



SEP

SES

TecNM

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TOLUCA

**“PROPUESTA PARA MINIMIZAR LA AFECTACIÓN A MANTOS
ACUÍFEROS POR LA INADECUADA DISPOSICIÓN DE
RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS”**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRA EN CIENCIAS EN INGENIERÍA AMBIENTAL**

PRESENTA:

MIRIAM GÓMEZ ESPINOZA

No. CONTROL: 1928M0263

DIRECTORA DE TESIS:

DRA. MARÍA DE LA LUZ JIMÉNEZ NÚÑEZ

CO-DIRECTORA DE TESIS:

DRA. MARÍA DEL CONSUELO HERNÁNDEZ BERRIEL



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO

Instituto Tecnológico de Toluca
División de Estudios de Posgrado e Investigación

Metepec, Edo. de México, 26/mayo/2022

DR. JOSÉ LUIS GARCÍA RIVAS
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE
POSGRADO E INVESTIGACIÓN
PRESENTE

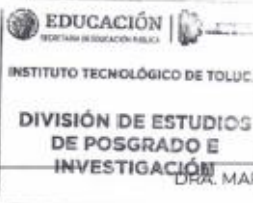
Por este medio comunicamos a usted que la comisión Revisora designada para analizar la tesis denominada "Propuesta para minimizar la afectación a mantos acuíferos por la inadecuada disposición de residuos sólidos urbanos", que como parte de los requisitos para obtener el grado académico de Maestría en Ciencias en Ingeniería Ambiental presenta la C. Miriam Gómez Espinoza con número de control 1928M0263 para sustentar el acto de Recepción Profesional, ha dictaminado que dicho trabajo reúne las características de contenido y calidad para proceder a la impresión del mismo.

ATENTAMENTE


DRA. MARÍA DE LA LUZ JIMÉNEZ NÚÑEZ
DIRECTOR DE TESIS


DRA. MARÍA DEL CONSUELO HERNÁNDEZ
BERRÍO
CODIRECTOR DE TESIS


DR. JOSÉ LUIS GARCÍA RIVAS
REVISOR DE TESIS




DRA. MARÍA DEL CONSUELO MAÑÓN SALAS
REVISOR DE TESIS

ccp. Archivo
JLGR/IMAB



Av. Tecnológico S/N, Col. Agrícola Bellavista, C.P. 52149, Metepec, Edo. de México. Tels. Dirección 722 208 72 65,
Subd. Académica 722 208 7207, Subd. de Planeación 208 7206, Subd. Administrativo 722 208 7208,
Comun. 722 208 72 00, e-mail: info@toluca.tecnm.mx, secam.mx / toluca.tecnm.mx



Instituto Tecnológico de Toluca
División de Estudios de Posgrado e Investigación

Metepec, Edo. de México., 26/mayo/2022
DEPI-MCIAM-3200-438/2022

C MIRIAM GÓMEZ ESPINOZA,
CANDIDATO AL GRADO DE MAESTRA EN CIENCIAS
EN INGENIERÍA AMBIENTAL

PRESENTE

De acuerdo con el Reglamento de Titulación del Sistema Nacional de Educación Superior Tecnológica dependiente de la Subsecretaría de Educación Superior de la Secretaría de Educación Pública y habiendo cumplido con todas las indicaciones que la Comisión Revisora realizó con respecto a su trabajo de Tesis titulado "Propuesta para minimizar la afectación a mantos acuíferos por la inadecuada disposición de residuos sólidos urbanos", la División de Estudios de Posgrado e Investigación concede autorización para que proceda a la impresión del mismo.

Sin más por el momento, quedo de usted.

ATENTAMENTE

"Excelencia en educación tecnológica"
"Educación, innovación y ciencia"


JOSÉ LUIS GARCÍA RIVAS
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO
E INVESTIGACIÓN



ccp. Archivo
JLGR/IMAB



Av. Tecnológico S/N, Col. Agrícola Bellavista, C.P. 52149, Metepec, Edo. de México. Tels. Dirección 722 208 72 05,
Subd. Académica 722 208 7207, Subd. de Planeación 722 208 7206, Subd. Administrativa 722 208 7208,
Comun. 722 208 72 00, e-mail: info@toluca.tecnm.mx, tecnomex | toluca.tecnm.mx



AGRADECIMIENTOS

A **Dios** por permitirme llegar a cumplir esta meta; por la familia que me presta día a día y por la salud que nos brinda para seguir adelante.

Al financiamiento del proyecto **SEMARNAT-2015-1-263315** denominado “Ubicación de rellenos sanitarios intermunicipales futuros en el Estado de México y estados aledaños”.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca número **961081** para estudios de Posgrado de la Maestría en Ciencias en Ingeniería Ambiental.

Al **Tecnológico Nacional de México Campus Toluca** por la oportunidad otorgada para el estudio del Posgrado.

A la Dras. **María de la Luz Jiménez Núñez** y **María del Consuelo Hernández Berriel** por aceptarme como parte del proyecto, por la confianza, los consejos y el acompañamiento.

A mis **amigos y compañeros** de la Maestría por su ánimo, paciencia y consejos para hacerme una mejor persona y profesionista. Especialmente a **Yola, Danna y Salvador**.

A **Alfredo, Enrique, Maytely y Karla** por compartir sus conocimientos, experiencia y por su apoyo incondicional.

DEDICATORIAS

A **Naomi Valeria**, mi hija, mi compañera, quien con una sonrisa me impulsa a seguir adelante.

A mi **familia** ya que con su invaluable apoyo culmino este proyecto.

A mi **madre** que siempre me da el aliento necesario cuando siento desfallecer.

A mi **padre (†)** porque gracias a él estoy avanzando en el camino de la vida, cumpliendo metas, dando lo mejor de mí y siguiendo su ejemplo.

A mi **hermano** que con su apoyo y enseñanzas me motivó a iniciar con esta aventura profesional.

RESUMEN

En la Estación de Transferencia del municipio de Tianguistenco, Estado de México se realizó un estudio para generar la propuesta de barrera física que permita reducir la dispersión de contaminantes provenientes del procesamiento de los Residuos Sólidos hacia los alrededores, sobre todo evitar la contaminación de mantos acuíferos.

El sitio de estudio se seleccionó de acuerdo a tres criterios importantes, los cuales fueron la cercanía a cuerpos de agua, la deficiencia en diseño, operación o funcionamiento del sitio además de los análisis topográfico y cartográfico de las zonas aledañas; la estación se ubicó en la parte alta de una colina con la finalidad de favorecer la descarga de residuos por gravedad; sin embargo, esto propicia que los contaminantes generados por las actividades propias de la estación afecten mayormente los alrededores.

A través de la preevaluación de Impacto Ambiental se determinó un impacto Moderado sobre los factores y atributos ambientales debida a las actividades propias de la operación y funcionamiento de la estación.

Las caracterizaciones *in situ* y en laboratorio de residuos sólidos, lixiviados, suelo y agua evidenciaron la presencia de contaminantes con base en los Límites Máximos Permisibles establecidos en la Normatividad.

Se determinó que aproximadamente el 43% de los residuos fueron de origen orgánico, lo cual favorece la actividad microbiana, la presencia de patógenos, la producción de biogases y residuos que serán arrastrados por lixiviación.

Los lixiviados se catalogaron como lixiviados maduros, con un alto contenido de materia orgánica y presencia de metales totales.

Para el suelo se determinaron características organolépticas (color, olor, textura) y se observó un suelo oscuro con alto contenido de materia orgánica; físicas

(composición granulométrica), clasificándose como suelo fino, ya que más del 50% en peso de los agregados pasa la malla No. 4 y, mecánicas (clasificación de suelo) como un suelo cohesivo al tratarse de un limo de baja plasticidad; se realizaron análisis instrumentales mediante los cuales se determinó que existe contaminación en suelo debida a la presencia de metales pesados.

Se analizó la dispersión de contaminantes en agua, en dirección al cuerpo de agua localizado en la zona y se determinó que el nivel de contaminante disminuye conforme se aleja de la estación.

Adicionalmente se obtuvieron datos históricos en la base de datos municipales y de esta manera se procedió a proyectar la contaminación analizando la tendencia para un periodo de 20 años mediante un ajuste exponencial con base en el crecimiento poblacional, lo cual provocaría que la contaminación *in situ* aumente afectando en mayor proporción el cuerpo de agua.

De acuerdo con los resultados obtenidos se detectó que la estación se encuentra impactada ambientalmente por tal motivo, se propusieron tres barreras físicas para el control y mitigación de los impactos detectados, las cuales se conjuntaron para proponer el diseño estructural por método AASHTO (empleando datos bibliográficos para las propiedades mecánicas del suelo) de una barrera física que confine y disminuya la dispersión de los contaminantes, a través de barreras verticales conformadas por muros de contención a base de concreto reforzado con las siguientes características geométricas ancho de dentellón 13.00 m, peralte dentellón 0.80 m, ancho de corona 0.40 m, base inferior del muro con escarpio 0.80 m, altura total del muro de contención 6.00 m; barreras horizontales empleando geomembrana HDPE de 1 mm de espesor e inyección de concreto fluido, resistencia 150 kg/cm² para compensar volumen de lixiviados extraídos en la base de la estación.

Una vez diseñada la barrera física, se calcularon los números generadores (cuantificación de volúmenes de obra), los cuales en conjunto con el análisis de Precios Unitarios se emplearon para realizar el Presupuesto de Obra correspondiente a la construcción de la barrera física.

ABSTRACT

A study was carried out at the Transfer Station in the municipality of Tianguistenco, State of Mexico, to generate a proposal for a physical barrier to reduce the dispersion of pollutants from solid waste processing to the surrounding area, especially to prevent contamination of aquifers.

The study site was selected based on three important criteria, which were proximity to bodies of water, deficiencies in the design, operation or functioning of the site, and topographic and cartographic analysis of the surrounding areas; the station was located on the top of a hill in order to favor the discharge of waste by gravity; however, this means that the pollutants generated by the station's activities have a major impact on the surrounding area.

The environmental impact pre-evaluation determined a moderate impact on environmental factors and attributes due to the activities involved in the operation and functioning of the station.

The on-site and laboratory characterizations of solid waste, leachate, soil, and water showed the presence of contaminants based on the Maximum Permissible Limits established in the regulations.

It was determined that approximately 43% of the waste was of organic origin, which favors microbial activity, the presence of pathogens, the production of biogases and residues that will be carried away by leaching.

The leachates were classified as mature leachates, with a high content of organic matter and presence of total metals.

For the soil, organoleptic characteristics were determined (color, odor, texture) and a dark soil with a high organic matter content was observed; physical (granulometric composition), classifying it as fine soil, since more than 50% by weight of the aggregates pass the No. 4 mesh; and mechanical (soil classification) as a cohesive

soil since it is a silt with low plasticity; instrumental analyses were performed to determine the presence of contamination in the soil due to the presence of heavy metals.

The dispersion of contaminants in water was analyzed in the direction of the body of water located in the area and it was determined that the contaminant level decreases as it moves away from the station.

In addition, historical data were obtained from the municipal database and the contamination was projected by analyzing the trend for a 20-year period using an exponential adjustment based on population growth, which would cause in situ contamination to increase, affecting the body of water to a greater extent.

