas.
- En localidades mayores de 2500 habitantes, el límite del sitio de disposición final debe de estar a una distancia mínima de 500 metros contados a partir del límite de traza urbana existente o contemplada en el plan de desarrollo urbano.

- No debe de ubicarse en zona de: marismas manglares, estéreos, pantanos, humedales, estuarios, planicies, aluviales, fluviales, recarga de acuíferos, arqueológicas, ni sobre cavernas, fracturas o fallas geológicas.
- El sitio de disposición final se debe de localizar fuera de zonas de inundación con periodos de retorno de 100 años. En caso de no cumplir con lo anterior, se debe demostrar que no existirá obstrucción del flujo de área de inundación o posibilidad de deslaves o erosión que afecte la estabilidad física de las obras que integren el sitio de disposición final.
- La distancia de ubicación del sitio de disposición final, con respecto a cuerpos de agua superficiales con caudal continuo, lagos y lagunas, debe ser de 500 metros como mínimo.
- La ubicación entre el límite del sitio de disposición final y cualquier pozo de extracción de agua para uso doméstico, industrial, riego y ganadero, tanto en operación como abandonados, será de 100 metros adicionales a la proyección horizontal de la mayor circunferencia del cono de abatimiento. Cuando no se pueda determinar el cono de abatimiento, la distancia al pozo será de 500 metros.

2.3.5 Estudios y análisis previos requeridos para la selección del sitio

2.3.5.1 Estudio geológico

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 de incluir todo tipo de información existente que ayude a un mejor conocimiento de las condiciones del sitio; esta información puede ser de cortes litológicos de pozos

perforados en la zona e informes realizados por alguna institución particular u oficial.

2.3.5.2. Estudio topográfico

Se debe de realizar un estudio topográfico incluyendo planimetría y altimetría a detalle del sitio seleccionado para el sitio de disposición final.

2.3.5.3 Estudio geotécnico

Se deberá de realizar para obtener los elemento de diseño necesario y garantizar la protección del suelo y subsuelo, agua superficial, la estabilidad de las obras civiles y del sitio de disposición final a construirse incluyendo al menos las siguientes pruebas:

2.3.5.4 Exploración y muestreo

- Exploración para definir los sitios de muestreo
- Muestreo e identificación de muestras
- Análisis de la permeabilidad de campo

2.3.5.5 Estudios de laboratorio

- Clasificación de muestras según el sistema Unificado de clasificación de suelo
- Análisis granulométricos
- Permeabilidad
- Humedad
- pH
- Capacidad de campo
- Agua capilar
- Agua higroscópica

- Clasificación de muestras según el Sistema Unificado de Clasificación de suelos

El sistema cubre los suelos gruesos y los finos, distinguiendo ambos por el cribado a través de la malla 200; las partículas gruesas son mayores que dicha malla y las finas, menores. Un suelo se considera grueso si más del 50% de sus partículas son gruesas, y fino, si más de la mitad de sus partículas, en peso, son finas, (Tabla 14).

Tabla 14 Sistema Unificado de Clasificación de suelos

Procedimiento de identificación en el campo				Símbolos		Nombres típicos		Información necesaria para la descripción de suelo	
				del grupo					
Suelos de partículas gruesas	Gravas	Amplia gama en los tamaños de las partículas y cantidades apreciables de todos los tamaños intermedios		GW	Gravas bien graduadas, mezcla de gravas y arena, con poco o nada de finos	Desde el nombre típico, indíquese los porcentajes aproximados de grava y arena, tamaño máximo, angulosidad, características de la superficie y dureza de las partículas gruesas, nombre local y geológico, cualquier otra información descriptiva pertinente y el símbolo entre parentesis.			
		Predomina de un tamaño o un tipo de tamaños, con ausencia de algunos tamaños intermedios		GP	Gravas mal graduadas, mezclas de grava y arena, con poco o nada de finos.				
		Fracción fina poco o nada plástica		GM	Gravas limosas, mezcla de grava, arena y limo				
		Fracción fina plástica		GC	Gravas arcillosas, mezclas de grava, arena y arcilla	Para los suelos inalterados agreguese información sobre estratificación, compactación, cementación, condiciones de humedad y características de drenaje.			
(Mas de la mitad del material es retenido en la malla número 200)	Arenas	Amplia gama en los tamaños de las partículas y cantidades apreciables de todos los tamaños intermedios.		SW	Arenas bien graduadas, arenas con grava, con poco o nada de finos.				
Predominio de un tamaño o un tipo de tamaños con ausencia de algunos tamaños intermedios.			SP	Arenas mal graduadas, arenas con grava, con poco o nada de finos.					
Fracción fina poco o nada plástica (grupo ML)			SM	Arenas limosas, mezclas de arena y limo					
Fracción fina plástica (grupo CL)			SC	Arenas arcillosas, mezcla de arena y arcilla					
Procedimiento de identificación en la fracción que pasa la malla N° 40									
Suelos de partículas finas	Limos y Arcillas	Resistencia en estado seco (Características al rompimiento)	Dilatancia (Reacción al agitado)	Tenacidad (Consistencia cerca del límite plástico)					
		Nula o ligera	Rápida o lenta	Nula	ML	Limos orgánicos, polvo de roca, limos arenosos, arcillosos ligeramente plásticos	Desde el nombre típico, indíquese el grado y carácter de la plasticidad, cantidad y tamaño máximo de las partículas gruesas		
		Límite líquido menor de 50	Media o alta	Nula o muy lenta	CL	Arcillas inorgánicas de baja o media plasticidad, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas pobres	color del suelo húmedo, nombre local y geológico, cualquier otra información descriptiva pertinente y el símbolo entre parentesis.		
		Ligera o media	Lento	Ligera	OL	limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad			
(Mas de la mitad del material pasa la malla número 200)	Limos y Arcillas	Ligera o media	Lenta o nula	Ligera a media	MH	limos inorgánicos, limos micáceos o diatomeos, limos elásticos.	Para los suelos inalterados agreguese información sobre la estructura, estratificación, consistencia tanto en estado inalterado como remoldeado, condiciones de humedad y drenaje.		
Alta o muy alta		Nula	Alta	CH	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas francas.				
Límite líquido mayor de 50		Media o alta	Nula o muy lenta	Ligera o media	OH	Arcillas orgánicas de media a alta plasticidad, limos orgánicos de media plasticidad			
Suelos altamente orgánicos		Fácilmente identificables por su color, olor, sensación esponjosa y frecuentemente por su textura fibrosa.			PT	Turba y otros suelos altamente orgánicos.			

- Análisis granulométricos.

El suelo es un sistema abierto, dinámico, constituido por tres fases. La parte sólida está formada por los componentes orgánicos e inorgánicos, esta no conforma una fase continua ni homogénea sino que deja huecos. Las plantas se relacionan con una enorme variedad de tamaños y formas de partículas, generalmente asociadas formando agregados, conformando la estructura del suelo, (Palmer, 1966).

Las partículas del suelo tienen tamaños muy variables que abarcan desde los 25 cm a menores de 1 micra.

La textura define la relación porcentual de cada uno de los grupos de partículas primarias menores de 2 milímetros de diámetro. Estas se denominan arena, limo y arcilla (Tabla 15) estos se hallan íntimamente relacionados, sin embargo cada fracción confiere propiedades particulares:

Tabla 15 Texturas	
Textura	Características
Arena	Conforma la fracción esquelética del suelo. Sus partículas dejan macroporos entre sí, aumentando la permeabilidad y disminuyendo el almacenamiento del agua. Para su baja superficie específica aporta poca fertilidad al suelo. Su escasa capacidad para formar estructura la hace una fracción susceptible a la erosión eólica. Su consistencia en mojado es no plástica, ni adhesiva. Impresiona al tacto como abrasiva.

Continuación: Texturas	
Textura	Características
Limo	Es una fracción derivada de la anterior por alteración física. Forma entre partículas poros más pequeños, donde se puede almacenar agua. En general presenta baja actividad superficial por lo que su papel en la fertilidad química es indirecto. Es capaz de rellenar los poros grandes dejados por la fracción de arena, limitando a veces la permeabilidad, problema serio en zonas de riesgo. Impresiona al tacto suavemente en forma similar al talco. Su consistencia en mojado es plástica, al poder deformarse, pero no adhesiva, al no poseer actividad superficial.
Arcilla	Fracción de diverso origen mineralógico. Por su pequeño tamaño de partícula, tiene valores muy elevados de superficie específica activa, por lo que incide fundamentalmente en la fertilidad de los suelos y el almacenamiento de agua. Desde el punto de vista físico-mecánico su rol más importante es generar estructura al ligar las partículas de limo y arena. Forman cuerpos de elevada porosidad, con predominio de microporos que al llenarse de agua y luego desecarse producen hinchamiento y contracción sucesivamente, exaltando en el grupo de las montmorillonitas. Su consistencia en mojado, se comporta como plástico y adhesivo, este material al intentarlo amasarlo inicialmente es difícil de integrarlo con el agua y que luego resulta muy plástico y adhesivo. Esto se debe a que el agua penetra muy lentamente en los poros pequeños y aun en los espacios interlaminares, cuando esto se produce con el sucesivo amasado se orientan las láminas de arcillas deslizándose unas sobre otras adquiriendo su máxima plasticidad.

- Fracciones granulométricas

Para separar las distintas fracciones granulométricas, arcilla, limo y arena se hace necesario establecer los límites entre cada una de ellas, con base al tamaño de partícula (Tabla 16).

Tabla 16 Tamaños de partículas		
Fracción del suelo	Separado del suelo	Partícula (diámetro mm)
	Muy gruesa	1 a 2
	Gruesa	0.5 a 1
Arena	Media	0.25 a 0.5
	Fina	0.10 a 0.25
	Muy fina	0.05 a 0.10
Limo	Limo	0.002 a 0.05
Arcilla	Arcilla	Menos de 0.002
	Coloide	Menos de 0.0005

Juárez y Rico, 2006

- Permeabilidad.

Es la capacidad del suelo para conducir o transportar un fluido cuando se encuentra bajo un gradiente. Varía según la densidad del suelo, el grado de saturación y el tamaño de partículas.

Se define como la velocidad de flujo del agua en el suelo bajo un gradiente hidráulico unitario. La dimensión de la permeabilidad es la velocidad, ya que su dimensión es la longitud dividida por el tiempo.

- pH

El pH es la medida de la concentración de hidrogeno expresado en términos logarítmicos. Los valores de pH se reducen a medida que la concentración de los iones de hidrogeno incrementan y varían de un rango de 0 a 14. Los valores debajo del 7.0 son ácidos, los valores del 7.0 al 14 son básicos y 7.0 es neutral. Por cada unidad de cambio en pH hay un cambio 10 veces en magnitud de la acidez o alcalinidad, (Figura 4).

9.0	Fuerte	Basicidad
8.0	Media	
7.0	Ligera	
		Neutralidad
	Ligera	Acidez
6.0	Moderada	
	Media	
5.0	Fuerte	
4.0	Muy fuerte	

Figura 4 Valores del pH

El método potenciométrico de determinación de pH se basa en la medición de la fuerza electromotriz (FEM) que surge de introducir dos electrodos diferentes (de medida y comparación) en una suspensión de suelo, o en una extracción acuosa o salina. El potencial del electrodo de medida está relacionado con el pH de la solución o del suelo y se

determina por el valor de este. Como electrodos de comparación, con mayor frecuencia se emplean los electrodos cloroplateados y los calomelanos, y como electrodos de medida, los de platino y los de vidrio.

- Humedad.

El agua es uno de los constituyentes más variables del suelo. Diferentes suelos tienen distintas capacidades de retención del agua. Además, determinado suelo puede contener muy diversas cantidades de agua según la ocasión.

Si hay demasiada agua en el suelo y no se drena, las raíces de las plantas pueden morir por falta de oxígeno, si hay muy poca agua, el crecimiento de las plantas se retarda hasta cesar, apareciendo finalmente el marchitamiento.

La cantidad de agua existente en el suelo en determinado momento se expresa generalmente como porcentaje del peso seco a la estufa. Este porcentaje se determina por lo general para la capacidad de campo del suelo y para el suelo seco al aire. Esto posibilita la clasificación del agua existente en un suelo después de llover como de gravedad, capilar e higroscópica.

- Capacidad de campo

Es el porcentaje de agua que un suelo retiene después de ser saturado con agua y drenado por efecto de la tensión del suelo seco que se encuentra debajo de él. El suelo mantiene esta condición durante los 2 o 3 días siguientes a la lluvia. El suelo permanecería más o menos con este mismo contenido de agua indefinidamente si no fuera esta absorbida por la planta o se evaporara. El agua que rebasa tal cantidad se conoce como de gravedad.

- Agua capilar

Se halla en el suelo a capacidad de campo, pero puede perderse por evaporación. Se presenta en películas de agua alrededor de las partículas del suelo y llena los poros más pequeños. Comprende aquella agua aprovechable para el crecimiento de las plantas y cierta cantidad de la no aprovechable. La solución del suelo la constituye en su mayor parte el agua capilar más los materiales disueltos en ella.

- Agua higroscópica

Puede removerse del suelo seco al aire por medio de secado a la estufa a 105°-110° C durante 24 horas o más. Se presenta como una fina película alrededor de las partículas del suelo, probablemente de espesor de solo 2 o 3 capas de moléculas de agua. Las grandes áreas de las superficies exteriores de arcilla y materiales orgánicos causan que los suelos con elevado contenido de tales constituyentes puedan retener más agua higroscópica que otros suelos.

2.3.5.6 Evaluación geológica

Se debe de precisar la litología de los materiales, así como su geometría, distribución y presencia de fracturas y fallas geológicas en el sitio.

Los apartados restantes de la NOM-083 se refieren a las características constructivas, operativas y de clausura del sitio, las cuales no se tienen previstas en este trabajo.

2.4 Crecimiento de la Población Mexicana

El Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2010) en el último censo nacional (México) poblacional reporta un total de 112,337 habitantes, con una tasa de crecimiento media anual del 1.8 % hasta el 2010 con una edad promedio de 26 años.

El crecimiento nacional poblacional total se ha acelerado en las últimas décadas desde 1900 hasta el 2010 e INEGI estima una duplicación de la población en los próximos 40 años, (Figura 5).