According to the results obtained, it was detected that the station is environmentally impacted; therefore, three physical barriers were proposed for the control and mitigation of the impacts detected, which were combined to propose the structural design by AASHTO method (using bibliographic data for the mechanical properties of the soil) of a physical barrier that confines and reduces the dispersion of contaminants, through vertical barriers formed by retaining walls made of reinforced concrete with the following geometric characteristics: width of notch 13.00 m, dowel cant 0.80 m, crown width 0.40 m, lower base of the wall with scarp 0.80 m, total height of the retaining wall 6.00 m; horizontal barriers using HDPE geomembrane 1 mm thick and fluid concrete injection, resistance 150 kg/cm² to compensate for the volume of leachate extracted at the base of the station.

Once the physical barrier was designed, the generator numbers were calculated (quantification of work volumes), which together with the unit price analysis were used to prepare the construction budget for the construction of the physical barrier.

CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	iii
DEDICATORIAS	iv
RESUMEN	v
ABSTRACT	viii
CONTENIDO.....	x
RELACIÓN DE TABLAS	xiii
RELACIÓN DE FIGURAS	xv
INTRODUCCIÓN	1
1 FUNDAMENTOS	4
1.1 Residuos Sólidos	4
1.1.1 Clasificación de los Residuos Sólidos	5
1.2 Lixiviados	6
1.3 Suelo	7
1.3.1 Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).....	8
1.3.2 Carta de plasticidad	10
1.4 Estación de Transferencia (ET).....	12
1.5 Mantos Acuíferos	14
1.6 Disponibilidad del recurso hídrico	16
1.7 Caracterización de Materiales.....	17
1.7.1 Espectroscopía Infrarroja por Transformada de Fourier (FTIR).....	17
1.7.2 Microscopía Electrónica de Barrido (SEM)	17
1.7.3 Absorción atómica	18
1.8 Barrera Física o Estructura	19
1.8.1 Revestimientos de Arcilla Compactada (CCL).....	19
1.8.2 Geomembranas (GM).....	20
1.8.3 Revestimiento Geosintético de Arcilla (GCL).....	21
1.8.4 Revestimientos Compuestos	21
1.8.5 Barreras verticales.....	22

1.8.6	Barreras horizontales.....	22
1.8.7	Muro Milán o muro pantalla	23
1.8.8	Microtuneleo	23
1.9	Diseño Estructural	24
1.9.1	Estados Límite	24
1.9.2	Acciones y Respuestas en el Diseño de Estructuras.....	25
1.10	Presupuesto de Obra.....	26
1.10.1	Costos Directos	26
1.10.2	Costos Indirectos	27
1.10.3	Financiamiento	27
1.10.4	Utilidad.....	28
1.10.5	Cargos Adicionales.....	28
2	MÉTODO	30
2.1	Selección del Sitio de Estudio	31
2.1.1	Análisis cartográfico/topográfico de los sitios y zonas aledañas.....	31
2.2	Pre-evaluación de Impacto Ambiental.....	32
2.3	Caracterización de RSU, lixiviados, suelo y agua	33
2.3.1	Análisis <i>in situ</i> de RSU, lixiviados, suelo y agua.....	34
2.3.2	Análisis Físico-Químico en laboratorio de lixiviados, suelo y agua....	36
2.3.3	Mecánica de Suelos	44
2.4	Proyección a 20 años.....	46
2.5	Propuesta de las Tres Barreras Físicas	47
2.6	Diseño de la Barrera Física.....	47
2.7	Elaboración del Presupuestos de Obra.....	48
3	RESULTADOS	50
3.1	Selección del Sitio de Estudio	50
3.1.1	Análisis cartográfico/topográfico de los sitios y zonas aledañas.....	51
3.1.2	Tianguistenco, Estado de México	53
3.2	Pre-evaluación de Impacto Ambiental (IA)	58
3.3	Caracterización de RSU, lixiviados, suelo y agua	65

3.3.1	Análisis <i>in situ</i>	65
3.3.2	Análisis Físico – Químico en laboratorio de lixiviados, suelo y agua .	71
3.3.3	Mecánica de Suelos	87
3.3.4	Análisis Instrumental.....	92
3.4	Proyección a 20 años.....	105
3.5	Propuesta de tres barreras físicas	106
3.6	Diseño de Barrera Física.....	110
3.7	Elaboración del Presupuesto de Obra.....	115
4	CONCLUSIONES	116
5	FUENTES CONSULTADAS	118
ANEXO A. MATRIZ DE LEOPOLD PARA PRE-EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL		131
ANEXO B. INTERACCIONES DE LA MATRIZ DE LEOPOLD.....		132
ANEXO C. DISEÑO DE LA BARRERA FÍSICA (POPUESTA 1).....		133
ANEXO D. DISEÑO DE LA BARRERA FÍSICA (POPUESTA 2).....		151
ANEXO E. CATALOGO DE CONCEPTOS.....		169
ANEXO F. NUMEROS GENERADORES		172
ANEXO G. PRESUPUESTO DE OBRA.....		200
ANEXO H. ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS.....		203
ANEXO I. COSTOS INDIRECTOS.....		231
ANEXO J. CARGOS POR FINANCIAMIENTO		232
ANEXO K. CARGOS POR UTILIDAD		233
ANEXO L. CARGOS ADICIONALES		234

RELACIÓN DE TABLAS

Tabla 1.1 Clasificación y descripción de los residuos.	6
Tabla 1.2 Clasificación de suelos realizada por el SUCS.....	10
Tabla 1.3 Estados de consistencia del suelo propuestos por Atterberg.	11
Tabla 1.4. Tipos de Estaciones de Transferencia: características y diseño	13
Tabla 1.5 Distribución del agua en el planeta.....	16
Tabla 1.6 Características constructivas del microtuneleo	24
Tabla 1.7. Categorías de acciones de acuerdo a su duración	25
Tabla 1.8. Consideraciones para el análisis de Costos Directos.....	26
Tabla 1.9. Composición de Costos Indirectos	27
Tabla 2.1 Listado de análisis realizados para cada una de las muestras.....	33
Tabla 3.1 Matriz de Leopold para la pre-evaluación de IA de la ET de Tianguistenco	60
Tabla 3.2 Interacciones causa – efecto para la ET de Tianguistenco	62
Tabla 3.3 Caracterización de RSU: Subproductos de la ET de Tianguistenco	66
Tabla 3.4 Resultado de los parámetros medidos in situ para muestras de lixiviado	68
Tabla 3.5. Características determinadas <i>in situ</i> de las muestras de suelo de la ET de Tianguistenco	69
Tabla 3.6 Características organolépticas del agua muestreada.....	70
Tabla 3.7 Análisis de NTK para lixiviado de la ET de Tianguistenco.....	71
Tabla 3.8 Resultados de DQO de las muestras recolectadas	72
Tabla 3.9 Análisis de DBO ₅ para lixiviado de la ET de Tianguistenco.....	73
Tabla 3.10 Análisis de ST Y SVT en muestras de lixiviado de la ET de Tianguistenco	74
Tabla 3.11 Análisis de Sulfatos en muestras de lixiviado de la ET de Tianguistenco	76
Tabla 3.12 Comparación de resultados y límites permisibles de descarga de metales en aguas de bienes nacionales	77

Tabla 3.13 Mediciones de pH y temperatura en muestras de suelo de la ET de Tianguistenco	79
Tabla 3.14 Resultados obtenidos de NTK en las muestras de agua recolectadas	81
Tabla 3.15 Resultados de DQO a muestras de agua recolectadas.....	82
Tabla 3.16 Resultados de DBO ₅ a muestras de agua recolectadas.....	83
Tabla 3.17 Resultados de solidos de muestras de agua recolectadas.....	84
Tabla 3.18 Resultados de análisis de sulfatos a muestras de agua recolectadas	85
Tabla 3.19 Resultados de análisis de metales en muestras de agua recolectadas	86
Tabla 3.20. Análisis Granulométrico del suelo combinado con lixiviado de la ET de Tianguistenco	87
Tabla 3.21 Características del suelo de la ET de Tianguistenco, obtenidas en laboratorio	89
Tabla 3.22 Límites de Atterberg de la muestra de suelo de la ET de Tianguistenco	90
Tabla 3.23 Grupos funcionales obtenidos mediante el FTIR de la muestra M14: Suelo con lixiviado.....	94
Tabla 3.24 Grupos funcionales obtenidos mediante el FTIR de la muestra M6: Suelo en zona de recolección de llantas.	96
Tabla 3.25 Composición cualitativa EDS para muestras de suelo de la ET de Tianguistenco	101
Tabla 3.26 Resultados de análisis de metales en muestras de suelo recolectadas	103
Tabla 3.27 Parámetros seleccionados para el diseño de la propuesta 1	112
Tabla 3.28 Parámetros seleccionados para el diseño de la propuesta 2	114

RELACIÓN DE FIGURAS

Figura 1.1 Categorías y porcentaje de composición de los Residuos Sólidos	5
Figura 1.2 Fases que componen al suelo	8
Figura 1.3 Carta de plasticidad empleada en Mecánica de Suelos.....	12
Figura 1.4 Estructura de los Acuíferos	15
Figura 2.1. Diagrama general de la metodología aplicada a la investigación.....	30
Figura 3.1 Análisis cartográfico del SDF de Tlalpujahua, Michoacán.....	51
Figura 3.2 Análisis cartográfico de la ET de Tianguistenco, Estado de México	51
Figura 3.3 Fotografía del SDF de Tlalpujahua, Michoacán	53
Figura 3.4 Localización y colindancias del municipio de Tianguistenco	54
Figura 3.5 Inspección física de la ET y sus alrededores	55
Figura 3.6 Áreas en operación de la ET de Tianguistenco.....	57
Figura 3.7. Curva Granulométrica de la muestra de suelo combinado con lixiviado del Sitio de Transferencia de Santiago Tianguistenco.....	88
Figura 3.8 Clasificación del suelo de la ET de Tianguistenco mediante Carta de Plasticidad	91
Figura 3.9 Espectroscopia Infrarroja por Transformada de Fourier. M14: Suelo con lixiviado.....	93
Figura 3.10 Espectroscopia Infrarroja por Transformada de Fourier. M6: Suelo en zona de recolección de llantas.	95
Figura 3.11 Micrografía de suelo natural x6,000, 20 kV, SPOT 35	97
Figura 3.12 Micrografía de suelo natural x10,000, 20 kV, SPOT 41	98
Figura 3.13 Micrografía de suelo natural x10,000, 20 kV, SPOT 35	99
Figura 3.14 Micrografía de suelo contaminado con lixiviado x6,000, 20 kV, SPOT 40	100
Figura 3.15 Micrografía de suelo contaminado con lixiviado x6,000, 20 kV, SPOT 40	100
Figura 3.16 Proyección estadística del crecimiento de producción de residuos .	105
Figura 3.17 Proceso constructivo de microtuneleo.....	107

Figura 3.18 Proceso de inyección de concreto para nivelación (Jet-Grouting) ...	109
Figura 3.19 Diseño del muro de contención para la ET (Propuesta 1)	111
Figura 3.20 Diseño del muro de contención para la ET (Propuesta 2)	113

INTRODUCCIÓN

Debido a la sobreexplotación de los recursos naturales y el amplio manejo de materiales no biodegradables se genera gran cantidad de subproductos que en su mayoría no son revalorizados de manera adecuada, disponiéndose como residuos; así mismo, el incremento acelerado de la población, aunado a la falta de cultura ambiental genera un aumento proporcional de subproductos susceptibles de revalorización (Saavedra Aguilera et al., 2018).