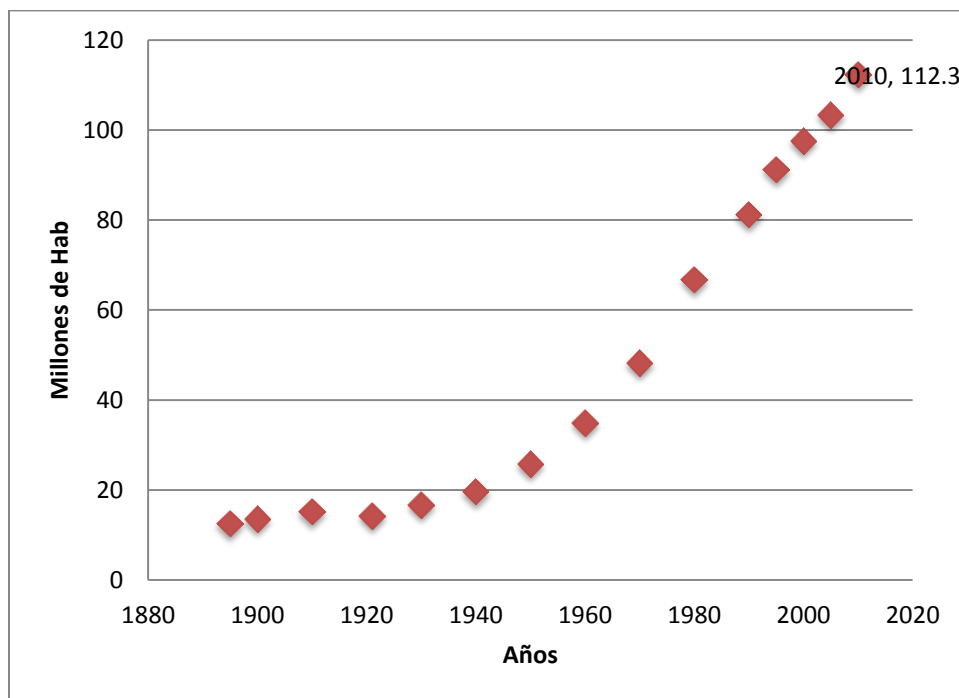


Figura 5 Crecimiento Nacional Población Total 1895-2010

Fuente: INEGI, 2010)

2.4.1 Cifras de Veracruz

El Estado de Veracruz tiene una población de 7.643.194 habitantes, (INEGI, 2010).

2.4.2 Estadísticas del Municipio de Ayahualulco

El Municipio de Ayahualulco, tiene una población de 25,456 habitantes, (INEGI, 2010). Un 50.13 % son mujeres y el 49.86 % son hombres, (Figura 6).

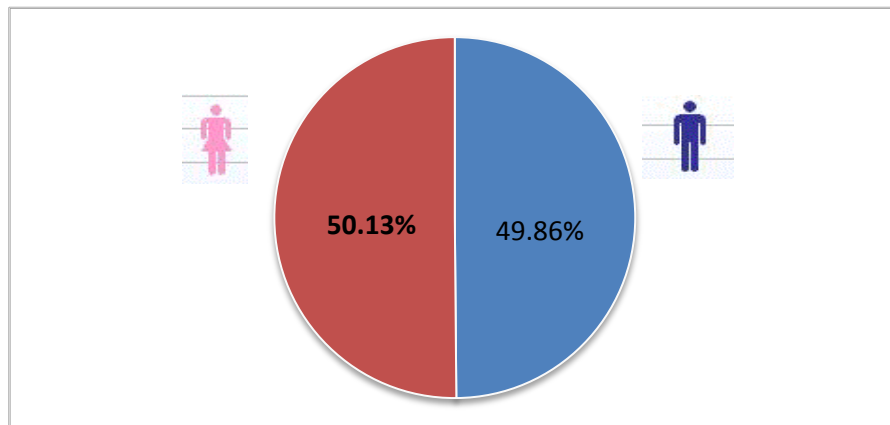


Figura 6 Población total de Ayahualulco (25,456 Hab)

Fuente: INEGI, 2010

El Municipio de Ayahualulco, tiene una generación *per-cápita* de 0.950 Kg/Hab/día.

2.4.3 Estadísticas del Municipio de Ixhuacán de los Reyes

El Municipio de Ixhuacán de los Reyes, tiene una población de 10,724 habitantes, (INEGI, 2010). Un 49.64 % son mujeres y el 50.35 % son hombres, (Figura 7).

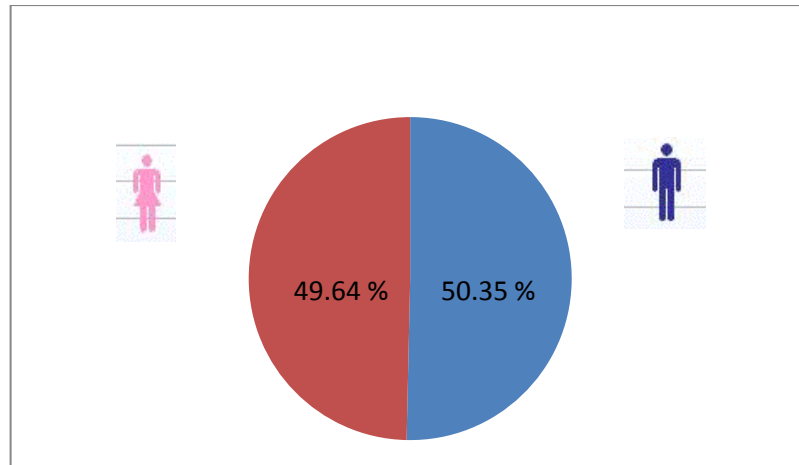


Figura 7 Población total de Ixhuacán de los Reyes (10,724 Hab)

Fuente: INEGI, 2010

El Municipio de Ixhuacán de los Reyes, tiene una generación *per-cápita* de 0.41 Kg/Hab/día

2.4.4 Proyección de la población

Se hace un cálculo del crecimiento aproximado previsto en el número de habitantes del lugar, esto es necesario para el buen diseño del relleno, es indispensable conocer el número de habitantes a servir y la cantidad de desechos sólidos generados por habitante que se tienen que tratar. Un relleno sanitario se tiene que estimar con un tiempo de vida útil de 15 a 20 años.

2.5 Un Veracruz sustentable

Hasta hace más de tres décadas, las cuestiones relacionadas con el medio ambiente apenas figuraban en la agenda internacional, nacional y estatal. Las acciones en la materia se delimitaban a la gestión y coordinación de los actores oficiales involucrados en el tema, así como una equivocada orientación al manejo de los recursos naturales, lo que dio como consecuencia un aumento en la problemática ambiental que actualmente se manifiesta en el Estado y por consecuencia a nivel mundial.

El desarrollo sostenible se define como aquel que satisface las necesidades del presente sin poner en peligro la capacidad de las generaciones futuras para atender sus propias necesidades.

Veracruz enfrenta diversos desafíos en cuanto a la agenda ambiental, por ello es prioritario establecer metas de conservación a largo plazo, como la de la biodiversidad, el manejo integral del recurso hídrico y del suelo, el ordenamiento ecológico territorial, la adaptación y mitigación a los efectos del cambio climático, la prevención y reducción de contaminantes y la educación como elemento base para la integración de una cultura ambiental.

La procuración de la justicia ambiental requiere de un marco jurídico moderno, vanguardista, participativo, incluyente e integral, con criterios preventivos que permitan custodiar con eficiencia, tanto la rica biodiversidad actual de la entidad, como los derechos de las generaciones del porvenir, con el objetivo claro de lograr un Veracruz sustentable. Cabe mencionar que el lograr la procuración de justicia ambiental se tiene que dar con la base en el cumplimiento de las normas ambientales y el seguimiento de estas. Se sabe que toda obra o

actividad causa un impacto positivo o negativo al ambiente y este tiene que ser evaluado.

2.5.1 Impacto Ambiental

Si se tiene como objetivo llegar a un medio ambiente sustentable es necesario cumplir con las Evaluaciones necesarias en materia de Impacto Ambiental que cada obra o actividad propicie. Por esto se dice que hay un impacto ambiental cuando hay una “modificación en el ambiente ocasionada por la acción del hombre o de la naturaleza”, (LEPAEV, 2000).

2.5.2 Evaluación del impacto ambiental (EIA)

“La Evaluación del Impacto Ambiental (EIA), es un procedimiento jurídico-administrativo que tiene por objetivo la identificación, predicción e interpretación de los impactos ambientales que un proyecto o actividad produciría en caso de ser ejecutado, así como la prevención, corrección y valorización de los mismos, todo ello con el fin de ser aceptado, modificado o rechazado por parte de los interesados”, (Conesa, 1997).

Las Evaluaciones de impacto ambiental (EIA) pretenden, como principio establecer un equilibrio entre el desarrollo de la actividad humana y el Medio Ambiente, sin pretender llegar a ser una figura negativa u obstruccionista y mucho menos un freno al desarrollo.

La evaluación de impacto ambiental es una herramienta necesaria para determinar las situaciones como:

- a) Demanda creciente de espacios y servicios consecuencia de la movilidad de la población y el crecimiento del nivel de vida.
- b) Degradación progresiva del medio natural con incidencia especial en:

- Contaminación y mala gestión de los recursos atmosféricos, hidráulicos, geológicos, edafológicos y paisajísticos.
- Ruptura del equilibrio biológico y de las cadenas eutróficas, como consecuencia de la destrucción de diversas especies vegetales y animales.
- Perturbaciones imputables a desechos o residuos, tanto de origen urbano como industrial.

Actualmente al llevar a cabo un proyecto u obra es inexcusable la realización de los Estudios de Impacto Ambiental (EslA) por varias razones, entre estas:

- Detienen el proceso degenerativo.
- Evitan graves problemas ecológicos.
- Mejoran el entorno y la cálida de vida.
- Ayudan a perfeccionar el proyecto.
- Defienden y justifican una solución acertada.
- Canalizan la participación ciudadana.
- Así lo exige la legislación.
- Genera una mayor conciencia social del problema ecológico.

Debido a lo antes mencionado se puede determinar que las EIA son necesarias y con esto el responsable del proyecto lo será también de que el mismo cumpla las disposiciones y normas medioambientales locales y nacionales.

Los promoventes deberán presentar ante la secretaria una manifestación de impacto ambiental en el caso de que la obra a realizar no este contemplada en una Norma Oficial Mexicana (NOM), si la obra está contemplada en una NOM esta entregara un informe preventivo.

2.5.3 Informe preventivo.

La presentación de este informe esta prevista en el caso de que la obra o proyecto a realizar este contemplado en una NOM.

La realización de obras y actividades a que se refiere el artículo 5 del Reglamento de la ley general del equilibrio ecológico y la protección al ambiente (LGEEPA) en materia de evaluación del impacto ambiental, requerirán la presentación de un informe preventivo, cuando:

- I. Existan normas oficiales mexicanas u otras disposiciones que regulen las emisiones, las descargas, el aprovechamiento de recursos naturales y, en general, todos los impactos ambientales relevantes que las obras o actividades puedan producir.
- II. Las obras o actividades que estén expresamente previstas por un plan parcial o programa parcial de desarrollo urbano o de ordenamiento ecológico que cuente con previa autorización en materia de impacto ambiental respecto del conjunto de obras o actividades incluidas en el.

El informe preventivo deberá contener:

- I. Datos de identificación
- II. Referencia según corresponda
- III. Descripción general de la obra.

2.5.4 Métodos para la identificación de los factores ambientales afectados

Existen numerosos procedimientos para la evaluación de impactos sobre el medio ambiente o sobre algunos de sus factores, algunos generales, con pretensiones de universalidad, otros específicos para situaciones o aspectos concretos; algunos cualitativos, otros operando con amplias bases de datos e instrumentos de cálculo sofisticados, de carácter estático unos, dinámicos otros.

Hay que destacar que la mayoría de métodos fueron elaborados para proyectos concretos, resultando por ello complicada su generalización, aunque resultan válidos para otros proyectos similares a los que dieron origen al método en cuestión, (Tabla 17 y 18).

Tabla 17 Clasificación de los métodos más usuales para evaluar los impactos ambientales	
Sistema de red y gráficos	Sistemas cartográficos
Matriz de causa-efecto (Leopold)	Superposición de transparentes
Listas de chequeo	Mc Harg
CNYRPAB	Tricart
Bereano	Falque
Sonrensen	
Guías metodológicas del MOPU	
Banco mundial	

Conesa, 1997

Tabla 18 Análisis de sistemas	
Métodos basados en indicadores, índices de integración de la evaluación	Métodos cuantitativos
Holmes	Batelle-Columbus
Universidad de Georgia	
Hill- Schechter	
Fisher-Davies	

Conesa, 1997

Como se muestra en las Tablas 17 y 18 existen diversos procedimientos para la evaluación de los impactos ambientales.

2.5.5 Matrices Causa-efecto (Leopold).

La matriz de impactos ambientales proporciona un inventario y una presentación conveniente de esos efectos. El trabajo pionero en esta área fue el de Leopold (1971) y ha sido reseñado por Munn. El eje horizontal enumera diversos aspectos de la urbanización o la industrialización en tanto que en el eje vertical contiene los componentes del ambiente: la atmosfera, hidrosfera, litosfera, los impactos humanos, y otros, según corresponda. Los elementos de la matriz identifican interacciones potenciales entre cada actividad y cada característica ambiental.

Para la utilización de la matriz de Leopold, el primer caso consiste en la identificación de las intersecciones existentes, para lo cual, se deben de tomar en cuenta todas las actividades que pueden tener lugar debido al proyecto. Se recomienda operar con una matriz reducida, excluyendo las filas y las columnas que no tienen relación con el proyecto. Posteriormente y para cada acción, se consideran los factores

ambientales que pueden ser afectados significativamente, trazando una diagonal en las cuadrículas donde se intercepta con la acción.

Cada cuadrícula admite dos valores, la magnitud y la importancia.

La magnitud se refiere al grado de afectación de un impacto concreto sobre un determinado factor. La magnitud debe ser positiva o negativa y su ponderación es como se muestra en la Tabla 19:

Tabla 19 Ponderación de la magnitud	
+1	Poco
+2	Medio
+3	Grande
-1	Poco
-2	Medio
-3	Grande

Conesa, 1997

La importancia se pondera como se muestra en la tabla 20:

Tabla 20 Ponderación de la importancia	
1	Poco importante
2	Importante
3	Muy importante

Conesa, 1997

La Figura 8 representa como se deben de colocar la magnitud (M) e importancia (I) de los impactos ambientales, tomando como antecedente las Tablas 19 y 20 respectivamente.

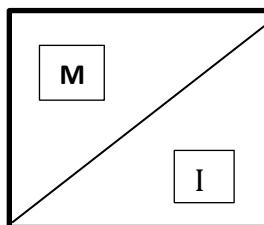


Figura 8 Magnitud e importancia

Conesa, 1997

Una vez llenas las cuadrículas el siguiente paso consiste en evaluar o interpretar los números colocados. Esta matriz es global ya que cubre las características socioeconómicas, además que se incluyen características físicas, químicas y biológicas.

3 METODOLOGIA

3.1 Procedimiento para la obtención de los datos de generación de RSU en Ayahualulco.

Se describe brevemente la metodología a seguir para determinar la cantidad de residuos sólidos urbanos generados en el municipio de Ayahualulco,(Figura 9).

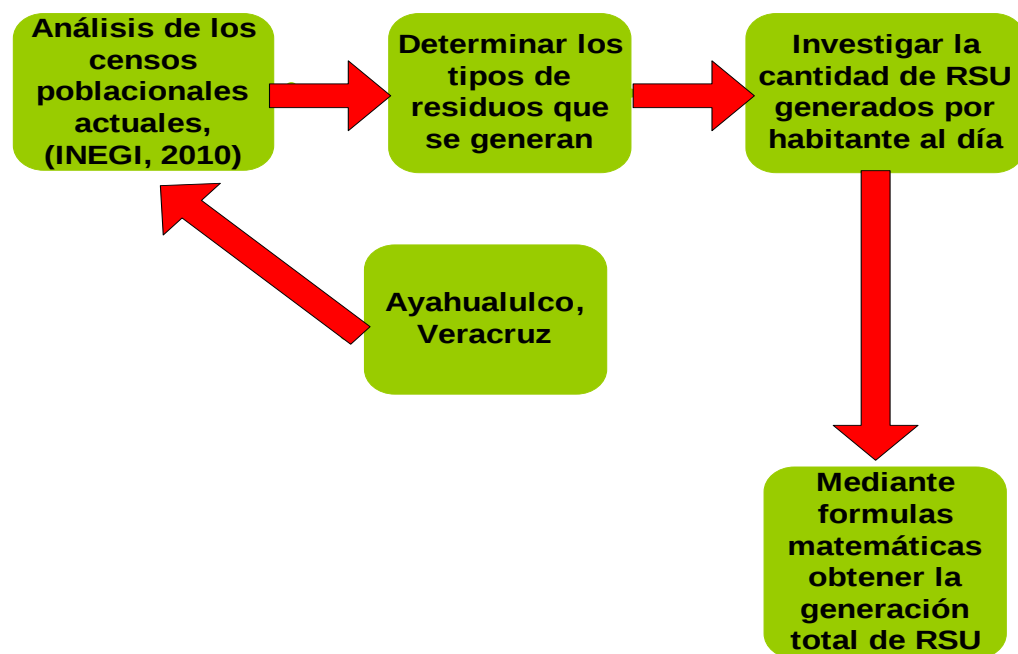


Figura 9 Procedimiento para la obtención de los datos de generación de RSU en el Municipio de Ayahualulco

3.1.1. Censos poblacionales de Ayahualulco

Los censos actuales (INEGI, 2010) indican que el Estado de Veracruz cuenta con una población de 7,643,194 habitantes, a su vez el Municipio de Ayahualulco, tiene 25,456 pobladores, (Figura 10).

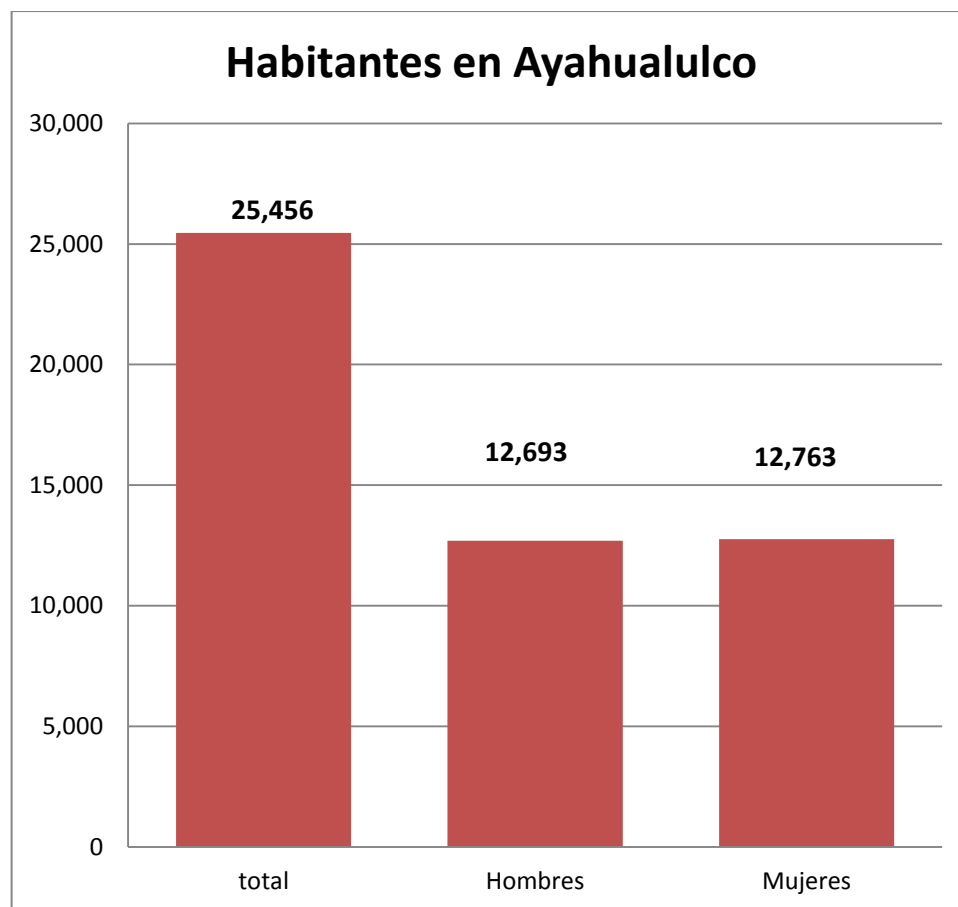


Figura 10: Población de Ayahualulco

Fuente: INEGI, 2010

3.1.2. RSU que se generan en el Municipio de Ayahualulco

El Municipio de Ayahualulco genero el año 2010 la cantidad de 24585.65 Kg/día, de RSU, obteniendo los siguientes subproductos, (Tabla 21 y Figura 11), con una generación *per-cápita* de 0.950 Kg/día.

**Tabla 21: Subproductos obtenidos en el cuarto del
Municipio de Ayahualulco**

Subproducto	Peso (kg)	%
Orgánico	8.4	33.56
Pañales	3.7	14.78
Cartón	2.51	10.01
Plástico	1.9	7.59
Latas	1.71	6.81
PET	1.21	4.83
Tela	1.1	4.39
Papel higiénico	1.03	4.12
Bolsas	1	4
Plástico A.D.	0.5	2
Tetra Pack	0.5	2
Medicamento	0.4	1.6
Papel	0.31	1.24
Arcilla	0.2	0.8
Cerámica	0.2	0.8
Fierro	0.2	0.8
Aluminio	0.12	0.46
Unicel	0.06	0.22
Total	25.03	100

Juárez, 2010

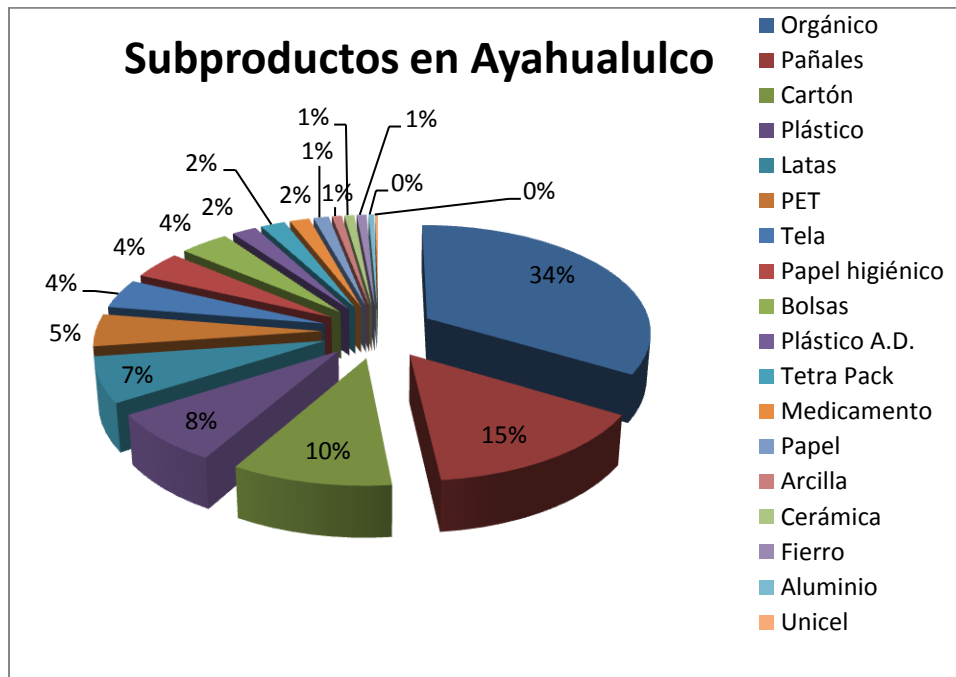


Figura 11: Subproductos en Ayahualulco

Con base en el cuarteo realizado en el Municipio de Ayahualulco, se obtuvieron los siguientes datos de la generación *per-Cápita*, (Tabla 22).

Tabla 22: Generación <i>Per-Cápita</i> en Ayahualulco	
Producción <i>per- Cápita</i>	
0.922 Kg/Hab/día	

Juárez, 2010

3.2 Procedimiento para la obtención de los datos de generación de RSU en Ixhuacán de los Reyes.

Metodología a seguir para obtener los datos de la cantidad de residuos sólidos urbanos generados en el municipio de Ixhuacán de los Reyes, (Figura 12).

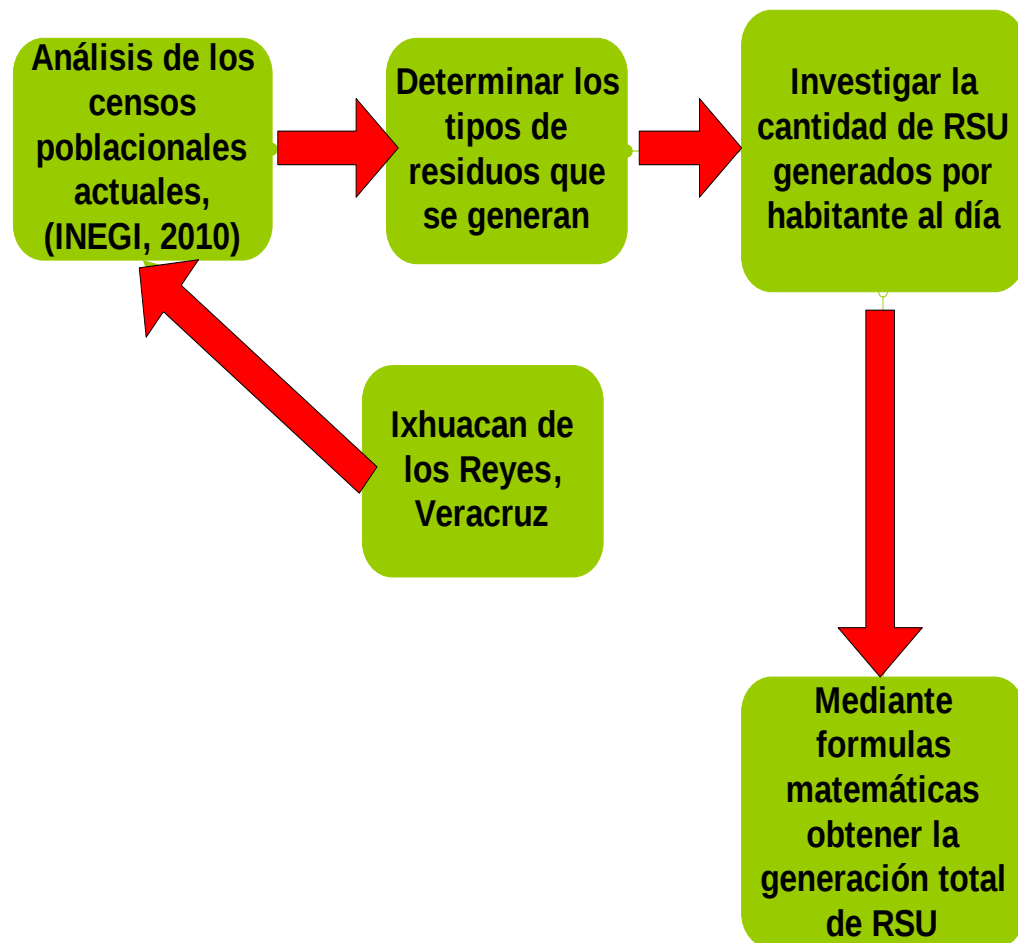


Figura 12 Procedimiento para la obtención de los datos de generación de RSU en el Municipio de Ixhuacán de los Reyes

3.2.1 Censos poblacionales de Ixhuacán de los Reyes

El Municipio cuenta con una población total de 10,724 habitantes, (Figura 13).

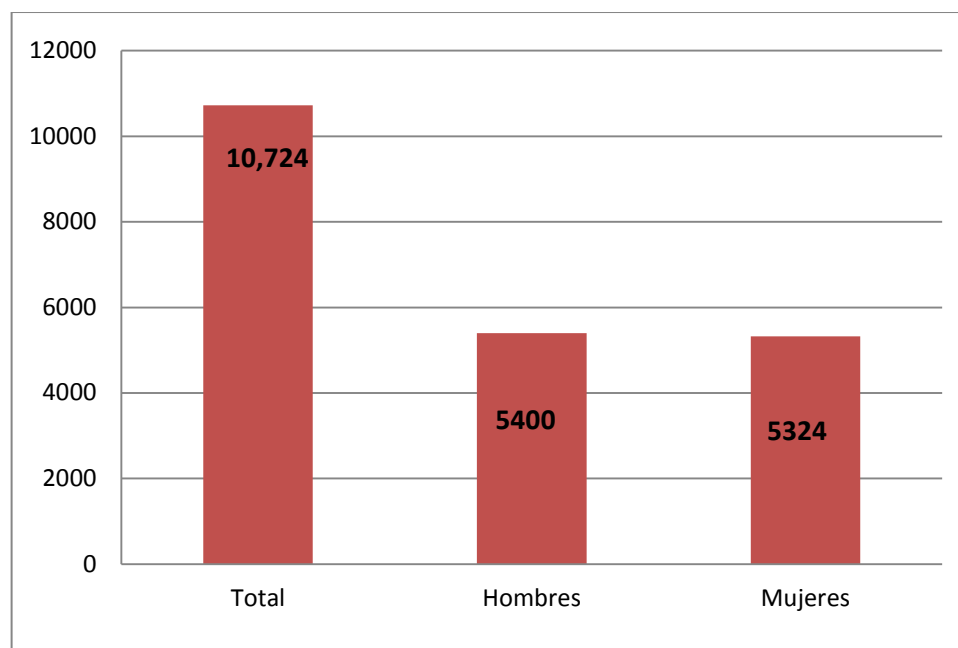


Figura 13 Población de Ixhuacán de los Reyes

Fuente: INEGI, 2010

3.2.2 RSU que se generan en el Municipio de Ixhuacán de los Reyes.

El Municipio de Ixhuacán de los Reyes generó el año 2010 la cantidad de 4333.35 Kg/día, de RSU, obteniendo los siguientes subproductos, del cuarteo realizado (Tabla 23 y Figura 14), con una generación *per-Cápita* de 0.41 Kg/día, (Tabla 24).