La compleja conformación de los residuos sólidos al incluir materia orgánica, inorgánica, componentes electrodomésticos, materiales de construcción, entre otros, genera una afectación al medio ambiente de manera directa, así como a la salud pública (Turcott Cervantes et al., 2018) y, una consecuencia inherente de la disposición de éstos es la generación de lixiviados, ya que la combinación de humedad, ya sea producida por evaporación o por agua pluvial, propicia un ambiente que favorece la degradación de los residuos, promoviendo su solubilización y permitiendo una mayor dispersión de contaminantes a través de escurrimientos, volatilización de componentes sólidos derivados de los residuos, infiltración de líquidos en el suelo y subsuelo con posibilidad de causar afectación a mantos acuíferos (de León-Gómez et al., 2015; Gómez Espinoza et al., 2020; Kapelewska et al., 2019).

Una de las principales causas de contaminación del sistema suelo-agua, es la infiltración de lixiviados originados por la disposición inadecuada de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) en sitios que no cuentan con infraestructura necesaria para realizar dicha actividad; tales sitios, pueden comprender desde tiraderos a cielo abierto, estaciones de transferencia e incluso rellenos sanitarios (López Gasca, 2020; Mendoza Delgado, 2017), aun cuando estos forman parte fundamental de la

Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos (GIRSU) (Sánchez Gómez & Estrada Nuñez, 1996).

Entre las principales fallas de diseño y funcionamiento de estos sitios se encuentran la falta de muros o mallas perimetrales, la ausencia de un sistema de techumbre y la inexistencia de una barrera impermeable que limite la transferencia de contaminantes provenientes de los RSU a los diversos estratos del suelo. La falta de esta infraestructura causa la degradación acelerada de la materia orgánica, el incremento en la tasa de generación de lixiviados, el arrastre de RSU por viento y escorrentías ocasionadas por lluvias y la fijación de contaminantes en el suelo (Gómez Espinoza et al., 2020).

El continuo arrastre de lixiviados causado por las lluvias puede llegar a afectar zonas de cultivo, cuerpos de agua y mantos acuíferos que se encuentren cercanos al sitio donde se lleve a cabo el manejo de RSU; una vez que los contaminantes se encuentran disueltos en el agua pueden ser absorbidos por la flora y fauna nativa de la zona, causando daños al ecosistema e incluso a la salud humana ya que diversos compuestos pueden entrar a la cadena trófica y ser bioacumulados (Sackey et al., 2020).

Existen diversas barreras para la mitigar y reducir la dispersión de la contaminación tanto en suelo, como en agua y aire; principalmente, se consideran las de contención, como muros verticales, losas y membranas; las de confinamiento, como cajones; las de descontaminación, que pueden ser a través de medios físicos, químicos y biológicos (Han, 2015; Ortiz et al., 2007; Punia et al., 2021; Zou et al., 2019).

Los proyectos de Ingeniería Civil permiten proponer soluciones de problemática ambiental combinando técnicas tanto de construcción como de mitigación de contaminación al ambiente; estos proyectos consideran todas las etapas de una

obra civil, las cuales van desde la planeación, pasando por la construcción, operación y funcionamiento hasta el abandono de la misma (de Solminihac T. & Thenoux, 2020; León Peláez, 2004).

El objetivo principal de esta investigación consistió en proponer un sistema de contención para la contaminación generada en un sitio que forma parte de la GIRSU, cuyo diseño y operación permiten la dispersión de los contaminantes a través del agua, suelo y/o aire.

El contenido del presente trabajo se encuentra conformado por cuatro secciones; en la primera, se plantean los fundamentos y principios básicos referentes al tema de investigación con la finalidad de proporcionar un panorama general de los conceptos empleados tanto en Ingeniería Ambiental como en Ingeniería Civil; en la segunda, se encuentra la metodología empleada para lograr el cumplimiento de los objetivos establecidos; la tercera parte muestra los resultados obtenidos en cada una de las actividades realizadas y; en la cuarta, se muestran las conclusiones obtenidas del desarrollo del trabajo.

1 FUNDAMENTOS

A causa de la gran cantidad de residuos generada y a que la naturaleza no es capaz de procesarlos por sí misma, es necesario implementar estrategias de control, manejo y mitigación de impacto generado por los residuos en sitios de disposición final tanto controlados como no controlados durante su operación, clausura y postclausura (SEMARNAT, 2004), para asegurar que los efectos adversos al medio ambiente ocasionados por la disposición de residuos sean los menores.

1.1 Residuos Sólidos

Los residuos, son materiales o productos cuyo propietario o poseedor desecha y que se encuentran en estado sólido, semisólido, líquido o gaseoso contenido en recipientes o depósitos, y que puede ser susceptible de ser valorizado o requiere sujetarse a tratamiento o disposición final (DOF, 2015a).

La forma más común de eliminar los residuos es depositarlos en Rellenos Sanitarios, a pesar de ser la mayor amenaza para la calidad del agua subterránea (Kapelewska et al., 2019).

A nivel nacional, según lo indicado en el último Diagnóstico Básico de Gestión Integral de Residuos reportado en 2020, la producción de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) asciende a 120,128 t/día, lo cual corresponde a 0.944 kg/hab/día y el Estado de México ocupa el primer lugar en producción de RSU, con un total de 16,739 t/día (SEMARNAT, 2020).

La composición y cantidad de los residuos sólidos no es homogénea, ya que varía en cada región de acuerdo con los hábitos de consumo de la población (de León-Gómez et al., 2015). La Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) los clasifica en tres categorías; en la primera se encuentran los

residuos susceptibles de aprovechamiento y se encuentra conformada por cartón, fibras sintéticas, hule, lata, papel, vidrio, entre otros; la segunda es material orgánico compuesto por cuero, madera, residuos alimentarios y de jardinería, por mencionar algunos y, la tercera categoría denominada otros se encuentra compuesta por algodón, material de construcción, loza, cerámica y otros materiales (SEMARNAT, 2020). En la Figura 1.1 se muestran las categorías, así como los porcentajes de composición de los residuos mencionada anteriormente.

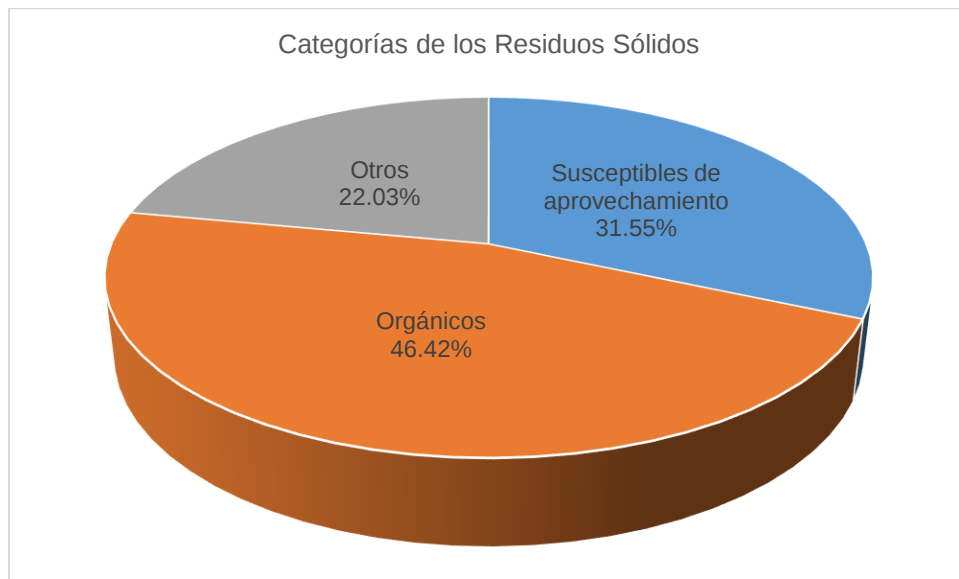


Figura 1.1 Categorías y porcentaje de composición de los Residuos Sólidos
Adaptado de (SEMARNAT, 2020)

1.1.1 Clasificación de los Residuos Sólidos

La Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) clasifica a los residuos en RSU, Residuos de Manejo Especial (RME), Residuos Peligrosos (RP) y Residuos Incompatibles (RI). En la Tabla 1.1, se puede apreciar la clasificación y descripción de los residuos considerada por la LGPGIR.

Tabla 1.1 Clasificación y descripción de los residuos.

Tipo de residuo	Definición
RSU	Generados en las casas habitación, resultan de la eliminación de los materiales que utilizan en sus actividades domésticas, de los productos que 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 características domiciliarias, y los resultantes de la limpieza de las vías y lugares públicos, siempre que no sean considerados por la LGPGIR como residuos de otra índole.
RME	Son aquellos generados en los procesos productivos, que no reúnen las características para ser considerados como peligrosos o como residuos sólidos urbanos, o que son producidos por grandes generadores de residuos sólidos urbanos.
RP	Son aquellos que posean alguna de las características 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 transfieran a otro sitio.
RI	Aquellos que al entrar en contacto o al ser mezclados con agua u otros materiales o residuos, reaccionan produciendo calor, presión, fuego, partículas, gases o vapores dañinos.

Adaptado de (DOF, 2015a)

1.2 Lixiviados

La mayoría de los RSU generan líquidos durante su proceso de descomposición, los cuales se conocen con el nombre de lixiviados, que son mezclas complejas de compuestos orgánicos líquidos e inorgánicos que se acumulan en el fondo del sitio de disposición y se denominan comúnmente como "aguas residuales difíciles" (Kapelewska et al., 2019), así mismo, los lixiviados, contienen altas concentraciones de compuestos bio y no degradables tales como compuestos orgánicos, inorgánicos y otras sustancias tóxicas que demeritan la supervivencia de formas de vida acuática; estos contaminantes pueden infiltrarse fácilmente en el suelo y en las aguas superficiales afectando la calidad del agua, cuando existe un sistema de aislamiento insuficiente entre los residuos sólidos y el suelo (Chaouki et al., 2021).

En México, la SEMARNAT, define a los lixiviados como los líquidos que se forman por la reacción, arrastre o filtrado de los materiales que constituyen los residuos y que contienen en forma disuelta o en suspensión, sustancias que pueden infiltrarse en los suelos o escurrirse fuera de los sitios en los que se depositan los residuos y que pueden dar lugar a la contaminación del suelo y de cuerpos de agua, provocando su deterioro y representar un riesgo potencial a la salud humana y de los demás organismos vivos (SEMARNAT, 2004).

La composición de los lixiviados puede ser muy diversa, y está directamente relacionada con la naturaleza de los residuos de los que provienen, estos líquidos representan riesgo de contaminación para el suelo y los cuerpos de agua adyacentes, lo que puede provocar problemas de toxicidad, eutrofización y acidificación, por tal motivo, se debe evitar su flujo superficial e infiltración (SEMARNAT, 2018).

1.3 Suelo

Diversos autores concuerdan en definir al suelo como la delgada capa sobre la corteza terrestre de material que proviene de la desintegración y/o alteración física y/o química de las rocas, se considera todo tipo de material terroso, desde un relleno de desperdicio hasta areniscas parcialmente cementadas o lutitas suaves. Principalmente se compone por tres fases; la sólida, compuesta por 45% de minerales y 5% de componentes orgánicos; la líquida y gaseosa se reparten el resto del espacio disponible en partes iguales. (Crespo Villalaz, 2004; Juárez Badillo & Rico Rodríguez, 2005; Ordóñez-Ruiz et al., 2015).

El agua contenida en el suelo juega un papel fundamental en el comportamiento mecánico de este, motivo por el cual debe considerarse como parte integral del mismo. Recientemente, la capa contráctil, interfaz agua-aire, se introdujo como una

cuarta fase independiente para el análisis teórico de esfuerzos en el suelo (Juárez Badillo & Rico Rodríguez, 2005; Ordóñez-Ruiz et al., 2015).

En la Figura 1.2 se aprecian esquemáticamente las tres fases principales que conforman al suelo y la interfaz agua-aire.

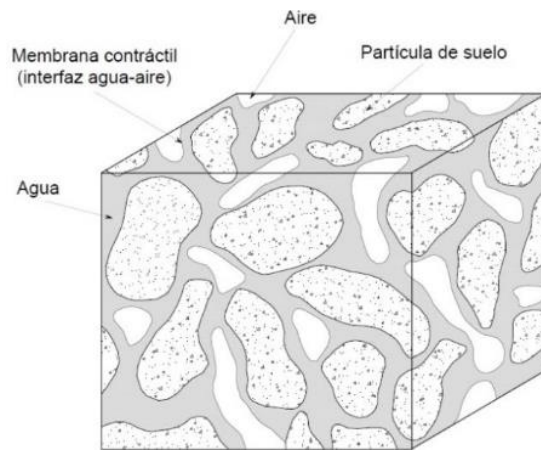


Figura 1.2 Fases que componen al suelo

Fuente: (Ordóñez-Ruiz et al., 2015)

1.3.1 Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS)

El SUCS fue propuesto por Arturo Casagrande como una modificación y adaptación más general a su sistema de clasificación propuesto en el año 1942 para aeropuertos; la clasificación, divide a los suelos en suelos de grano grueso, suelos de grano fino y suelos orgánicos (Crespo Villalaz, 2004; SCT, 2003).

Reconoce que las propiedades mecánicas e hidráulicas de los suelos constituidos por partículas menores que la malla No. 200 pueden deducirse cualitativamente a partir de sus características de plasticidad. En cuanto a los suelos formados por partículas mayores, el criterio básico de clasificación es el granulométrico; aunque no es lo determinante para el comportamiento de un material, puede usarse como

base de clasificación en los materiales granulares (Juárez Badillo & Rico Rodríguez, 2005).

El sistema, divide a los suelos en 2 fracciones ; la gruesa, formada por partículas mayores que la malla No 200 (0.074 mm) y menores que la malla de 3" (7.62 cm); y la fina, formada por las partículas que pasan la malla No. 200 (Crespo Villalaz, 2004; Juárez Badillo & Rico Rodríguez, 2005; SCT, 2003).

La fracción gruesa, se subdivide en gravas y arenas, teniendo como frontera la malla No. 4 (4.76 mm); la fracción fina, se subdivide en grupos, tomando en cuenta características de plasticidad, las cuales están relacionadas con las propiedades mecánicas e hidráulicas, tales como características de esfuerzo-deformación y resistencia, compresibilidad, permeabilidad, entre otras. Una de las propiedades que tuvo mayor influencia en la clasificación de la proporción fina, fue la compresibilidad, que está íntimamente ligada con las características de plasticidad, específicamente con el valor del límite líquido; la compresibilidad aumenta con el valor del límite líquido, permaneciendo los demás factores constantes (Juárez Badillo & Rico Rodríguez, 2005).

El S.U.C.S. cubre los suelos gruesos y los finos, distinguiendo ambos por el cribado a través de la malla No 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, en peso son gruesas, y fino, si más de la mitad de sus partículas, son finas (SCT, 2003). La Tabla 1.2 muestra la clasificación de suelos del SUCS.

Tabla 1.2 Clasificación de suelos realizada por el SUCS.

Tipo	Símbolo	Malla	Grupos	
Suelos Gruesos				
Gravas y suelos en los que predominen estas	G (gravel)	> 50% retenido Malla No. 4	GW	Gravas bien graduadas
			GP	Gravas mal graduadas
			GM	Gravas con finos no plásticos
			GC	Gravas con finos plásticos
Arenas y suelos arenosos	S (sand)		SW	Arenas bien graduadas
			SP	Arenas mal graduadas
			SM	Arenas con finos no plásticos
			SC	Arenas con finos plásticos
Suelos Finos				
Limos inorgánicos	M (mo y mjala)	50% Límite Líquido (L.L)	ML	Limos inorgánicos de baja compresibilidad
			MH	Limos inorgánicos de alta compresibilidad
Arcillas inorgánicas	C (clay)		CL	Arcillas inorgánicas de baja compresibilidad
			CH	Arcillas inorgánicas de alta compresibilidad
Limos y arcillas orgánicas	O (organic)		OL	Limos y arcillas orgánicas de baja compresibilidad
			OH	Limos y arcillas orgánicas de alta compresibilidad

Adaptado de (SCT, 2003)

1.3.2 Carta de plasticidad

En Mecánica de Suelos, la plasticidad, se define como la propiedad de un material

de soportar deformaciones rápidas sin rebote elástico, sin variación volumétrica apreciable y sin desmoronarse o agrietarse (Juárez Badillo & Rico Rodríguez, 2005).

Los límites de plasticidad o estados de consistencia, fueron definidos por Atterberg, explicando la consistencia de los suelos cohesivos mediante la definición de líquido, plástico y los límites de contracción (Das, 2013).

Cuando el contenido de humedad es muy bajo, el suelo se comporta como un sólido quebradizo y, con un contenido de humedad muy alto, tanto el suelo como el agua podrán fluir como un líquido (Das, 2013).

La Tabla 1.3, describe los estados de consistencia del suelo según su contenido de agua en orden decreciente.

Tabla 1.3 Estados de consistencia del suelo propuestos por Atterberg.

Estado de consistencia	Característica
Estado líquido	Propiedades y apariencia de una suspensión
Estado semilíquido	Propiedades de un fluido viscoso
Estado plástico	Comportamiento plástico
Estado semisólido	Con apariencia de sólido, pero aún disminuye de volumen al estar sujeto a secado
Estado sólido	El volumen del suelo no varía con el secado

Adaptado de (Das, 2013; Juárez Badillo & Rico Rodríguez, 2005)

El uso fundamental de la Carta de plasticidad consiste en situar en ella un suelo desconocido, por medio del cálculo de los dos parámetros que definen su plasticidad; el límite líquido y el índice plástico; la colocación del suelo en uno de los grupos definidos indicará que participa del conjunto de propiedades mecánicas e

hidráulicas características de ese grupo (Juárez Badillo & Rico Rodríguez, 2005; SCT, 2003).

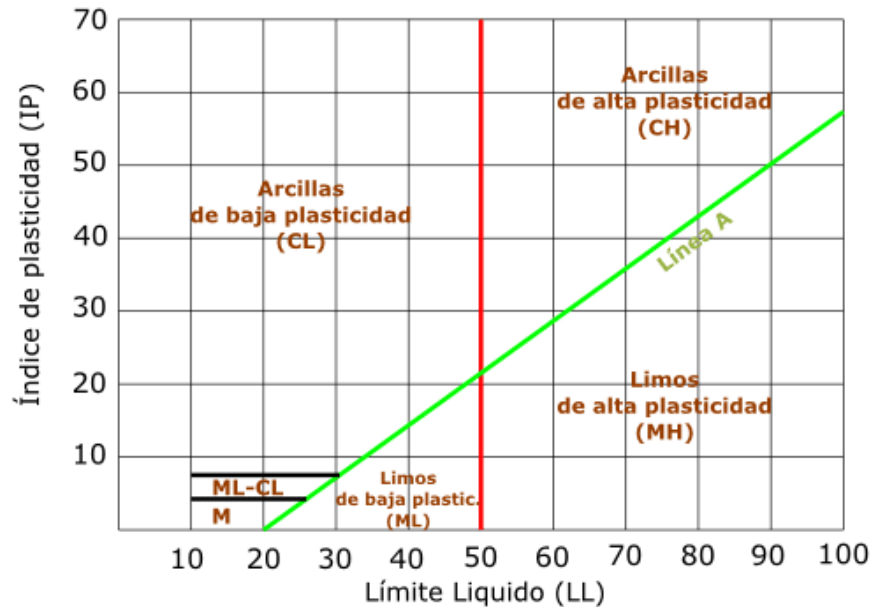


Figura 1.3 Carta de plasticidad empleada en Mecánica de Suelos

Fuente: (Juárez Badillo & Rico Rodríguez, 2005)

1.4 Estación de Transferencia (ET)

El Manejo Integral de los Residuos Sólidos Urbanos (MIRSU), comprende actividades que van desde reducción en la fuente, hasta la disposición final, pasando en algunas ocasiones por el acopio, retención y transferencia de residuos (DOF, 2003).

El propósito de los sistemas de transferencia es recibir los RSU de vehículos recolectores para transferirlos a un vehículo de mayor capacidad, como camiones, vagones de ferrocarril o barcos y así ser transportados a la planta de tratamiento o al Sitio de Disposición Final (SDF) (Gómez Espinoza et al., 2020; Sánchez Gómez & Estrada Nuñez, 1996); actualmente, forman parte integral del sistema de gestión

de RSU, ya que fungen como un enlace intermedio entre la fuente y el tratamiento final de la generación de desechos (Liu & Zheng, 2020).

Las Estaciones de Transferencia (ET), se diseñan e implementan por las necesidades de las ciudades, principalmente para evitar recorrer largas distancias para descargar los RSU en una planta de tratamiento o SDF (Turcott Cervantes et al., 2018). Los tipos de ET, así como sus principales características de diseño y funcionamiento, son mencionada en la Tabla 1.4.

Tabla 1.4. Tipos de Estaciones de Transferencia: características y diseño

Tipo de estación	Funcionamiento	Diseño
De descarga directa (ETD)	Registro y pesado de los vehículos Vaciado por gravedad No almacenar desechos Equipo requerido: Carga lateral rectangular, tubular y trasera Volteo Minirecolector Contenedores Tractocamiones caja abierta con mecanismo de descarga por medio de cadenas o piso móvil	Techumbre de lámina de asbesto Básculas Caseta de control Patio de maniobras de vehículos de transferencia Taller Oficinas Jardines Acceso de recolectores Salida de recolectores Líneas de servicio con cuatro servidores (tolvas) Aspersores de agua para el control de polvos en las tolvas Sistemas de ventilación mecánica Acceso de vehículos de transferencia Estacionamiento de vehículos de transferencia Área de despunte de vehículos de transferencia Salida de vehículos de transferencia

Tabla 1.4. Tipos de estaciones de transferencia: características y diseño (Continuación)

Tipo de estación	Funcionamiento	Diseño
De descarga indirecta (ETI)	Registro y pesado de los vehículos en básculas computarizadas Fosa de almacenamiento o plataforma La carga a los vehículos de transferencia emplea equipos auxiliares Equipo requerido: Carga trasera y frontal Contenedores Automóviles particulares Tractocamiones Cajas de transferencia abiertas Grúas Cucharon de almeja Tractores con hoja topadora Montacargas	Techumbre del patio de descarga Fosa principal Caseta de control Diseño especial de vías de seguridad en el borde de la fosa Aspersores de agua para el control de polvos en la fosa Sistema de ventilación mecánica Rampa de acceso de vehículos recolectores Patio de maniobras de vehículos recolectores Rampa de salida de vehículos recolectores Básculas Taller Oficinas Jardines Estacionamiento de cajas de transferencia Área de despunte de cajas de transferencia Estacionamiento de tractocamiones Salida de vehículos de transferencia

Fuente: Adaptado de (INECC & SEMARNAT, 2007; SEMARNAT, 2020)

1.5 Mantos Acuíferos

La NOM-083-SEMARNAT-2003 los refiere como cualquier formación geológica por la que circulan o se almacenan aguas subterráneas, que puedan ser extraídas para su explotación, uso o aprovechamiento (SEMARNAT, 2004).