Tabla 21 Subproductos obtenidos en el cuarto del Municipio de Ixhuacán de los Reyes

Subproducto	Peso (kg)	%
Orgánico	0.5	18.73
Pañales	0.1	3.75
Barro	0.08	3
Plástico	0.9	33.71
Metal	0.1	3.75
PET	0.05	1.87
Tela	0	0
Papel higiénico	0.1	3.75
Bolsas	0.2	7.49
Envolturas	0.5	18.73
Tetra Pack	0.075	2.81
Medicamento	0	0
Papel	0	0
Arcilla	0	0
Cerámica	0	0
Fierro	0	0
Aluminio	0.05	1.87
Unicel	0.015	0.56
Total	2.67	100.02

(Juárez, 2010)

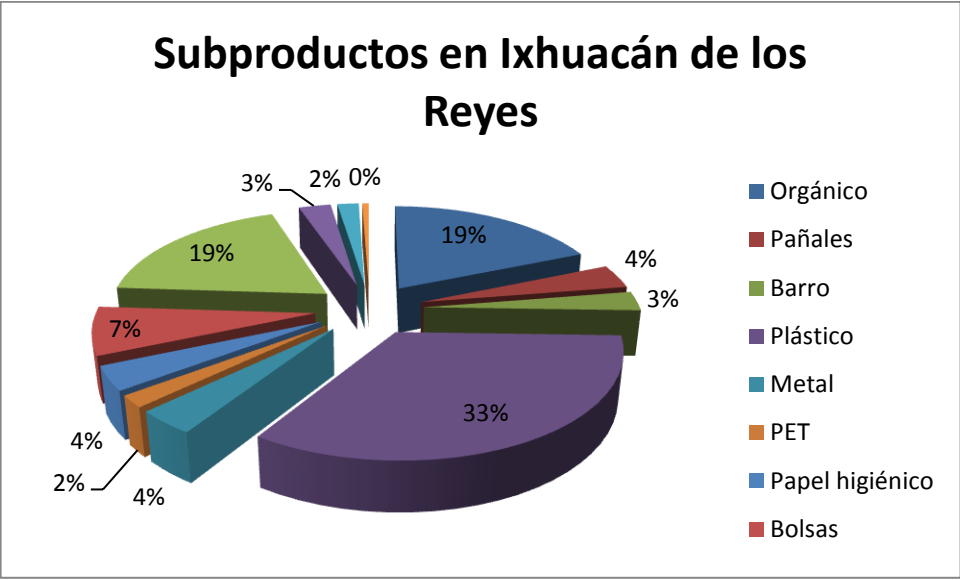


Figura 14 Subproductos en Ixhuacán de los Reyes

Fuente: INEGI, 2010

Con base en el cuarteo realizado en el Municipio de Ixhuacán de los Reyes, se obtuvieron los siguientes datos de la generación *per-Cápita*, (Tabla 24).

Tabla 24 Generación per-cápita en Ixhuacán de los Reyes	
Producción <i>per-Cápita</i>	
0.41 Kg/Hab/día	

3.3 Metodología para la evaluación de la NOM-083-SEMARNAT-2003

La figura 15 describe de forma breve el procedimiento para la evaluación del sitio con base en la NOM-083.

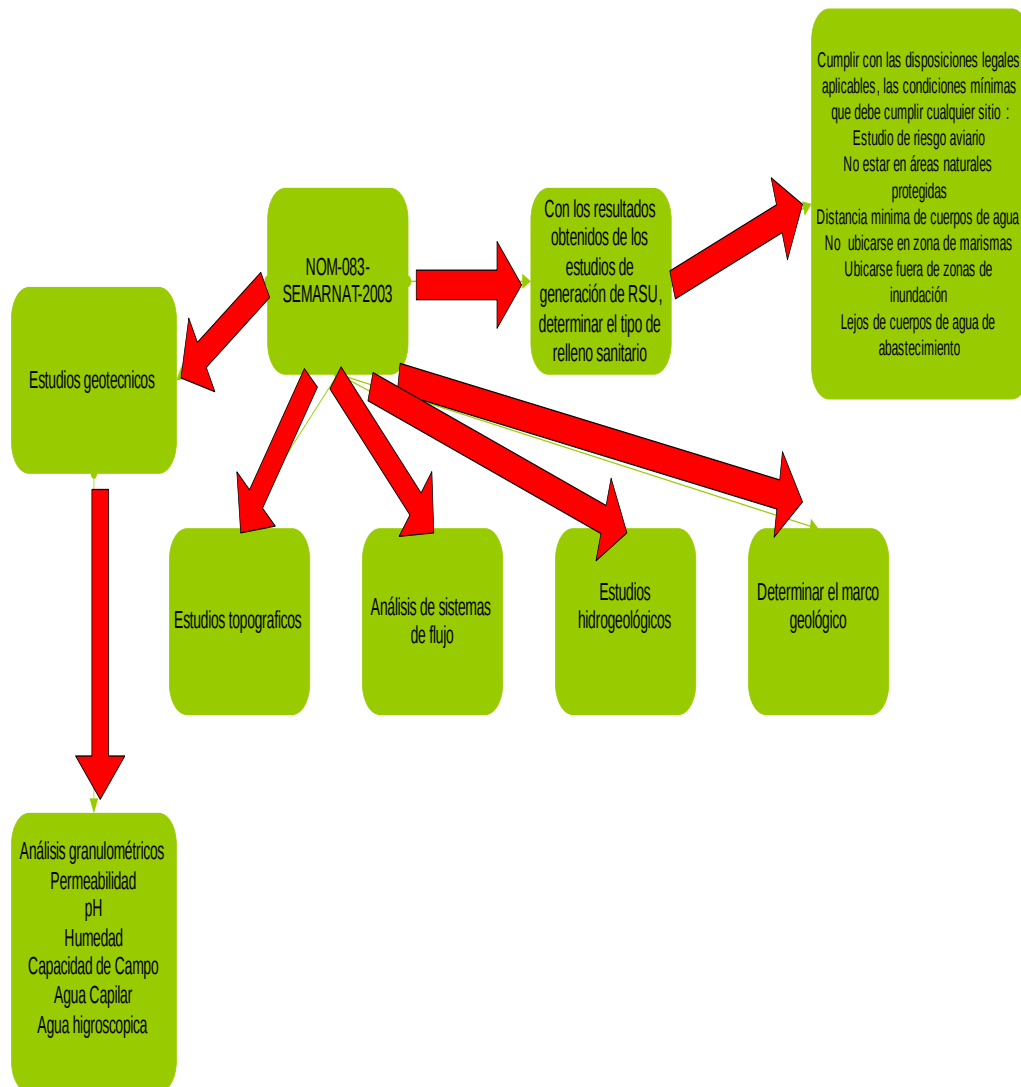


Figura 15 Evaluación de la NOM-083-SEMARNAT-2003

3.3.1 Categorización del sitio

Con base en los resultados que se obtendrán de la generación total de residuos sólidos urbanos y con ayuda de la Tabla 13 (categorías de los sitios de disposición final), se definirá el tipo de relleno sanitario, dependiendo de la cantidad de residuos que se dispondrán en el sitio al día.

3.3.2 Condiciones mínimas que debe de cumplir el sitio.

Es importante cumplir con las condiciones mínimas que debe de tener cualquier sitio de disposición final:

- Estudio de riesgo aviario.
- No se debe de ubicar en áreas naturales protegidas.
- Cumplir con una distancia mínima de 500 metros contados a partir de la traza humana.
- No debe de ubicarse en zonas de marismas, manglares, esteros, pantanos, humedales, estuarios, planicies aluviales, fluviales, recarga de acuíferos, arqueológicos, cavernas, fracturas, o fallas geológicas.
- Ubicarse a una distancia mínima de 500 metros de cualquier cuerpo de agua.

3.3.3 Marco geológico

- Determinar la descripción estratigráfica
- Geometría
- Distribución
- Fallas
- Fracturas

3.3.4 Estudio topográfico

- Planimetría

- Altimetría

3.3.5 Estudio Geotécnico

- Muestreo e identificación de muestras
- Análisis de la permeabilidad del campo
- Clasificación de muestras según el sistema unificado de la clasificación de suelos
- Análisis granulométrico
- pH
- Humedad
- Capacidad de campo
- Agua higroscópica

3.4 Metodología para la evaluación de la viabilidad técnica

La figura 16 describe la metodología a seguir para la evaluación de la viabilidad técnica del sitio.

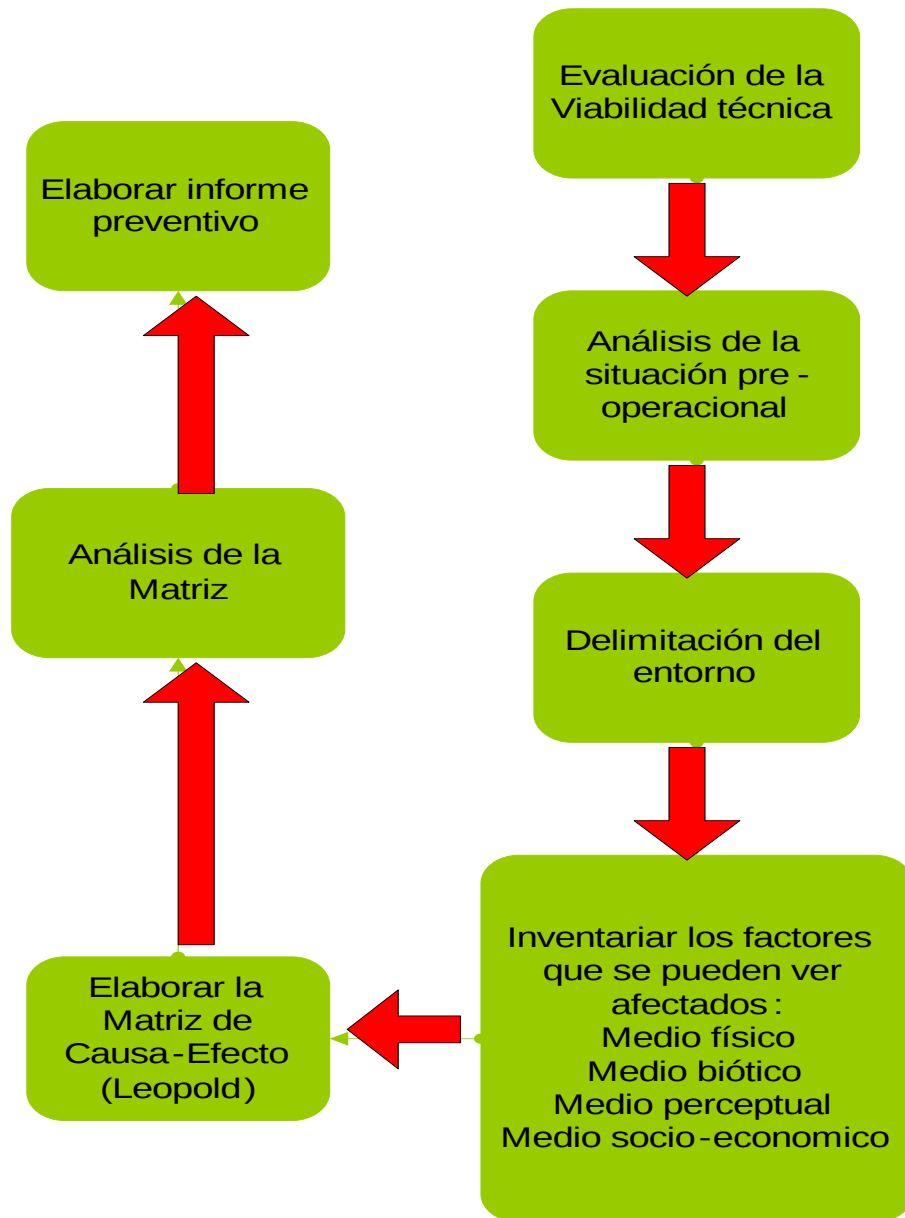


Figura 16 Metodología para el estudio de Viabilidad técnica de la obra

3.4.1 Situación pre-operacional

Como se encuentra el sitio antes de llevar a cabo el proyecto.

3.4.2 Entorno del proyecto

Si contemplamos la delimitación del suelo en una zona concreta, el entorno es perfectamente delimitable, pero si debemos considerar los efectos de la contaminación atmosférica sobre los acuíferos subterráneos, solo puede ubicarse el entorno espacialmente de forma imprecisa.

3.4.3 Inventario de alteraciones

Se tienen que analizar cada uno de los medios que serán afectados como:

- Edafología, considerando al suelo como soporte.
- Geomorfología, forma que presenta el relieve terrestre.
- Climatología, conjunto de condiciones climáticas típicas del sitio.
- Hidrología, análisis del comportamiento del agua superficial.
- Vegetación, el estudio puede realizarse desde el punto de vista cuantitativo, abundancia y densidad de la vegetación
- Fauna, se enfocara hacia el inventario o estudio estadístico de la poblaciones.
- Paisaje, se debe de tomar en cuenta los siguientes factores cuenca visual y calidad visual.
- Ruidos
- Demografía, se estudia la población que va a ser afectada por la actividad u obra.

3.4.4 Matriz Causa-Efecto

Determinar la matriz de Causa-Efecto con los factores que serán afectados por el proyecto, utilizando las Tablas 19 y 20.

4 RESULTADOS

4.1 Generación de RSU en Ayahualulco e Ixhuacán de los Reyes

Para el diseño adecuado del relleno sanitario es necesario saber cuál será el crecimiento de la población en un determinado periodo involucrando los municipios participantes.

Se calcula con la ecuación 1 el crecimiento de la población de ambos municipios, tomando como población inicial los datos obtenidos en el conteo INEGI, 2010 que arroja que Ayahualulco e Ixhuacán de los Reyes tienen una población de 25,456 y 10,724 habitantes, respectivamente, una tasa de crecimiento anual del 2.62% y un periodo de 15 años de vida útil del relleno sanitario, (Tabla 25 y 26).

$$Pf = Po (1+r)^n \quad \text{Ecuación (1)}$$

Pf = Población futura (Habitantes)

Po = Población inicial (Habitantes)

r = Tasa de crecimiento anual

n = Intervalo de años

Tabla 25 Proyección de la población en Ayahualulco

Año	Po(Hab)	Constante	Tasa de Crecimiento	n (Intervalo de años)	Pf (Hab)
2010	25456	1	0.0262	0	25456
2011	25456	1	0.0262	1	26123
2012	25456	1	0.0262	2	26807
2013	25456	1	0.0262	3	27510
2014	25456	1	0.0262	4	28230
2015	25456	1	0.0262	5	28970
2016	25456	1	0.0262	6	29729
2017	25456	1	0.0262	7	30508
2018	25456	1	0.0262	8	31307
2019	25456	1	0.0262	9	32128
2020	25456	1	0.0262	10	32969
2021	25456	1	0.0262	11	33833
2022	25456	1	0.0262	12	34720
2023	25456	1	0.0262	13	35629
2024	25456	1	0.0262	14	36563
2025	25456	1	0.0262	15	37521

Tabla 26 Proyección de la población en Ixhuacán de los Reyes

Año	Po(Hab)	Constante	Tasa de Crecimiento	n (Intervalo de años)	Pf (Hab)
2010	10724	1	0.0262	0	10724
2011	10724	1	0.0262	1	11005
2012	10724	1	0.0262	2	11293
2013	10724	1	0.0262	3	11589
2014	10724	1	0.0262	4	11893
2015	10724	1	0.0262	5	12204
2016	10724	1	0.0262	6	12524
2017	10724	1	0.0262	7	12852
2018	10724	1	0.0262	8	13189
2019	10724	1	0.0262	9	13535
2020	10724	1	0.0262	10	13889
2021	10724	1	0.0262	11	14253
2022	10724	1	0.0262	12	14627
2023	10724	1	0.0262	13	15010
2024	10724	1	0.0262	14	15403
2025	10724	1	0.0262	15	15807

Tomando los datos obtenidos de la población futura y la generación *per-cápita* se cuantificara la cantidad de residuos generados por habitante al día, con la ecuación 2, (Tabla 27 y 28)

$$\text{CRS} = \text{Pf} * \text{Gpc} \quad \text{Ecuación 2}$$

CDS = Cantidad de desechos sólidos generados (Kg/día)

Pf =Población futura (Habitantes)

Gpc= Generación *per-cápita* (Kg/Hab/día)

Tabla 27 Residuos generados en Ayahualulco

Población futura (Habitantes)	Producción <i>per-cápita</i> (Kg/Hab/día)	Cantidad de residuos solidos producidos (Kg/día)
25456	0.92	23470
26123	0.92	24085
26807	0.92	24716
27510	0.92	25364
28230	0.92	26028
28970	0.92	26710
29729	0.92	27410
30508	0.92	28128
31307	0.92	28865
32128	0.92	29622
32969	0.92	30398
33833	0.92	31194
34720	0.92	32011
35629	0.92	32850
36563	0.92	33711
37521	0.92	34594

Tabla 28 Cantidad de residuos generados en Ixhuacán de los Reyes		
Población futura (Habitantes)	Producción <i>per-cápita</i> (Kg/Hab/día)	Cantidad de residuos solidos producidos (Kg/día)
10724	0.41	4397
11005	0.41	4512
11293	0.41	4630
11589	0.41	4752
11893	0.41	4876
12204	0.41	5004
12524	0.41	5135
12852	0.41	5269
13189	0.41	5408
13535	0.41	5549
13889	0.41	5695
14253	0.41	5844
14627	0.41	5997
15010	0.41	6154
15403	0.41	6315
15807	0.41	6481

Se toman los datos de las tablas 27 y 28 respectivamente y los 365 días del año para calcular el volumen total anual que ingresaran al relleno para su disposición final y prever el área del sitio, esto se calcula con la ecuación 3:

$$V_{\text{anual}} = V_{\text{diario}} \cdot 365 \text{ días} \quad \text{Ecuación 3}$$

V_{anual} = Volumen anual (Kg)

V_{diario} =Volumen diario (Kg/día)

Tabla 29 Volumen anual de residuos sólidos urbanos en Ayahualulco			
Volumen diario de residuos sólidos (Kg/día)	Año	Volumen anual Kg	Volumen anual Toneladas
23470	365	8566707.68	8567
24085	365	8791155.421	8791
24716	365	9021483.693	9021
25364	365	9257846.566	9258
26028	365	9500402.146	9500
26710	365	9749312.682	9749
27410	365	10004744.67	10005
28128	365	10266868.99	10267
28865	365	10535860.95	10536
29622	365	10811900.51	10812
30398	365	11095172.3	11095
31194	365	11385865.82	11386
32011	365	11684175.5	11684
32850	365	11990300.9	11990
33711	365	12304446.78	12304
34594	365	12626823.29	12627

Tabla 22 Volumen anual de residuos sólidos urbanos en Ixhuacán de los Reyes

Volumen diario de residuos sólidos (Kg/día)	Año	Volumen anual Kg	Volumen anual Toneladas
4397	365	1604846.6	1605
4512	365	1646893.581	1647
4630	365	1690042.193	1690
4752	365	1734321.298	1734
4876	365	1779760.516	1780
5004	365	1826390.242	1826
5135	365	1874241.666	1874
5269	365	1923346.798	1923
5408	365	1973738.484	1974
5549	365	2025450.432	2025
5695	365	2078517.233	2079
5844	365	2132974.385	2133
5997	365	2188858.314	2189
6154	365	2246206.402	2246
6315	365	2305057.009	2305
6481	365	2365449.503	2365

Comparativa del crecimiento de población de Ayahualulco e Ixhuacán de los Reyes, se puede apreciar en la gráfica (Figura 17) que el crecimiento de población de Ixhuacán de los Reyes será mínimo en comparación con el crecimiento que habrá en Ayahualulco.

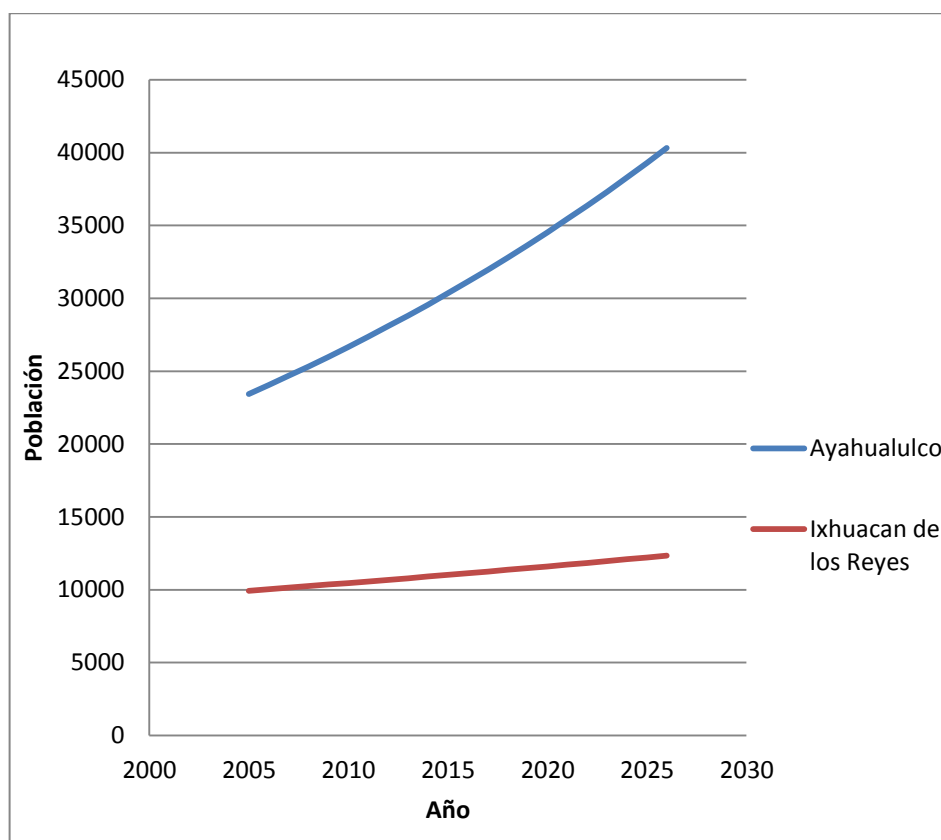


Figura 17 Aumento de la población

4.2 Caracterización del sitio

Calculada la generación de residuos por habitante al día, (Kg/Hab/día) en ambos municipios en las tablas 27 y 28 respectivamente se determina la cantidad de residuos que entraran al día al relleno para su disposición (Tabla 29) y se clasifica según marca la norma como un **Relleno Sanitario Tipo C.**

Tabla 23 Volumen total de residuos generados al día en ambos municipios				
Año	Ayahualulco Kg/día	Ixhuacán Kg/día	Volumen Kg/día	Volumen Ton/día
2010	23470	4397	27867	28
2011	24085	4512	28597	29
2012	24716	4630	29347	29
2013	25364	4752	30116	30
2014	26028	4876	30905	31
2015	26710	5004	31714	32
2016	27410	5135	32545	33
2017	28128	5269	33398	33
2018	28865	5408	34273	34
2019	29622	5549	35171	35
2020	30398	5695	36092	36
2021	31194	5844	37038	37
2022	32011	5997	38008	38
2023	32850	6154	39004	39
2024	33711	6315	40026	40
2025	34594	6481	41075	41

4.2.1 Cumplimiento de las disposiciones mínimas

Con el Sistema de Posicionamiento Global (GPS) se ubicaron las coordenadas del sitio de estudio, (Tabla 30).

Tabla 24 Coordenadas geográficas del sitio propuesto para relleno sanitario intermunicipal			
Medición	Altitud	Latitud	Longitud
1	0	19°25min 01.2 altitud 2908 metros	97°10min 06.4 5m
2	50	19°25min 02.6 altitud 2907 metros	97°10min 07.1 5m
3	100	19°25min 03.9 altitud 2908 metros	97°10min 08.0 4m
4	150	19°25min 05.2 altitud 2910 metros	97°10min 08.5 4m
5	200	19°25min 06.4 altitud 2908 metros	97°10min 08.9 3m
6	250	19°25min 07.8 altitud 2911 metros	97°10min 09 4m
7	300	19°25min 09.2 altitud 2912 metros	97°10min 09.3 4m
8	350	19°25min 10.5 altitud 2913 metros	97°10min 10.1 4m
9	400	19°25min 11.3 altitud 2915 metros	97°10min 11 4m
10	450	19°25min 13.1 altitud 2915 metros	97°10min 11.3 5m
11	500	19°25min 14.3 altitud 2915 metros	97°10min 11.6 3m
12	550	19°25min 15.5 altitud 2916 metros	97°10min 12.4 4m
13	600	19°25min 16.9 altitud 2916 metros	97°10min 12.8 3m
14	650	19°25min 17.5 altitud 2916 metros	97°10min 13.9 4m
15	700	19°25min 18.2 altitud 2917 metros	97°10min 15.2 3m
16	750	19°25min 19.1 altitud 2917 metros	97°10min 17.3 3m
17	800	19°25min 20 altitud 2917 metros	97°10min 17.4 4m
18	850	19°25min 20.1 altitud 2920 metros	97°10min 18.1 4m
19	900	19°25min 21.6 altitud 2925 metros	97°10min 18.2 4m
20	950	19°25min 23.2 altitud 2927 metros	97°10min 17.5 3m

Continuación: Coordenadas geográficas del sitio propuesto para relleno sanitario			
21	1000	19°25min 29.8 altitud 2930 metros	97°10min 17.1 3m
22	1050	19°25min 26 altitud 2930 metros	97°10min 17.6 3m
23	1100	19°25min 26.7 altitud 2932 metros	97°10min 16.4 3m
24	1150	19°25min 26.3 altitud 2931 metros	97°10min 14.8 3m
25	1200	19°25min 26.6 altitud 2932 metros	97°10min 13.3 3m
26	1250	19°25min 27.1 altitud 2934 metros	97°10min 11.6 3m
27	1300	19°25min 27.2 altitud 2932 metros	97°10min 09.9 3m
28	1350	19°25min 27.1 altitud 2932 metros	97°10min 08.3 3m
29	1400	19°25min 27.8 altitud 2931 metros	97°10min 06.8 3m
30	1450	19°25min 28.1 altitud 2930 metros	97°10min 05.2 3m
31	1500	19°25min 28.5 altitud 2930 metros	97°10min 03.5 3m
32	1550	19°25min 28.9 altitud 2928 metros	97°10min 01.9 3m
33	1600	19°25min 29.4 altitud 2927 metros	97°10min 00.4 3m
34	1650	19°25min 29.9 altitud 2927 metros	97°09min 58.8 3m
35	1700	19°25min 30.1 altitud 2925 metros	97°09min 57.2 3m
36	1750	19°25min 30 altitud 2924 metros	97°09min 55.7 3m
37	1800	19°25min 29.2 altitud 2920 metros	97°09min 54.3 3m
38	1850	19°25min 28.4 altitud 2918 metros	97°09min 53 2m
39	1900	19°25min 27.4 altitud 2915 metros	97°09min 51.6 3m
40	1950	19°25min 26.6 altitud 2915 metros	97°09min 50.2 3m
41	2000	19°25min 25.7 altitud 2916 metros	97°09min 48.9 3m
42	2050	19°25min 24.7 altitud 2915 metros	97°09min 49.9 3m
43	2100	19°25min 23.8 altitud 2913 metros	97°09min 51.1 2m
44	2150	19°25min 22.4 altitud 2911 metros	97°09min 50.9 3m
45	2200	19°25min 21.2 altitud 2910 metros	97°09min 50.2 3m
46	2250	19°25min 19.5 altitud 2908 metros	97°09min 49.6 3m
47	2300	19°25min 18.5 altitud 2904 metros	97°09min 48.9 2m
48	2350	19°25min 17.2 altitud 2903 metros	97°09min 48 3m
49	2400	19°25min 15.7 altitud 2900 metros	97°09min 47.8 3m
50	2450	19°25min 14.2 altitud 2895 metros	97°09min 47.4 3m

Con las coordenadas de la Tabla 30 se genero el poligono del sitio, el cual se muestra en la Figura 18.