Los acuíferos se encuentran ubicados bajo la superficie terrestre y permiten la circulación del agua a través de las grietas y porosidades que tiene su estructura. Las capas que se presentan en los mantos acuíferos son el nivel freático, que es la

profundidad a la que se encuentra el agua a partir de la superficie del terreno; la zona de saturación, que es una zona más profunda donde los poros se llenan de agua, y la capa impermeable que es la zona sólida bajo la zona de saturación que impide la filtración del agua. Entre el nivel freático y la superficie se encuentra la zona de aireación (SEMARNAT, 2004). Las capas que componen un manto acuífero, se ilustran mediante la Figura 1.4.

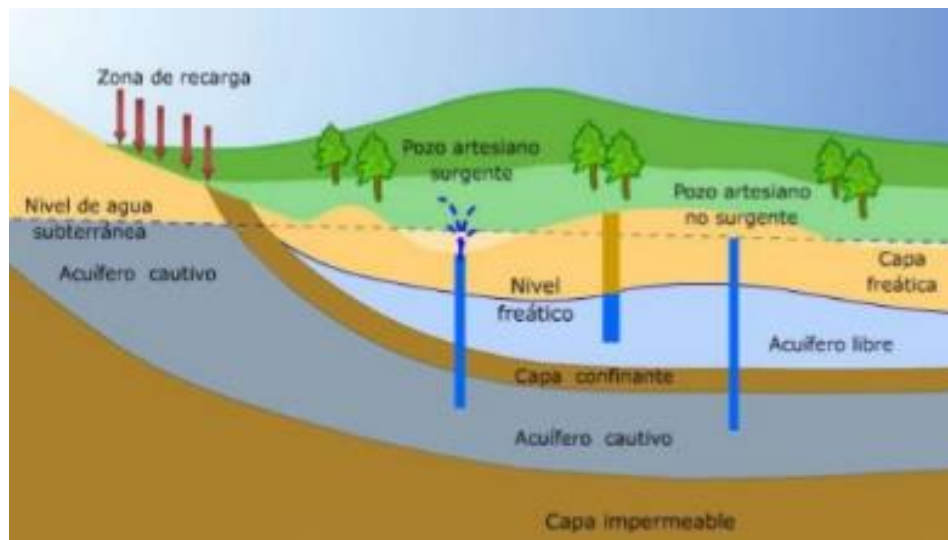


Figura 1.4 Estructura de los Acuíferos

Fuente: Mascareño, 2016.

El cuidado de los acuíferos es de suma importancia, ya que, gracias a ellos, la población tiene acceso al agua, sin embargo, la contaminación amenaza al recurso. Los fertilizantes químicos que se utilizan en la agricultura, los desechos de la actividad industrial, la explotación petrolera y los residuos sólidos son algunos de los factores que pueden contaminar los acuíferos (SEMARNAT, 2004, 2018, 2020).

La calidad del agua subterránea generalmente se evalúa determinando los parámetros fisicoquímicos, principalmente pH, demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno, nitrógeno total, fósforo total, carbono orgánico total,

conductividad eléctrica y alguna concentración de metales pesados y/o parámetros microbiológicos y comparando los datos con los estándares existentes (Kapelewska et al., 2019).

1.6 Disponibilidad del recurso hídrico

Aunque tres cuartas partes de la Tierra están cubiertas por agua, 97.5% es salada (mares y océanos) y sólo 2.5% es agua dulce, del cual sólo 0.3% se localiza en lagos y ríos de donde el hombre toma la mayor parte del agua que utiliza, el resto se encuentra en glaciares, casquetes polares en forma de hielo y en depósitos subterráneos (INEGI, 2019).

En la Tabla 1.5 se expone la distribución de la totalidad del recurso hídrico en el planeta.

Tabla 1.5 Distribución del agua en el planeta

Descripción	Volumen de agua millones de km ³)	% agua dulce	% del total del agua
Agua total	1386.00		100.00
Agua dulce	35.00	100.00	2.53
Glaciares y capas polares	24.40	6.70	1.76
Agua subterránea	10.50	30.00	0.76
Lagos, ríos y atmósfera	0.10	0.30	0.01
Agua salina	1351.00		97.47

Fuente: (FAO, 2021)

1.7 Caracterización de Materiales

La caracterización de materiales, consiste en evaluar las propiedades y la estructura de los materiales. A continuación, se mencionan algunos de los métodos empleados para caracterización de materiales; especialmente, los métodos empleados en la realización del presente trabajo.

1.7.1 Espectroscopía Infrarroja por Transformada de Fourier (FTIR)

La espectroscopia infrarroja (IR) es una de las técnicas espectroscópicas más comunes para la caracterización de compuestos orgánicos e inorgánicos. Se basa en el hecho de que grupos funcionales distintos exhiben vibraciones diferentes debido a la frecuencia de vibración de enlace; y el momento dipolar, en función de su simetría inherente y de la naturaleza de sus átomos constituyentes (Hernández, 2019; Skoog et al., 2001).

1.7.2 Microscopía Electrónica de Barrido (SEM)

En muchos campos de la química, la ciencia de materiales, la geología y la biología, es cada vez de más importancia el conocimiento detallado de la naturaleza física de la superficie de los sólidos. El método clásico para obtener información es la microscopía óptica, sin embargo, la resolución de la microscopía óptica está limitada por los efectos de difracción de la longitud de onda de orden similar a la de la luz (Skoog et al., 2001).

El análisis SEM, proporciona información morfológica y topográfica sobre la superficie de los sólidos, que normalmente, es necesaria para entender el comportamiento de las superficies. Así, un examen por microscopia de electrones,

es a menudo la primera etapa en el estudio de las propiedades de las superficies de los sólidos (Novello, 2019).

Para obtener una imagen mediante SEM, se barre mediante un rastreo programado (raster pattern) con un haz de electrones muy fino focalizado. El rastreo programado es similar al utilizado en un tubo de rayos catódicos o en un aparato de televisión, en el que un haz de electrones barre la superficie en línea recta, vuelve a la posición inicial y es desplazado hacia abajo un incremento establecido. Este proceso se repite hasta que el área deseada de la superficie ha sido barrida. Durante este proceso de barrido, se recibe una señal por encima de la superficie y se almacena en un sistema computarizado donde posteriormente, se convierte en una imagen (Novello, 2019; Skoog et al., 2001).

1.7.3 Absorción atómica

El método para la determinación de metales por espectrofotometría de absorción atómica en aguas naturales, potables y residuales se basa en la generación de átomos en estado basal y en la medición de la cantidad de energía absorbida por estos, la cual es directamente proporcional a la concentración de ese elemento en la muestra analizada (DOF, 2016b).

La espectrometría de emisión óptica (ICP-OES) es una técnica espectrométrica utilizada para determinar oligoelementos en soluciones acuosas. En ICP-OES, una solución de muestra se nebuliza continuamente en una descarga de plasma de argón acoplada inductivamente, donde los analitos de interés se convierten en átomos o iones en fase gaseosa en estado excitado. A medida que los átomos o iones en estado excitado regresan a su estado fundamental, emiten energía en forma de luz en longitudes de onda que son características de cada elemento específico. La intensidad de la energía emitida en la longitud de onda elegida es

proporcional a la concentración de ese elemento en la muestra analizada. Por tanto, al determinar qué longitudes de onda son emitidas por una muestra y sus respectivas intensidades, se puede cuantificar la composición elemental de la muestra dada en relación con un patrón de referencia. Para obtener resultados precisos, el análisis ICP-OES directo debe realizarse solo en matrices acuosas relativamente limpias, por ejemplo, muestras de agua subterránea prefiltradas. Otras muestras acuosas y/o sólidas más complejas necesitan digestión ácida antes del análisis; el analista debe asegurarse de que se elige un método de digestión de la muestra que sea apropiado para cada analito y el uso previsto de los datos (EPA, 2018)

1.8 Barrera Física o Estructura

Una estructura puede concebirse como un sistema, es decir, como un conjunto de partes o componentes que se combinan en forma ordenada para cumplir una función dada. La función puede ser, por ejemplo; salvar un claro, como en el caso de los puentes; encerrar un espacio, como sucede en los diferentes tipos de edificios; contener un empuje, como en los muros de contención, tanques o silos. La estructura debe cumplir la función a la que está destinada con un grado razonable de seguridad y de manera que tenga un comportamiento adecuado en las condiciones normales de servicio (González & Robles, 2010).

1.8.1 Revestimientos de Arcilla Compactada (CCL)

Son revestimientos contruidos de materiales de suelo natural que son ricos en arcilla natural, a pesar de que el CCL puede contener arcilla natural procesada tal como la bentonita, se construyen en capas llamadas sustentos que típicamente tienen un grosor después de la compactación de 0.15m. En taludes igual o más

planos que alrededor de 3 horizontal: 1 vertical (3H:1V) los soportes son ubicados paralelos a la pendiente. Sin embargo, los soportes paralelos son muy difíciles o imposibles de construir en taludes más pronunciados que 2.5H:1V, ya que se requiere el uso de soportes horizontales (Montoya, 2019).

Para CCLs que tienen una conductividad hidráulica saturada de no más de 1×10^{-7} cm/s, es recomendado que el material del CCL tenga las siguientes características:

- Porcentajes mínimo de finos: desde 30 a 50%
- Índice de plasticidad mínimo: desde 7 a 15%
- Porcentaje máximo de grava: desde 20 a 50%
- Tamaño mínimo de partícula: desde 25 a 50 mm (menos para un soporte ubicado en contacto directo con un CCL) (Montoya, 2019).

1.8.2 Geomembranas (GM)

Son delgadas, fabricadas con materiales poliméricos, tales como HDPE, VFPE (Polietileno muy flexible, que incluye LLDPE, LDLPE, y VLDPE), Cloruro de Polivinilo (PVC), Polipropileno flexible (fPP), y monómero de etileno propileno dieno (EPDM), que son ampliamente usados como barreras hidráulicas en revestimientos y sistemas de cobertura debido a su estructura no porosa, flexibilidad, y facilidad de instalación, tienen la ventaja de poseer tasas extremadamente bajas de permeabilidad de gas y agua a través de las GM intactas y, dependiendo del material, la habilidad para estirarse y deformar sin desgarrarse, protegen los CCLs subyacentes de la desecación (Montoya, 2019).

Las desventajas de las GM incluyen la lixiviación a través de imperfecciones ocasionales, relativo potencial de alta difusión por ciertos líquidos orgánicos concentrados, y material que se fragiliza en el tiempo.

Las GM son un componente esencial de la mayoría de capas de barrera y/o revestimiento.

1.8.3 Revestimiento Geosintético de Arcilla (GCL)

Consisten de rollos fabricados de bentonita ubicada entre geotextiles (GT) o limitando a una GM. La bentonita es el componente de baja conductividad hidráulica o permeabilidad del material compuesto. Los geosintéticos son tejidos, punzonados, o adhesivamente enlazados a la bentonita para crear productos auto-contenidos adecuados para manipuleo, transporte, y ubicación como material barrera. La estructura fibrosa de los materiales punzonados y cosidos también resulta en esfuerzo cortante interno incrementado para el uso de GCL en taludes. La conductividad hidráulica de la mayoría de GCL de bentonita de sodio está entre 1×10^{-9} a 5×10^{-9} cm/s (Montoya, 2019).