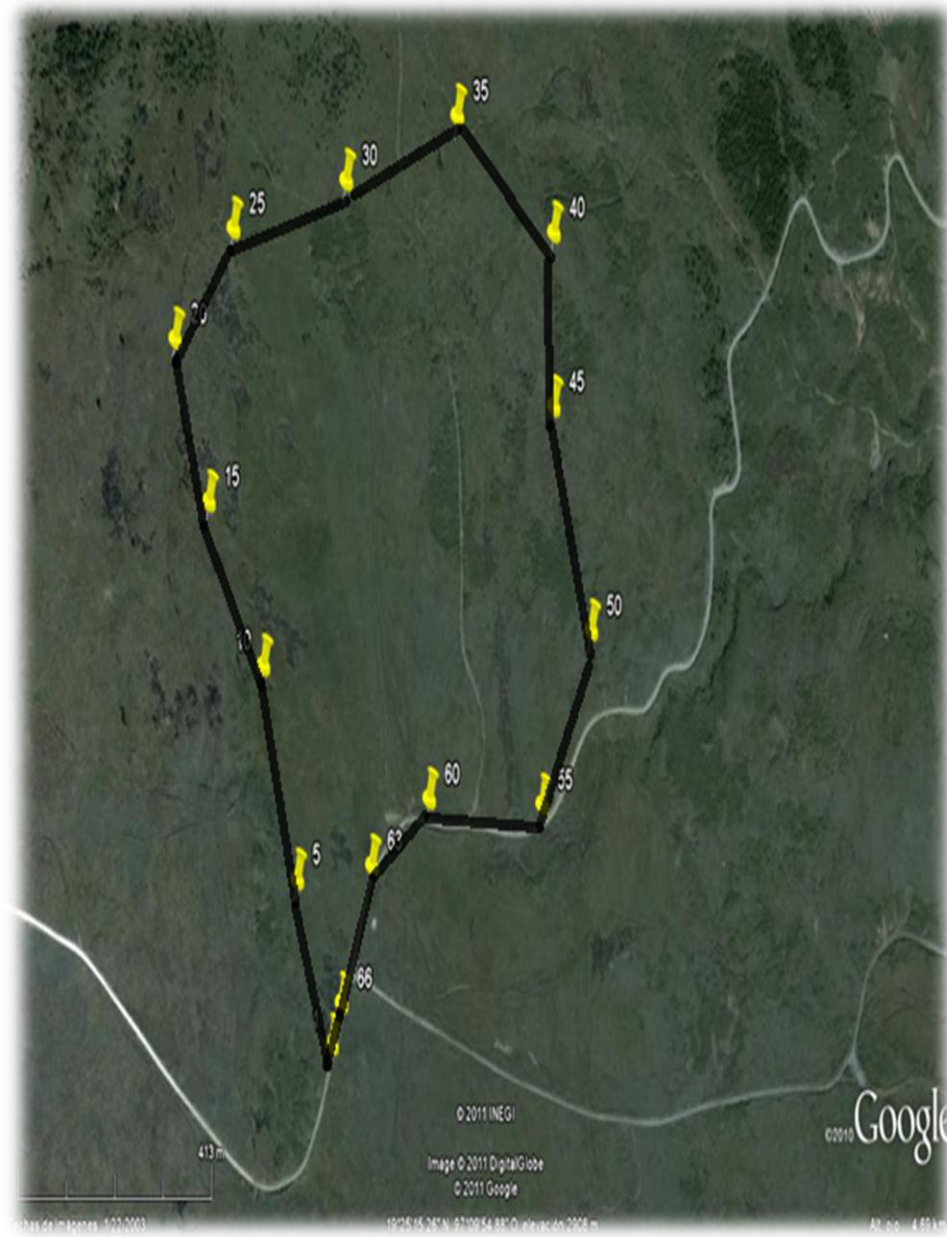


Figura 18 Polígono del sitio

Con el análisis de las carta del sitio y la localización del polígono se determinara el lugar exacto en el cual se llevar a cabo la construcción de la obra, (Figura 19).

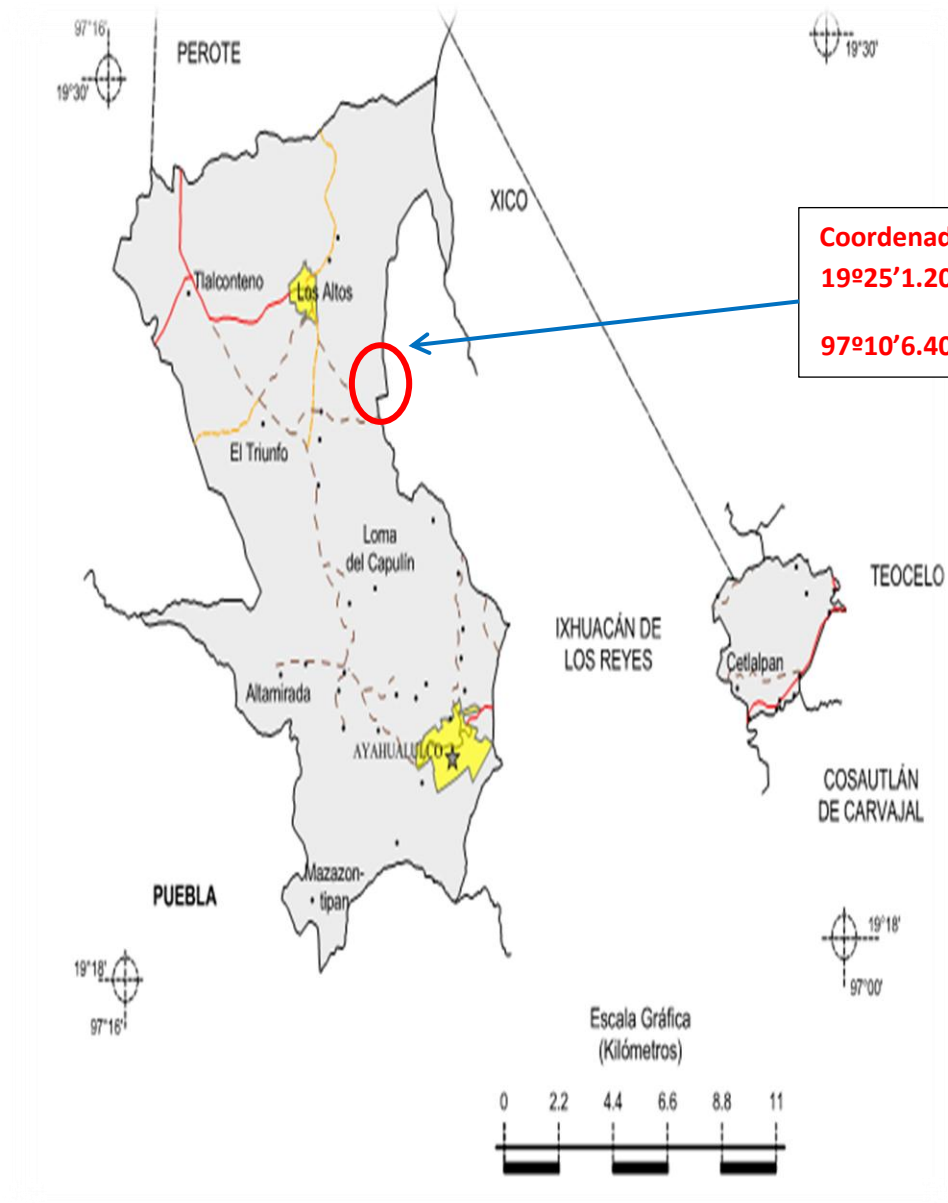


Figura 19 Localización del predio para el Relleno Sanitario Intermunicipal

La Figura 20 muestra la ubicación del aeropuerto más cercano al sitio donde se pretende construir la obra, es el aeropuerto Nacional de Lencero que se encuentra en Xalapa a 300 km del municipio de Ayahualulco Veracruz.

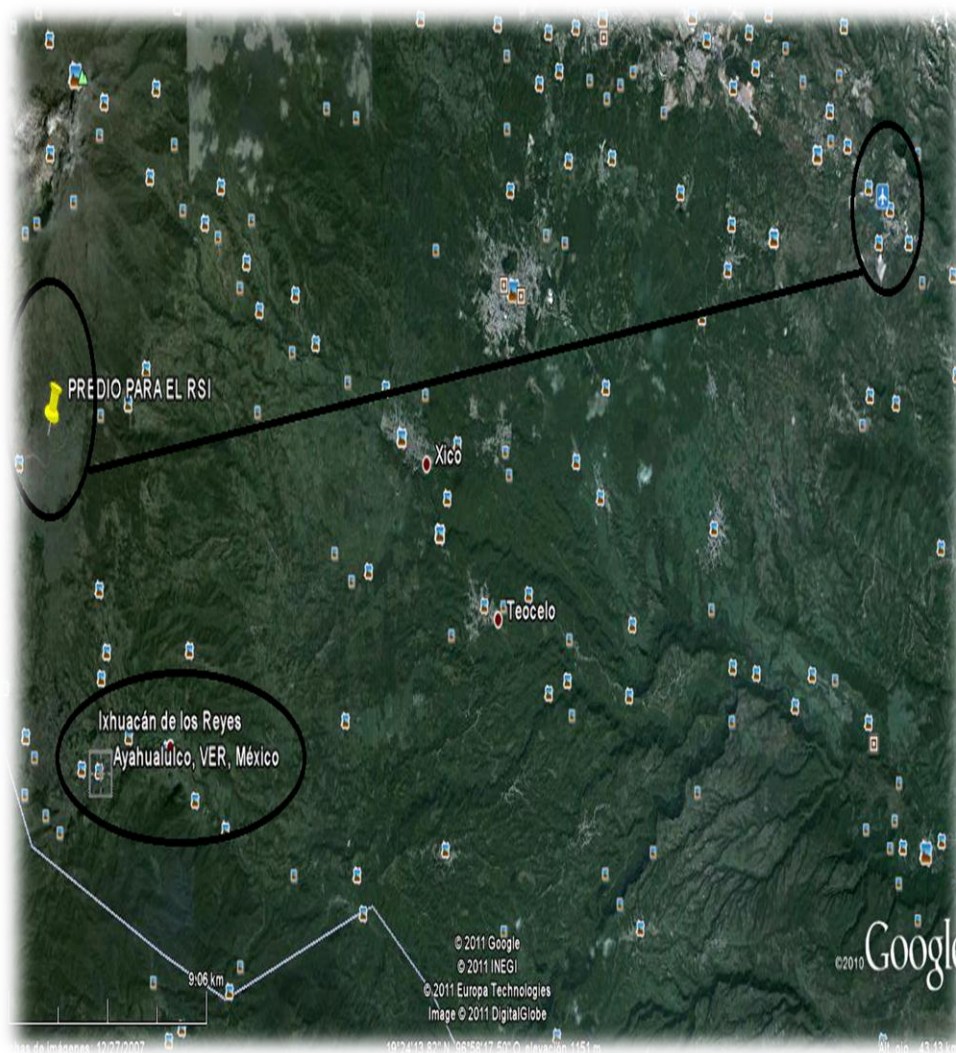


Figura 20 Aeropuerto más cercano al Municipio de Ayahualulco Veracruz

El predio se encuentra a más de 50 km del parque nacional Cofre de Perote que es un área natural protegida, (Figura 21).



Figura 21 Parque Nacional Cofre de Perote

Las comunidades más cercanas son el Triunfo y los Altos a una distancia de 1.5 Km, (Figura 22).



Figura 22 Traza urbana cercana al sitio para el Relleno Sanitario Intermunicipal

Figura 23, se observa que en los alrededores del sitio no se encuentran zonas de marismas, manglares, esteros, pantanos, humedales, estuarios, planicies, no hay cuerpos de agua cercanos, no hay pozos de extracción, las líneas que se ven son caminos de acceso al sitio (Figura 24).



Figura 23 Caminos de acceso al sitio



Figura 24 Sitio propuesto para el Relleno Sanitario Intermunicipal

4.2.2 Estudio geológico

En la figura 25 se muestra la carta geológica del Municipio de Ayahualulco, se observa que el sitio se encuentra sobre roca ígnea extrusiva, la zona no presenta fallas o fracturas.