1.8.4 Revestimientos Compuestos

Mientras que alguno de los tres materiales de revestimiento descritos (CCL, GM, y GCL) pueden ser usados como un material de barrera por sí mismo, esta es la combinación de dos o más de los componentes que ha probado ser más efectivo en términos de contención de líquidos y gases. En cada caso de un revestimiento compuesto, la GM forma el componente superior, con el suelo o GCL siendo el componente inferior. En un revestimiento compuesto, la lixiviación solo ocurrirá en la ubicación del hueco de la GM, pero será mucho menor que el flujo a través de un orificio debido al impedimento hidráulico proporcionado por el CCL o el GCL (Montoya, 2019).

1.8.5 Barreras verticales

Son estructuras que se colocan perpendicularmente al sentido del suelo, su objetivo principal es el de reducir los movimientos laterales de los contaminantes, ya sea a través de lixiviados o por disolución en las aguas subterráneas (Ortiz et al., 2007).

Incluyen la instalación de muros pantalla, la inyección vertical a presión de lechada de cemento o cemento-bentonita a través de sondeos y el tablestacado metálico, de perfiles de acero con sección en forma de Z o U (Ortiz et al., 2007).

Una forma de mejorar las propiedades de estas barreras verticales es utilizar geomembranas, generalmente constituidas por polietileno de alta densidad (Ortiz et al., 2007).

1.8.6 Barreras horizontales

Como su nombre lo indica, son barreras construidas en sentido paralelo al suelo; generalmente son zanjas o sondeos que se rellenan con material sellante; su utilidad radica en restringir el movimiento vertical de contaminantes metálicos sin necesidad de recurrir a la excavación del terreno (Ortiz et al., 2007).

Un ejemplo de este tipo de barreras, es el sellado superficial, cuya finalidad es evitar la exposición directa del suelo a la contaminación, limitar la infiltración de agua de lluvia en el suelo contaminado y controlar la volatilización de ciertos contaminantes a la atmósfera. La superficie del suelo se puede sellar con materiales naturales que reducen la permeabilidad, como la bentonita, sola o combinada con un material geotextil; con aglomerados asfálticos u hormigones y con láminas sintéticas fabricadas con materiales termoplásticos. Para el correcto funcionamiento de esta técnica es necesario que el material de sellado no esté sometido a continuos

periodos de humectación y desecación que pueden deteriorarlo y en el caso de que exista riesgo de dispersión lateral de la contaminación a través de la fracción gaseosa del suelo, es recomendable utilizarla en combinación con un sistema de contención lateral y de captación de contaminantes volátiles (Ortiz et al., 2007).

1.8.7 Muro Milán o muro pantalla

Es una estructura que se usa generalmente para impedir que el agua subterránea se filtre; en pozos de excavación deshidratados, en túneles; vertederos o aguas abajo; los muros diafragma, se construyen reemplazando la lechada con concreto reforzado en zanjas preexcavadas, que forma paneles superpuestos a prueba de agua (Pan & Fu, 2020).

En México, el Muro Milán o muro pantalla, es uno de los métodos ampliamente aplicables en construcciones subterráneas, transporte urbano, muros de contención y muros de protección contra inundaciones (Gutiérrez Sotelo, 2010; Manjarrez O., 2010; Pan & Fu, 2020)

1.8.8 Microtuneleo

El proceso constructivo a base de microtuneleo consiste en un proceso de empuje de tuberías guiado por un sistema láser y controlado remotamente que suministra presión de manera continua al frente de excavación para equilibrar las presiones de agua subterránea y del suelo y no requiere personal dentro del túnel (Martínez Hernández, 2017).

Las principales características del microtuneleo se describen en la Tabla 1.6: (Gutiérrez Sotelo, 2010; Martínez Hernández, 2017).

Tabla 1.6 Características constructivas del microtuneleo

Característica	Descripción
Construcción sin zanja	Los trabajos se realizan de manera subterránea.
Empuje de tuberías	Las tuberías se empujan desde un pozo de ataque; el escudo abre hueco aprovechando el empuje transmitido por la tubería.
Ejecuta las tareas a control remoto	El empuje de tuberías es guiado por un sistema láser y controlado remotamente.
No requiere abatimientos de niveles de agua (niveles freáticos)	Ya que, al ser una perforación dirigida, el escudo abre paso a la tubería e inmediatamente se va hincando la misma y se sellan las oquedades con lodos bentónicos o alguna lechada de material.

Adaptado de (Gutiérrez Sotelo, 2010; Martínez Hernández, 2017)

1.9 Diseño Estructural

Abarca las diversas actividades que desarrolla el proyectista para determinar la forma, dimensiones y características detalladas de una estructura, o sea de aquella parte de una construcción que tiene como función absorber las solicitaciones que se presentan durante las distintas etapas de su existencia. Un requisito esencial para que la construcción cumpla con sus funciones es que no sufra fallas o mal comportamiento debido a su incapacidad para soportar las cargas que sobre ella se imponen (Meli, 2016).

1.9.1 Estados Límite

Los criterios de diseño estructural consideran dos categorías de estados límite; los de falla y los de servicio. Los de falla corresponden al agotamiento definitivo de la capacidad de carga de la estructura o de cualquiera de sus miembros, o al hecho de que la estructura, sin agotar su capacidad de carga, sufra daños irreversibles

que afecten su resistencia ante nuevas aplicaciones de carga; por otro lado, los estados límite de servicio, tienen lugar cuando la estructura llega a estados de deformaciones, agrietamientos, vibraciones o daños que alteren su correcto funcionamiento, pero no su capacidad para soportar cargas (González & Robles, 2010).

1.9.2 Acciones y Respuestas en el Diseño de Estructuras

En el diseño de toda estructura, deben tomarse en cuenta los efectos de las cargas muertas, de las cargas vivas, del sismo y del viento; cuando sean significativos deben tomarse en cuenta los efectos producidos por otras acciones, como los empujes de tierras y líquidos, los cambios de temperatura, las contracciones de los materiales, los hundimientos de los apoyos y las sollicitaciones originadas por el funcionamiento de maquinaria y equipo (Arnal & Betancourt, 2007).

El Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal, establece las tres categorías de acciones, de acuerdo con la duración en que obren sobre las estructuras con su intensidad máxima; dichas acciones se detallan en la Tabla 1.7.

Tabla 1.7. Categorías de acciones de acuerdo a su duración

Acciones	Características
Permanentes	Obran en forma continua sobre la estructura, su intensidad varía poco con el tiempo. Las principales acciones son la carga muerta, el empuje estático de suelos.
Variables	Obran sobre la estructura con una intensidad que varía significativamente con el tiempo. Las principales acciones son la carga viva, los efectos de temperatura, las deformaciones impuestas y los hundimientos diferenciales.
Accidentales	No se deben al funcionamiento normal de la edificación y que pueden alcanzar intensidades significativas solo durante lapsos breves.

Fuente: (Arnal & Betancourt, 2007)

1.10 Presupuesto de Obra

El Reglamento de la Ley de Obras Públicas y Servicios relacionados con las Mismas (RLOPySRM), establece dos clases de presupuesto; el presupuesto autorizado y el presupuesto de obra o de servicio. El presupuesto autorizado, es el que la Secretaría comunica a la dependencia o entidad en el calendario de gasto correspondiente, en términos de la Ley Federal de Presupuesto y Responsabilidad Hacendaria; el presupuesto de obra o de servicio, es el recurso estimado que la dependencia o entidad determina para ejecutar los trabajos en el que se desglosa el listado de conceptos de trabajo o actividades, unidades de medida, cantidades de trabajo y sus precios (DOF, 2010b).

Para la elaboración de un presupuesto de obra, es necesario considerar el análisis de Precios Unitarios (PU); los cuales están formados por Costos Directos, Costos Indirectos, Financiamiento, Utilidad y Cargos Adicionales (DOF, 2010b).

1.10.1 Costos Directos

El RLOPySRM, establece en su artículo 65, apartado A, inciso b, que los costos directos, se integran con lo correspondiente a materiales, equipos de instalación permanente, mano de obra, maquinaria y equipo de construcción. La Tabla 1.8, indica los aspectos y consideraciones que se deben realizar para conformar el costo directo para un presupuesto de obra (DOF, 2010b).

Tabla 1.8. Consideraciones para el análisis de Costos Directos

Elemento del Costo Directo	Consideraciones
Materiales	Los precios de adquisición de los materiales considerados en los análisis correspondientes se encuentren dentro de los parámetros de precios vigentes en el mercado.

Tabla 1.8. Consideraciones para el análisis de Costos Directos (Continuación)

Mano de obra	Que los costos básicos de la mano de obra se hayan obtenido aplicando los factores de salario real a los sueldos y salarios de los técnicos y trabajadores, conforme a lo previsto en la normatividad aplicable.
Equipos de instalación permanente, herramienta y maquinaria	Que el cargo por el uso de herramienta menor se encuentre incluido, bastando para tal efecto que se haya determinado aplicando un porcentaje sobre el monto de la mano de obra requerida para la ejecución del concepto de trabajo de que se trate. Que los costos horarios por la utilización de la maquinaria y equipo de construcción se hayan determinado por hora efectiva de trabajo, debiendo analizarse para cada máquina o equipo, incluyendo, cuando sea el caso, los accesorios que tenga integrados.

Adaptado de (DOF, 2010b)

1.10.2 Costos Indirectos

Son aquellos gastos que no pueden tener aplicación a un producto determinado. Es la suma de gastos técnico-administrativos necesarios para la correcta realización de cualquier proceso productivo (Suárez, 1997). En la Tabla 1.9 se muestran las consideraciones a realizar para conformar los costos indirectos de un presupuesto de obra.

Tabla 1.8. Consideraciones para el análisis de Costos Directos (Continuación)

Tabla 1.9. Composición de Costos Indirectos

Costos Indirectos	Definición
Costo Indirecto de Operación u Oficinas Centrales	Es la suma de gastos que, por su naturaleza intrínseca, son de aplicación a todas las obras efectuadas en un tiempo determinado.
Costo Indirecto de Obra o de Campo	Es la suma de todos los gastos que, por su naturaleza intrínseca, son aplicables a todos los conceptos de una obra en especial.

Adaptado de (DOF, 2010b)

1.10.3 Financiamiento

Antes y durante la ejecución de los trabajos de construcción, se efectúan fuertes

erogaciones, es decir, cuando se excava el primer metro cúbico se ha hecho ya una erogación considerable. La estricta vigilancia y supervisión de las inversiones en las obras, es, también requerimiento indispensable que obliga a esperar un lapso para cobrar la obra ejecutada, lo que convierte a la empresa en un financiero a corto plazo que forzosamente devenga intereses (Suárez, 1997).

1.10.4 Utilidad

El RLOPySRM, establece, que la utilidad es la ganancia que recibe el contratista por la ejecución del concepto de trabajo; será fijado por el propio contratista y estará representado por un porcentaje sobre la suma de los costos directos, indirectos y de financiamiento. Para el cálculo del cargo por utilidad se considerará el impuesto sobre la renta y la participación de los trabajadores en las utilidades de las empresas a cargo del contratista (DOF, 2010b).

1.10.5 Cargos Adicionales

Los cargos adicionales son las erogaciones que debe realizar el contratista, por estar convenidas como obligaciones adicionales que se aplican después de la utilidad del precio unitario porque derivan de un impuesto o derecho que se cause con motivo de la ejecución de los trabajos y que no forman parte de los costos directos, indirectos y por financiamiento, ni del cargo por utilidad. Únicamente quedarán incluidos en los cargos adicionales aquéllos que deriven de ordenamientos legales aplicables o de disposiciones administrativas que emitan autoridades competentes en la materia, como derechos e impuestos locales y federales y gastos de inspección y supervisión. Los cargos adicionales deberán incluirse al precio unitario después de la utilidad y solamente serán ajustados cuando las disposiciones legales que les dieron origen establezcan un incremento

o decremento para los mismos (DOF, 2010b).

2 MÉTODO

Las etapas realizadas durante la investigación fueron las que se muestran en la Figura 2.1, las cuales se describen a detalle posteriormente.

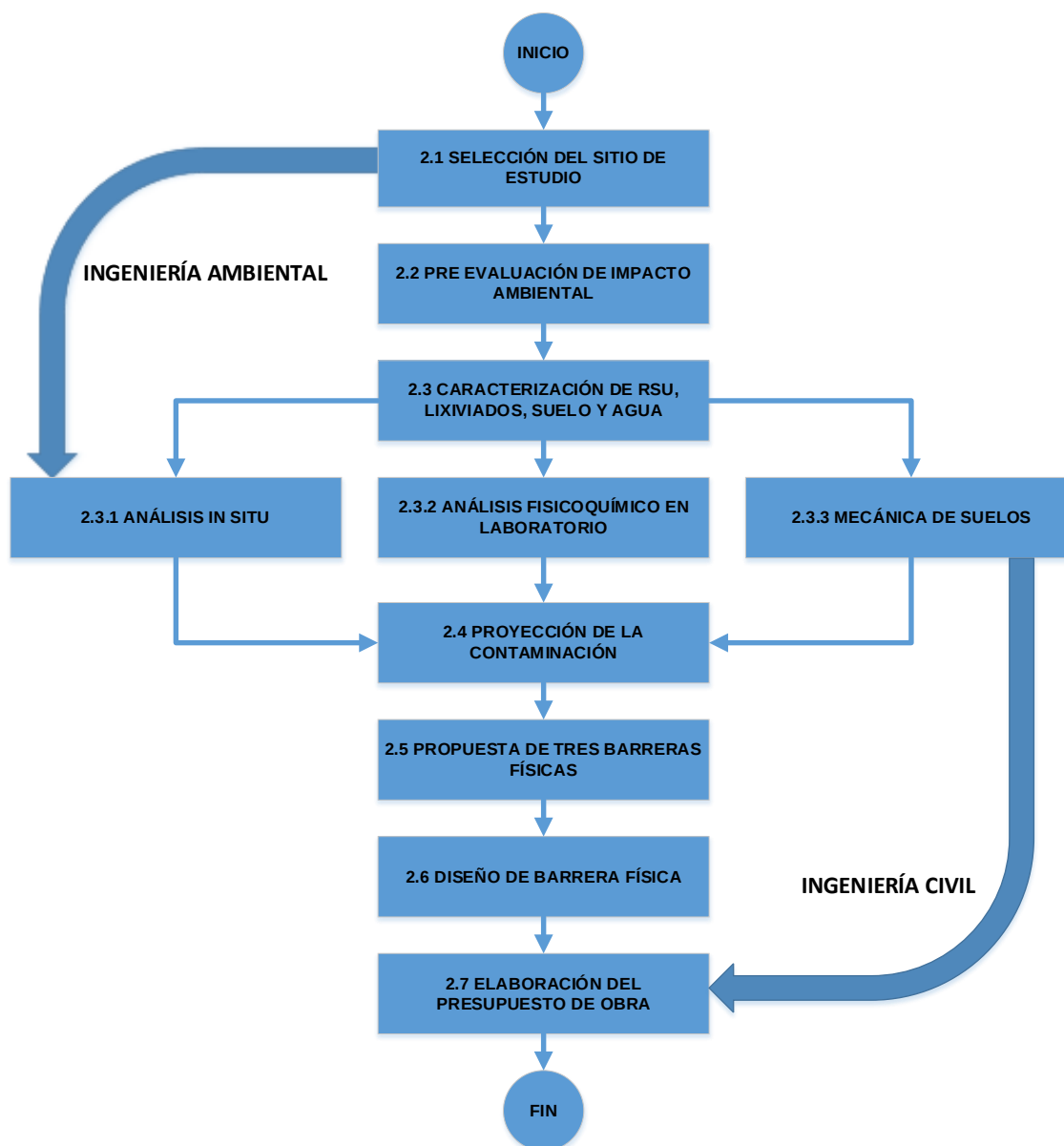


Figura 2.1. Diagrama general de la metodología aplicada a la investigación.

2.1 Selección del Sitio de Estudio

La selección del sitio de estudio se realizó considerando tres aspectos importantes; el análisis cartográfico/topográfico de los sitios y zonas aledañas, la cercanía a cuerpos de agua y la deficiencia en el funcionamiento, operación y/o diseño de estos.

Con la autorización y dirección de las autoridades municipales de los posibles sitios de estudio, el apoyo del Comité Tutorial y el financiamiento del “Fondo sectorial de investigación ambiental” SEMARNAT-CONACYT 2015, mediante el proyecto 263315, denominado “Ubicación de rellenos sanitarios intermunicipales futuros en el Estado de México y estados aledaños” a través del Instituto Tecnológico de Toluca, se realizaron las visitas físicas a los sitios susceptibles de estudio y, posteriormente, se analizaron sus áreas de oportunidad.

2.1.1 Análisis cartográfico/topográfico de los sitios y zonas aledañas

Mediante la información proporcionada por las autoridades municipales y la herramienta Arcgis en su modalidad de topografía se ubicaron los sitios seleccionados; se localizaron los cuerpos de agua cercanos y se analizaron las pendientes naturales de los escurrimientos.

Con la información que se obtuvo mediante las visitas físicas y el análisis cartográfico en Arcgis, se seleccionó el sitio que presentó mayor impacto de acuerdo con los tres aspectos mencionados en la sección 2.1.

Posteriormente, se realizó el levantamiento topográfico del sitio seleccionado para determinar la planimetría y altimetría del relieve del sitio y las zonas aledañas; para realizar esta actividad, se empleó una Estación Total, marca Topcom, modelo Gowin 202 montado sobre un tripie marca Geosurv, 2 prismas y el apoyo de una brigada

de topografía, formada por 4 personas.

a.1) Levantamiento topográfico

Para dar inicio a esta actividad, se eligió un punto a partir del cual se pudiera visar la mayor superficie del sitio; se montó la Estación Total; se realizó la nivelación del equipo; se puso en funcionamiento y se cargaron las cotas de referencia con las cuales el software del equipo realizó los cálculos necesarios para determinar las longitudes y alturas de los puntos visados.

Los datos obtenidos con los levantamientos topográficos, fueron procesados en el complemento Civilcad para Autocad 2014, con lo cual se obtuvo el plano topográfico del sitio.

2.2 Pre-evaluación de Impacto Ambiental

Se realizó la Pre-evaluación de Impacto Ambiental del sitio seleccionado, cuyo enfoque consistió en evaluar el deterioro ambiental causado por su operación; para ello, se empleó la Matriz de Leopold, se analizaron algunos de los atributos a los componentes biofísicos del medio ambiente para agua, suelo, atmósfera, flora y fauna durante la operación del sitio, tal como lo consideró (Mendoza Delgado, 2017), se reflejó una cuadrícula que evaluó individualmente los impactos posibles, se asignaron dos valores en cada espacio de la cuadrícula, magnitud (m) e importancia (i) respectivamente, ambos valores se ponderaron en escala de 1 como mínimo a 10 como máximo. Los valores de m se precedieron de un signo + o – (positivo y negativo, respectivamente), según fuera el efecto sobre el medio ambiente (Cotán-Pinto, 2007).

Para la realización de esta etapa de la investigación, se requirió un análisis visual, se empleó el Anexo A, el cual puede modificarse dependiendo de la obra que se desea analizar y un equipo de cómputo, los datos empleados para esta etapa se obtuvieron durante las visitas de inspección al sitio seleccionado.

2.3 Caracterización de RSU, lixiviados, suelo y agua

Se realizaron caracterizaciones *in situ* y en laboratorio de muestras de RSU, lixiviados, suelo y agua con la finalidad de determinar la presencia de contaminación. La Tabla 2.1, indica los análisis que se consideran para cada uno de los elementos recolectados, en los siguientes apartados, se describirá a detalle cada una de ellos.

Tabla 2.1 Listado de análisis realizados para cada una de las muestras

Característica o Parámetro	RSU	Lixiviado	Suelo	Agua
Cuantificación de Subproductos	S			
Olor	S		S	S
Potencial de Hidrógeno (pH)		S	L	
Temperatura (T)		S	L	S
Conductividad eléctrica (CE)		S		
Color		S	S	S
Textura Superficial			S	
Nitrógeno Total Kjeldahl (NTK)		L		L
Demanda Química de Oxígeno (DQO)		L		L

Tabla 2.1 Listado de análisis realizados para cada una de las muestras (Continuación)

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)		L		L
Sólidos Totales (ST)		L		L
Sólidos Volátiles Totales (SVT)		L		L
Sulfatos (SO ₄ ⁻)		L		L
Metales Totales		L	L	L
Clasificación Granulométrica			L	
Límites de Atterberg			L	
Forma			L	
Aristas			L	
Grado de alteración			L	
Dureza			L	
Espectroscopia Infrarroja por Transformada de Fourier (FTIR)			L	
Microscopia Electrónica de Barrido (SEM)			L	
Análisis por Dispersión de Rayos X (EDS)			L	

S – Característica o parámetro obtenido *in situ*.

L - Característica o parámetro obtenido en laboratorio.

2.3.1 Análisis *in situ* de RSU, lixiviados, suelo y agua

Se realizaron análisis *in situ* a muestras de RSU, muestras líquidas (lixiviado y agua) y muestras de suelo; a continuación, se detallan las especificaciones que se emplearon para realizarlos.

a) RSU

Se determinó la composición de los RSU por método de cuarteo, de acuerdo con la norma NMX-AA-15-1985 (DOF, 1985a) con el apoyo de una cuadrilla de estudiantes que colaboró en el muestreo, selección y cuantificación de los subproductos de los residuos; según lo especificado en la norma NMX-AA-022-1985 (DOF, 1985b); para la realización de esta cuantificación, se empleó una báscula electrónica de 40 kg, marca IBN, modelo B-40.

b) Muestras líquidas

El muestreo de lixiviado y agua se obtuvo siguiendo la metodología que indica la Comisión Nacional del Agua en la norma NMX-AA-003-1980 (DOF, 2019); se recolectaron muestras simples en los puntos que tuvieron presencia de estos líquidos (fuentes estáticas), posteriormente, se almacenaron en recipientes adecuados para cada análisis, estos fueron enjuagados 3 veces con la muestra asegurando que fuera homogénea y suficiente para los análisis requeridos.

Se determinaron los parámetros sensoriales de color y olor y los parámetros fisicoquímicos, se obtuvieron empleando normatividad; la T se determinó según lo establecido en la norma NMX-AA-007-SCFI-2013 (DOF, 2013); el pH, siguiendo lo indicado en la norma NMX-AA-008-SCFI-2016 (DOF, 2016a) y la CE, siguiendo la metodología de la norma NMX-AA-093-SCFI-2000 (DOF, 2018); todos estos parámetros se realizaron mediante un potenciómetro de la marca CONDUCTRONIC PC18, con un electrodo para medición de pH y un electrodo bimetalico para temperatura.

c) Suelo

Las características descritas en la Tabla 2.1 fueron determinadas conforme a criterio empírico y conceptual; el muestreo alterado, se realizó como se indica en la Norma NMX-C-416-ONNCCE-2003 (ONNCCE, Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, 2003); el cual se obtuvo mediante excavaciones hechas con pala y posteadora de tipo manual marca JMC.