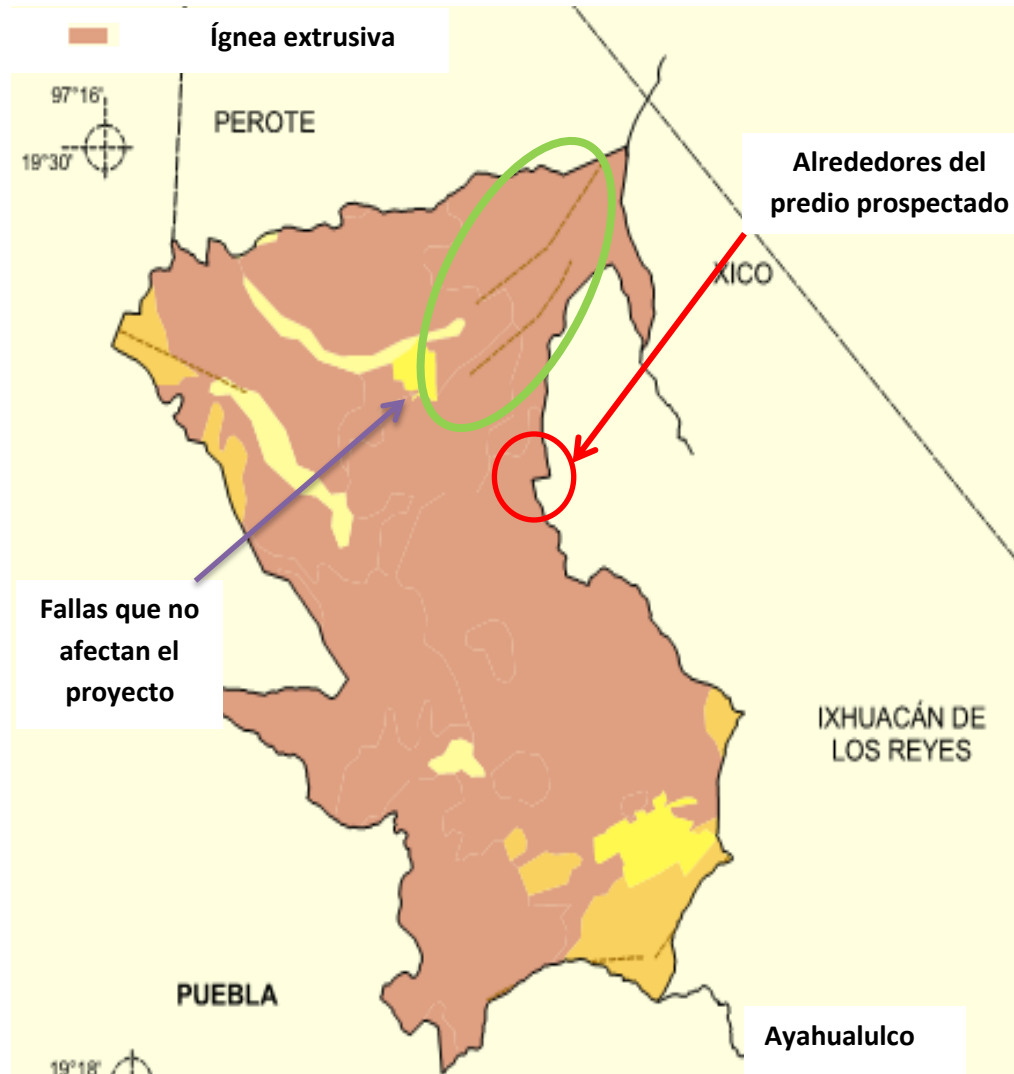


Figura 25 Marco geológico

La ígnea extrusiva está compuesta por, (Tabla 31):

Tabla 25 Ígnea extrusiva	
Composición	Características
Andesita (27%)	Su composición mineral comprende generalmente plagioclasa, piroxeno y hornblenda.
Basalto (24%)	De color oscuro y rico en fierro y magnesio
Toba acida (13%)	Ligera, de consistencia porosa, formada por la acumulación de cenizas
Toba intermedia (10%)	
Toba básica (7%)	
Brecha volcánica básica (7%)	Brecha es una roca sedimentaria detrítica compuesto aproximadamente en un 50 % de fragmentos angulares de roca de tamaño superior a 2 milímetros unidos por un cemento natural
Aluvial (3%)	

En la figura 26 se aprecia una roca de la región la cual lleva un proceso degenerativo, se cree que tiene su origen en la era mesozoica.



Figura 26 Roca

4.2.3 Estudio topográfico

Figura 27, se observan las corrientes de agua (líneas azules), que pasan por el área de estudio que se encuentra dentro del círculo negro, muy cercano pasa una corriente intermitente llamada “El Capulín” que se dirige a la cabecera del municipio, la zona se encuentra entre los 2900 y 3000 m.s.n.m, sobre volcanes aislados.

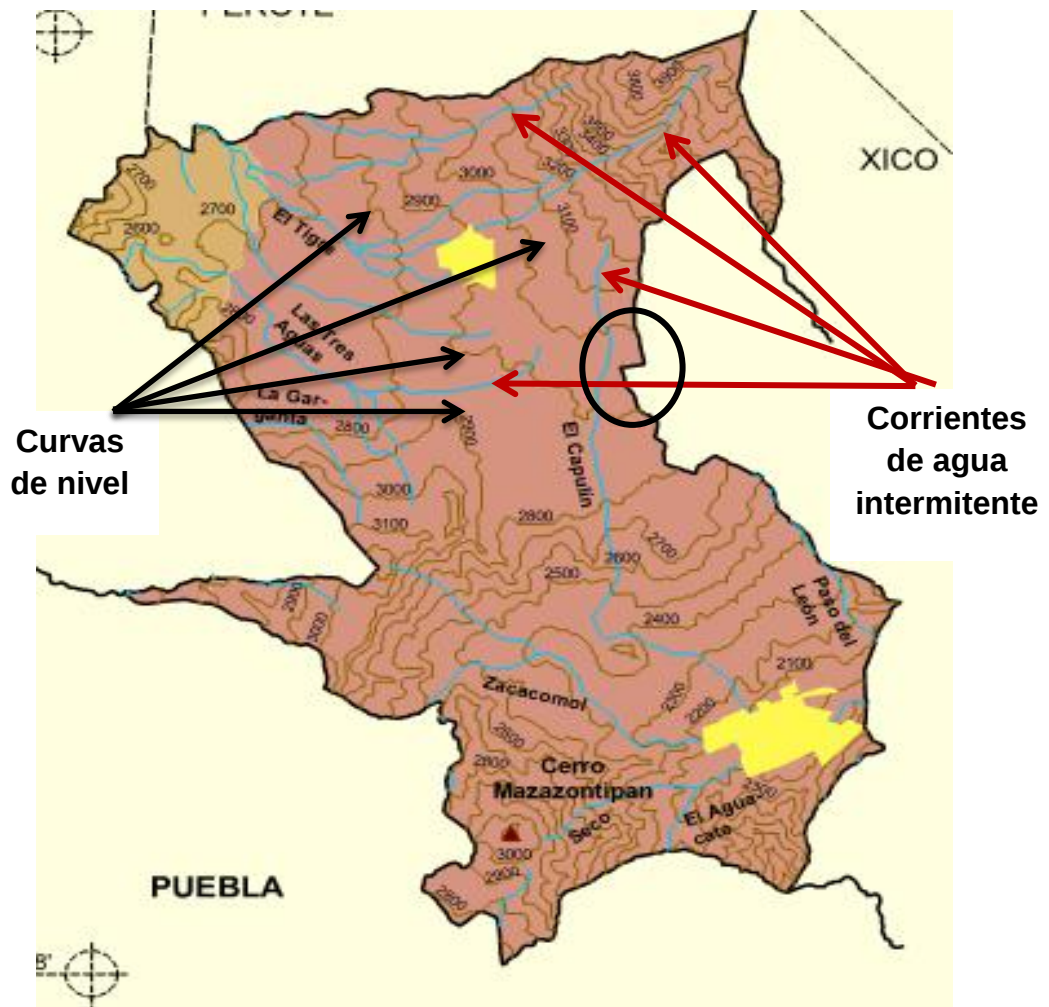


Figura 27 Carta topográfica

4.2.4 Estudio Geotécnico

- Análisis granulométrico del sitio

Se hizo pasar a través del tamiz numero 200 (0.074 mm) una muestra de suelo del sitio para identificar el tamaño de partícula, se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 26 Análisis granulométrico	
Suelo	%
Suelo de partículas gruesas	56.60
Arena	44.40

Con los resultados de la tabla 32 y la tabla 14 se determina el tipo de suelo de la región, concluyendo que el tipo de suelo es una grava. El suelo de esta región es permeable, (Figura 28).



Figura 28 Identificación de suelo

- pH del sitio propuesto para relleno sanitario

Tabla 33 resultados obtenidos en laboratorio de la medición del pH del suelo del sitio para el relleno sanitario:

Tabla 27 pH			
Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	pH promedio
5.48	5.85	5.85	5.72

Se obtiene que es un suelo con características acidas, (Figura 29).



Figura 29 pH del suelo

- Capacidad de campo

Tabla 34 presenta los resultados obtenidos en el laboratorio de las pruebas realizadas al suelo del sitio de análisis, la capacidad de campo define el porcentaje de agua que el suelo retiene 3 días después de la lluvia.

Tabla 28 Capacidad de campo del suelo del sitio a evaluar		
Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
5.39 %	4.54 %	5.43 %

Se define como un suelo seco, (Figura 30).



Figura 309 Capacidad de campo del suelo del sitio de análisis

- % de Agua higroscópica

Esta es la porción de agua en el suelo que no es utilizable por las plantas. La tabla 35 muestra los resultados obtenidos de la evaluación realizada al suelo de la región la cual proporciona los porcentajes de agua que las plantas no consumen, (Figura 31).

Tabla 29 % Agua higroscópica		
Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
4.9%	5.2%	4.8%



Figura 31 % de capacidad higroscópica

4.3. Evaluación de la Viabilidad Técnica

4.3.1 Situación pre-operacional

El sitio conocido como “El Llano” (Figura 32) ubicado en el Municipio de Ayahualulco es actualmente prospectado por las autoridades del mismo, para servir como Relleno Sanitario, con la participación del algún municipio cercano tentativamente podría ser el municipio de Ixhuacán de los Reyes, el cual deposite sus residuos.



Figura 32 Foto panorámica del “Llano”

Como se ve en la Figura 32 el sitio conocido como el Llano se encuentra rodeado por zonas montañosas, entre ellas el Cofre de Perote (Área natural protegida) a 50 Km de la cabecera del municipio. Actualmente este lugar está siendo disputado por pobladores de algunos municipios cercanos por los derechos del mismo, ya que lo utilizan para pastoreo de animales, por su vegetación que en gran medida son pastizales, (Figura 33).



Figura 33 Utilización del sitio

El predio se encuentra conectado a los municipios por una carretera de terracería, (Figura 34), en la cual rara vez se ve algún vehículo circular.



Figura 3410 Carretera de terracería

No existen cuerpos de agua superficiales de mayor o mediana magnitud. En el levantamiento efectuado solo se aprecia una pequeña corriente de agua del tipo intermitente, no muy profunda, (Figura 35) que rodea al predio.



Figura 35 Corriente de agua

A pie de carretera, se ve una casa deshabitada y una torre de vigilancia contra incendios, del lado contrario del sitio de estudio, (Figura 36).



Figura 36 Infraestructura

Se describe a grandes rasgo el panorama general del sitio, esto con la finalidad de prever las alteraciones que podría ocasionar la puesta en marcha del proyecto citado.

4.3.2 Entorno del proyecto

Para elaborar correctamente la evaluación de impacto ambiental es necesario establecer los límites de la zona que será afectada por la obra, en el caso de esta evaluación, será aquella obtenida con las coordenadas de la Tabla 30 y que se ve en la Figura 37.



Figura 37 Polígono del sitio

4.3.3 Inventario del medio

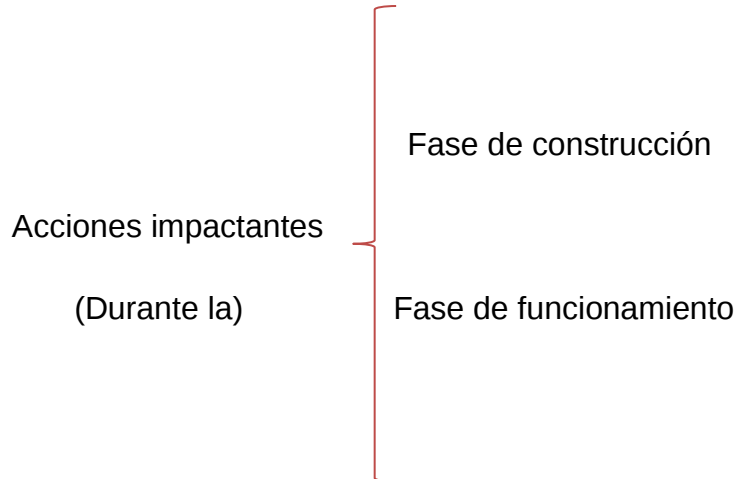
Es de gran importancia tener una percepción inicial de aquellos factores que serán impactados debido al proyecto, ya sea que este impacto sea positivo o negativo.

Para ello es necesario hacer un inventario de los factores medio ambientales susceptibles de recibir alteraciones (Tabla 36).

Tabla 30 Inventario ambiental	
Medio	Características
Edafología	Andosol (79%), regosol (16%) y leptosol (3%).
Geomorfología	Sierra volcánica. Curvas de nivel entre los 2900 y 3000 m.s.n.m. Ígnea extrusiva.
Climatología	El sitio tiene una Isotherma de 10° C y una Isoyeta que va desde los 1000 a 1200 mm de H ₂ O Semifrío-subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad.
Hidrología	No se encuentra cuerpos de agua superficiales cercanos al sitio, hay algunas arroyos intermitentes (el Capulín) que fluye hacia el Municipio de Ayahualulco.
Vegetación	Pastizal
Fauna	Vacas, perros, liebres, tuzas.
Paisaje	Campo
Ruidos	Se presentan solo ruidos del lugar
Demografía	No hay población en el predio

4.3.4 Matriz de causa-efecto

Para la elaboración de la Matriz es necesario determinar las acciones y las afectaciones que tendrá el medio debido al proyecto.



4.3.4.1 Fase de construcción

Las acciones durante la fase de construcción que impactaran el medio son las siguientes:

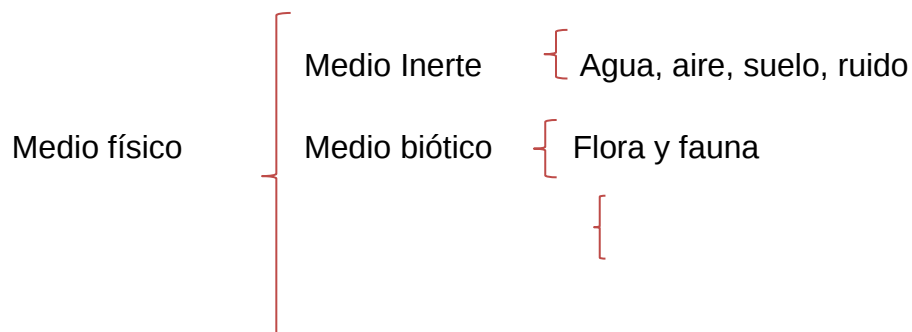
- Excavaciones
- Eliminación de cubierta terrestre y vegetación
- Movimientos de tierras
- Alteración hidrológica
- Producción de ruidos y vibraciones
- Capa impermeabilizadora
- Construcción de edificios auxiliares
- Vías de acceso
- Inversión

4.3.4.2 Fase de operación

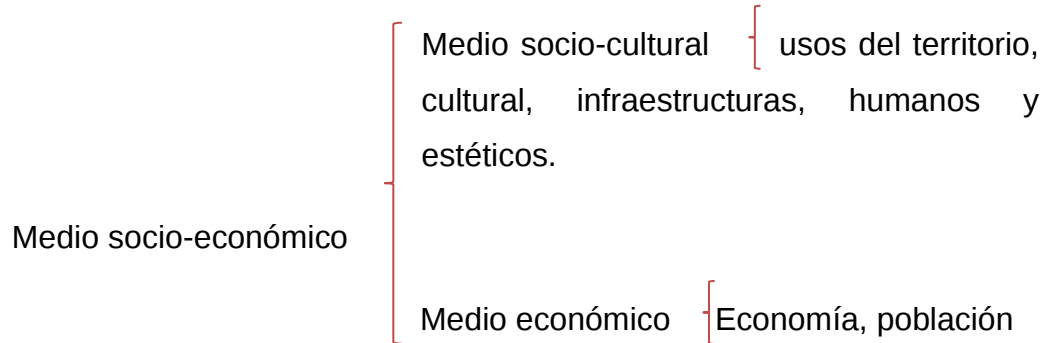
Detectado los impactos que recibirá el medio ambiente durante la etapa de la construcción es necesario determinar cuáles son las acciones impactantes durante la etapa de funcionamiento del relleno sanitario hacia el medio:

- Transporte
- Recogido de residuos solidos
- Almacenamiento y vertido
- Lixiviados
- Recubrimientos de tierra
- Pre-tratamiento de residuos
- Tratamiento de residuos
- Olores
- Vapores, humos y polvos emitidos a la atmosfera
- Producción de ruidos y vibraciones
- Obtención de productos recuperables y reciclado
- Incendios
- Costo económico
- Beneficio económico
- Presencia de insectos, roedores y aves.
- Composición y producción de residuos (metales, vidrio, materia orgánica, papel, cartón, plásticos, madera, textiles)

Ya delimitadas las acciones impactantes en ambas fases, ahora es necesario determinar que sistemas serán afectados:



Medio perceptual Paisaje



Con la información obtenida de los impactos ocasionados antes y después de la obra, se hace el análisis cuantitativo de la magnitud e importancia de la obra, mediante la Matriz de Leopold o de Causa y Efecto (Tabla 37).

4.3.4.3 Matriz de Impactos

Tabla 31 Matriz de Causa-Efecto (Leopold)

			Excavaciones	Eliminación de cubierta terrestre y vegetación	Movimiento de tierras	Alteración hidrológica	Producción de ruidos y vibraciones	Capa impermeabilizadora	Construcción de edificios auxiliares	Vías de acceso	Inversión	Transporte	Recogido de residuos sólidos	Almacenamiento y vertido	Lixiviados	Recubrimiento de tierras	Pre-tratamiento de residuos	Tratamiento de residuos	Olores	Vapores, humos, y polvos emitidos a la atmósfera	Producción de ruidos y vibraciones	Obtención de productos recuperables y reciclado	Incendios	Costo económico	Beneficio económico	Presencia de insectos, roedores y aves	Composición y producción de residuos	
Medio físico	Medio inerte	Agua	-3/2	-3/2	-3/3	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/3	-3/3	-3/3	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/3
		Aire	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2
		Suelo	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/3
		Ruido	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/3
	Medio biótico	Flora	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/3
		Fauna	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/3
	Medio perceptual	Paisaje	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2
Medio socio-económico	Medio socio-cultural	Usos del territorio	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2
		Cultural	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2
		Infraestructura	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2
		Estéticos	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2
	Medio económico	Economía	+3/2	+3/2	+3/2	+3/2	+3/2	+3/2	+3/2	+3/2	+3/2	+3/2	+3/2	+3/2	+3/2	+3/2	+3/2	+3/2	+3/2	+3/2	+3/2	+3/2	+3/2	+3/2	+3/2	+3/2	+3/2	+3/2
		Población	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2	-3/2
		Magnitud -	18	15	15	21	5	12	13	15	6	3	15	3	6	3	3	3	3	3	3	3	6	9	3	6	12	3

La Figura 38 muestra en el eje horizontal los impactos que se podrían llevar a cabo en la obra antes y después de su funcionamiento, el eje horizontal los sistemas que se verían afectados.

Para la evaluación de la matriz se tomó como antecedente las Tablas de magnitud e importancia, (Tablas 19 y 20) para su cuantificación.

Evaluated each one of the systems *versus* the impacting actions se obtiene una ponderación, esta puede ser positiva o negativa, a su vez se obtiene la importancia de la acción.

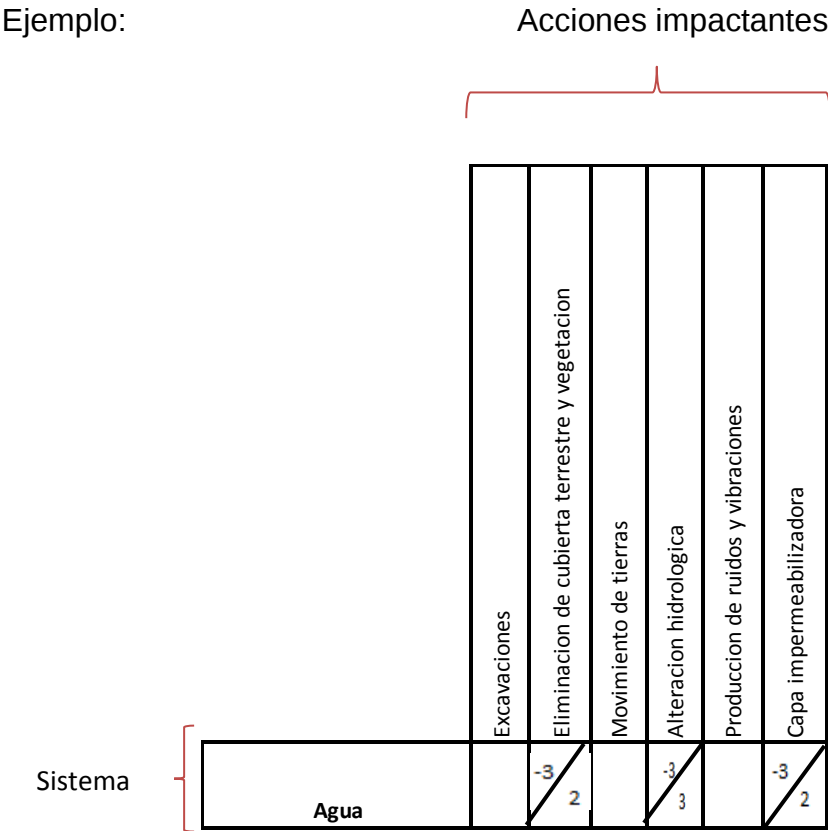


Figura 38 Conformación de la Matriz

En el eje vertical tenemos el agua *versus* la eliminación de cubierta terrestre y vegetación, este tiene una ponderación de -3/2, el signo negativo indica que el impacto será negativo y que la magnitud del impacto es grande y es importante, así se describen cada una de las columnas de la matriz.

Al término de la valoración de cada una de las columnas se obtiene un resultado de la magnitud, (+ o -), e importancia y esta se analiza de la siguiente forma, (Figura 38):

Ejemplo:

Magnitud -	18
Magnitud +	3
Importancia	14

Figura 39 Resultados de la matriz de valoración

De la columna de excavación se obtuvieron los siguientes datos, (Figura 39), la afectación por la excavación produce grandes impactos negativos que se miden con 18 puntos, pero hubo un impacto positivo en la obra (+3) al generar empleos para los pobladores del municipio, de esta forma se analizaran cada una de las columnas de la tabla 37.

Se puede hacer una determinación con la matriz causa-efecto y obtener un resultado el cual indica que durante la fase de construcción del relleno sanitario se impacta de forma directa y agresiva primordialmente las actividades de excavación y alteración hidrológica provocando estas su mayor modificación en el ambiente, durante la operación del relleno se tienen impactos en su mayoría positivos hacia ambos municipios, siendo el principal de ellos la generación de empleos

fijos para los pobladores y estos pudiendo generar alternativas para otras fuentes de ingresos que sería la separación de los subproductos que pueden ser vendidos para su aprovechamiento y evitar la rápida saturación del relleno y hablando de los beneficios económicos que obtendría el municipio que da la autorización para el relleno al ingresar dinero extra a las arcas del municipio por el pago del tratamiento final de los residuos del municipio participante.

El sitio por su localización es el más adecuado ya que está a una distancia considerable que no infiere en la calidad de vida de los municipios, los pobladores tienen la falsa creencia de llamarlo tiradero de basura cuando por las características de ingeniería que se aplican es más que eso, es el confinamiento mediante técnicas adecuadas que evitan la propagación de olores, la proliferación de fauna nociva que a diferencia de un tiradero a cielo abierto contamina el medio físico como biótico y solo propaga la contaminación en diversas formas, es por eso que las autoridades deben darle la importancia que merece al manejo integral de los residuos sólidos, todo esto para hacer que los municipios así como el estado cumpla su objetivo de tener un Veracruz sustentable.

CONCLUSIONES

Al describir el aumento de la población de los Municipios de Ayahualulco e Ixhuacán de los Reyes, se nota una marcada diferencia entre el crecimiento de la población en un periodo de 15 años, siendo el primero el que tendrá mayor crecimiento en su población con respecto a Ixhuacán de los Reyes.

Conforme aumenta la población, las necesidades de las mismas crecen, generando grandes cantidades de residuos sólidos urbanos (RSU) a los cuales se les debe de dar un manejo integral desde su recolección, separación y hasta su disposición final.

La tasa de crecimiento a nivel nacional es del 2.62 % con este dato se hizo la proyección de la cantidad de habitantes que habrá en ambos municipios en un periodo de 15 años, estos serán los años previstos para el tiempo de vida útil del relleno, a su vez para que el tiempo de vida se alargue fue necesario determinar los tipos de residuos generados en los municipios para darle la correcta separación, aprovechamiento y disposición final. La materia orgánica se encuentra en un 33.56%, seguida de los pañales con un 14.78%, los demás subproductos se encuentran en pequeñas proporciones, en Ixhuacán se obtuvo un 33.71% de plásticos y la materia orgánica en un 18.73%, se puede concluir con esto que a pesar de que Ixhuacán de los Reyes tiene una población pequeña al igual que territorio, tiene un mayor poder adquisitivo con respecto a Ayahualulco y generara más cantidad de residuos que necesitaran una disposición final adecuada.

El sitio propuesto para evaluar sus características y determinar si este podrá funcionar en un futuro como relleno sanitario cumple con las disposiciones mínimas aplicables para su correcto establecimiento.

En todo proyecto se genera un impacto ya sea este positivo o negativo, durante las fases de construcción, operación y abandono, en este trabajo solo se evaluó las modificaciones que sufrirá el ambiente en la construcción y la operación del sitio como relleno sanitario, teniendo como resultando que durante la fase de construcción habrá modificación del hábitat animal así como la pérdida de la flora nativa pero habrá una compensación con la generación de empleos en la zona, en la operación del sitio los impactos en su mayoría serán positivos a largo plazo, logrando beneficios económicos mediante la generación de empleos fijos y la venta de los residuos que pueden ser reciclados para ser aprovechados para su venta, y que al final estos municipios tengan un lugar adecuado para la disposición final de sus residuos, teniendo como resultado calidad de vida para sus pobladores, sin modificar ni perjudicar al medio ambiente.

RECOMENDACIONES

Implementar cursos de educación ambiental para los pobladores de ambas comunidades para la correcta separación de los residuos en orgánicos e inorgánicos.

Aprovechamiento de aquellos subproductos que se pueden someter a reciclaje, (venta).

Desarrollar una adecuada selección de los subproductos, para el aprovechamiento de estos como podría ser en el caso de la materia orgánica en el compostaje o en un futuro la generación de energía.

Por parte de las autoridades correspondientes, cumplir con la eficiente recolección, transferencia y disposición final de los residuos ya que es conveniente para los sectores social, ecológico y económico de los municipios.

Cumplir con la normativa vigente de cada región.

LITERATURA CITADA

Mariano Seoanez Calvo. (1999). *Contaminación del Suelo, Estudios, Tratamiento y Gestión*, México, Mundi-Prensa.

Juan I. Oñate, David Pereira (2002). *Evaluación Ambiental Estratégica*. Mundi-Prensa.

Domingo Gómez Orea. (1999). *Evaluación del Impacto Ambiental*. España, Mundi-Prensa.

INEGI. *II Censo de población y vivienda*, (2005).

INEGI, *Censo de población y vivienda*, (2010)

Constitución política de los Estados Unidos Mexicanos, (2011)
Arrellano, (2001)

Conesa F. V. (2003). *Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental* (3era Ed.). España, Mundi-Prensa.

SEMARNAT (2006). *Guía para la elaboración de Programas Municipales para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos*, México

SEMARNAT. *Guía para la presentación del informe preventivo*.

Robert G. Palmer. (1966). *Introducción a la ciencia del suelo, Manual de laboratorio*, México.

Arturo Pancardo Lu. (2009). *Inducción de un manejo integral de los residuos sólidos en los municipios de Ixhuacán de los Reyes y Ayahualulco, Veracruz*. México.

SEMARNAT. (2002) *Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos*. México

SEMARNAT. (2002). *Ley general del equilibrio ecológico y la protección al ambiente (LGEEPA)*, México.

Ley de la protección al ambiente del estado de Veracruz, (2000).

Juárez E. y Rico A. (2006). *Mecánica de Suelos- Fundamentos de la Mecánica de Suelos*, (3era Ed.).

Juárez B. y- Rico R. (2006). *Mecánica de suelos III, Flujo de agua en suelos*, México, Limusa.

Crespo V. (1985). *Mecánica de Suelos y Cimentaciones*, (3era Ed.). Limusa.

NOM-083-SEMARNAT-2003 Especificaciones 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.

NOM-052-SEMARNAT-1993 Establece las características de los residuos peligrosos y el listado de los mismos y los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente.

NOM-087-ECOL-SSA1-2002 Protección ambiental, Salud ambiental - Residuos peligrosos biológico-infecciosos, clasificación y especificaciones de manejo.

D.P Krynine – W.R. Judd. (1972). *Principios de Geología y Geotecnia para ingenieros*, (3era Ed.). Barcelona, Omega.

Rodolfo Trejo Vázquez. (1999). *Procesamiento de la basura urbana*, Trillas.

Perspectiva estadística, *Veracruz de Ignacio de la Llave*, (2011)

Plan nacional de desarrollo, (2006)

Plan Veracruzano de desarrollo, (2011-2016)

Plan municipal de desarrollo Ayahualulco, Veracruz, (2011-2013)

Reglamento de la ley general del equilibrio ecológico y la protección al ambiente en materia de evaluación del impacto ambiental, (2000).

Sistema de información municipal Ayahualulco, *Cuadernillos Municipales*, (2011).

D.G Fredlund - H. Rahardjo. (1993). *Soil Mechanics For Unsaturated Soils*, Wiley Inter-Science.

Francisco Domínguez G, Tejero. (1993). *Topografía general y aplicada*. Madrid, Mundi-Prensa.

Direcciones Electrónicas

<http://www.inegi.org.mx>

<http://www.conapo.gob.mx/>

<http://www.semarnat.gob.mx/leyesynormas/normasoficialesmexican>
asvigentes.