2.3.2 Análisis Físico-Químico en laboratorio de lixiviados, suelo y agua

Las muestras obtenidas de lixiviado, suelo y agua fueron preservadas y transportadas al Laboratorio de Investigación en Ingeniería Ambiental (LIIA) del Instituto Tecnológico de Toluca, conforme a las normas de muestreo mencionadas anteriormente para su posterior análisis.

a.1) Muestras líquidas

Los lixiviados y el agua se preservaron de acuerdo a lo requerido por cada parámetro (acidificación y refrigeración) para la posterior realización de los análisis correspondientes.

a.1.1) NTK

Este análisis se basó en la norma NMX-AA-026-SCFI-2010 (DOF, 2010a), se consideraron los tres procesos básicos; la destilación, la digestión y la cuantificación.

Se limpió el equipo de destilación antes de utilizarlo, se destiló una mezcla de agua y disolución hidróxido-tiosulfato de sodio hasta que estuvo libre de amonio.

El volumen de muestra a analizar se colocó en un matraz Kjeldahl y se destiló casi a sequedad.

Posteriormente se realizó la digestión; se adicionó el reactivo para la digestión al matraz de Kjeldahl y se mezcló perfectamente; se añadieron piedras de ebullición, se realizó la ebullición de la muestra hasta que el volumen de la disolución se redujo y se observó gran desprendimiento de vapores blancos. Se continuó la digestión durante 30 minutos.

Al término de la digestión, se enfrió el matraz y su contenido, se diluyó con agua y se mezcló.

Se añadió la disolución de hidróxido-tiosulfato de sodio, para formar una capa alcalina en el fondo del matraz; se verificó que el pH de la disolución fuera mayor a 11.

Se destiló la muestra cuidando que la temperatura del condensador no pasara de 29 °C.

Se recolectó el condensado en un recipiente que contenía la disolución indicadora de ácido bórico.

Se retiró el matraz colector y se tituló con disolución de ácido sulfúrico, hasta que la disolución cambió de color verde esmeralda a morado; se registró el volumen gastado de ácido.

a.1.2) DQO

La DQO se determinó a través de método de reactor de digestión la cual se basa en la digestión acida de dicromato de potasio (Winter, 1971), para ello, se recolectó muestra y se acidificó hasta un pH menor a 2.0 usando ácido sulfúrico. Dicha

muestra se homogenizó y se agregaron 2 ml de la muestra a tubos de reactivo HATCH COD HR inclinado a 45 grados, se repitió este procedimiento para el blanco, usando agua destilada.

Posteriormente los viales fueron limpiados y agitados tomándolos de la tapa e invirtiendo su sentido varias veces, teniendo precaución puesto que los viales se calentaron durante la agitación, posteriormente los viales fueron colocados en un reactor de DQO de la marca HANNA INSTRUMENTS a 150 °C durante 2 horas, posteriormente, al terminar el ciclo de calentamiento se sacaron los viales, se agitaron nuevamente y se colocaron en gradillas a T ambiente.

Las muestras digeridas y frías se leyeron en el espectrofotómetro de la marca HANNA INSTRUMENTS usando el respectivo programa para COD HR, leyendo primeramente el blanco y posteriormente el lote analítico compuesto de control y muestras, posteriormente se multiplicaron por el respectivo factor de dilución.

a.1.3) DBO₅

Para el análisis de este parámetro, se consideró lo establecido en la norma NMX-AA-028-SCFI-2001 (DOF, 2001) con la finalidad de determinar la cantidad de oxígeno utilizada por una población microbiana heterogénea para transformar la materia orgánica, en un periodo de incubación de 5 días a 20 °C.

La realización de la prueba requirió una solución de agua desionizada sometida a aireación hasta alcanzar la saturación de oxígeno, lo cual se llevó a cabo en un aireador con propela; esta solución fue enriquecida con nutrientes que favorecieron la degradación de la materia orgánica, empleando una disolución amortiguadora de fosfatos (fosfato de potasio monobásico, fosfato de potasio dibásico, fosfato de sodio dibásico y cloruro de amonio), sulfato de magnesio pentahidratado, cloruro de calcio anhidro, cloruro férrico y el inóculo contenido en una cápsula de la marca

POLYSEED.

En botellas Winkler de vidrio para incubación con capacidad de 300 mL con sello hermético, por triplicado, se agregó el agua previamente preparada hasta llenarlos por completo sin presencia de burbujas de aire; se preparó el lote analítico constituido por blanco, control de inóculo, control de glucosa-ácido glutámico y muestras a las cuales se les adicionó alícuotas en proporción a la carga orgánica previamente determinada (DQO).

Se establecieron las condiciones de oxígeno inicial mediante medidor de oxígeno disuelto de mesa de marca YSI modelo 5000 y una celda con agitación, posteriormente, las botellas Winkler cerradas herméticamente se llevaron a incubación a condiciones de 20°C durante un periodo de 5 días; al término del periodo de tiempo, se leyó el oxígeno disuelto remanente del lote analítico.

Se realizaron los cálculos indicados en la norma NMX-AA-028-SCFI-2001 (DOF, 2001), para determinar la cantidad de oxígeno consumida durante la prueba.

a.1.4) ST y SVT

La metodología empleada se basa en lo indicado en la norma NMX-AA-034-SCFI-2015 (DOF, 2015b); en donde los residuos se pesaron y sirvieron de base para el cálculo del contenido de estos; para la realización de este análisis se empleó una balanza analítica, marca Sartorius, modelo BP 301S, una estufa de convección natural marca RIOSSA, una mufla marca FELISA, cápsulas de aluminio y desecadores.

Primeramente, se estabilizó y calibró la balanza analítica, posteriormente, utilizando las pinzas se colocó en su plato la cápsula de aluminio previamente calcinada y estabilizada a peso constante. Se registró el peso con 4 dígitos decimales y

mediante la micropipeta se adicionaron 3 ml de las muestras homogeneizadas de lixiviados o agua. Se registró el peso de la cápsula con la muestra e inmediatamente se introdujo en la estufa, previamente estabilizada a 105 °C. Esta operación se repitió con cada muestra por duplicado. Después de 1.5 horas, con ayuda de las pinzas se retiraron las cápsulas de la estufa hasta estabilizar. Posteriormente, se pesaron las cápsulas y se realizaron los cálculos por gravimetría, de acuerdo a la norma NMX-AA-034-SCFI-2015 (DOF, 2015b).

La determinación de los SVT se realizó con las cápsulas de las muestras empleadas para ST; las cuales fueron pesadas, registrando su peso en gramos, se introdujeron en la mufla a 550°C durante una hora, para después ser transferidas a la estufa estabilizada a 105 °C durante media hora. Por último, se colocaron dentro de un desecador durante otra media hora para alcanzar T ambiente. Transcurrido este tiempo fueron pesadas y se registró su peso nuevamente. Se repitió el proceso estufa-desecador hasta alcanzar peso constante.

Con los datos obtenidos, se procedió a realizar los cálculos indicados en la norma para los ST y los SVT.

$$ST = \frac{(m_3 - m_1)}{V} 1\,000\,000$$

Donde:

ST = Sólidos Totales (mg/L)

m_3 = Masa de la cápsula con el residuo, después de la evaporación (g)

m_1 = Masa de la cápsula vacía a masa constante (g)

V = Volumen de muestra (mL)

$$STV = \frac{(m_3 - m_4)}{V} 1\,000\,000$$

Donde:

STV = Sólidos Totales Volátiles (mg/L)

m_3 = Masa de la cápsula con el residuo, después de la evaporación (g)

m_1 = Masa de la cápsula con el residuo, después de la calcinación (g)

V = Volumen de muestra (mL)

a.1.5) SO_4^{2-}

Para el análisis del SO_4^{2-} se tomó una alícuota de la muestra líquida homogeneizada, la alícuota de 100 ml se colocó en un matraz Erlenmeyer; a esta solución, se le agregaron 20 ml de una solución buffer A con una pipeta.

Se adiciono una cucharada de cristales de $BaCl_2 + 2H_2O$ y se cronometró el tiempo de reacción, se mantuvo en agitación por 60 ± 2 segundos a velocidad constante evitando salpicaduras.

El recipiente en agitación se retiró y se dejó en reposo durante 5 minutos, posteriormente se leyeron las muestras mediante un Espectrofotómetro UV-vis marca Thermo Scientific, modelo Evolution Array a 450 nm, posteriormente se calcularon las concentraciones de sulfato entre las diferencias de turbiedad del blanco y de cada una de las muestras.

a.1.6) Metales Totales

Tanto para muestras líquidas (lixiviados y agua) como para muestra sólida (suelo), una muestra representativa debidamente seleccionada en proporción de la concentración del contaminante, compuestos orgánicos y reactividad fue sometida a un proceso de extracción ácida asistida por microondas en 45 mL de solución, para ello se agregó esta solución a un envase de calentamiento, en estos recipientes se adicionó una mezcla de ácidos (4 ml nítrico concentrado/1 ml ácido clorhídrico concentrado) que posteriormente fue sellado en el recipiente hermético con sello de seguridad de presión (EPA, 2018).

Los recipientes ensamblados fueron ingresados al microondas para ser sometidos al proceso térmico de calentamiento por microondas; el cual se desarrolló con rampa de T, incrementando a 170 ± 5 °C en 10 minutos, posteriormente se mantuvo esta temperatura por 10 a 20 minutos, una vez transcurrido el tiempo, el programa finalizó permitiendo el enfriamiento por 5 minutos al menos antes de retirar del microondas hasta alcanzar la T ambiente (EPA, 2018).

Al finalizar el proceso, las muestras fueron filtradas y centrifugadas para eliminar presencia de sólidos insolubles; el lote analítico incluyó: agua de disolución o blanco (agua doblemente desionizada), control y muestras; las cuales usaron los mismos ácidos y agua de disolución usados para las muestras (DOF, 2016b; EPA, 2018).

Las muestras se nebulizaron y analizaron en un soplete de plasma con un equipo ICP en el laboratorio ABC Analytc, en la cual los detectores identificaron la emisión energética que generan las muestras con el plasma generando la cuantificación total de los metales Arsénico (As), Cadmio (Cd), Plomo (Pb), Cromo (Cr), Aluminio (Al), Cobre (Cu), Níquel (Ni) y Zinc (Zn) con base a las curvas de calibración realizadas previamente (EPA, 2018).

b.1) Muestra sólida (Suelo)

Las muestras de suelo colectadas, se secaron a T ambiente hasta alcanzar peso constante, posteriormente, se realizó un pretratamiento a base de cribado y triturado con mazo de madera con la finalidad de homogeneizarlas.

Se procedió a realizar la medición de pH en una solución acuosa al 10% de sólidos, mediante el método potenciométrico como se indica en la norma NMX-AA-025-1984 (DOF, 1984), se empleó un potenciómetro de la marca CONDUCTRONIC PC18, con un electrodo para medición de pH y un electrodo bimetálico para T.

Se colocaron las muestras en recipientes herméticos de polietileno para realizar la caracterización por métodos de instrumentación de FTIR, SEM, EDS y Absorción Atómica.

b.1.1) Análisis FTIR

Para la realización de este análisis, se empleó el material cribado, que se mencionó anteriormente y el Espectrofotómetro de Transmisión Infrarrojo marca Agilent, modelo Varian 640-IR, usando el accesorio ATR (Attenuated Total Reflectance) con celda de diamante, se realizaron los ajustes a través del software Resolutions Pro, se configuraron las condiciones a las que trabajó el equipo; el rango de trabajo de 4000 a 400 cm^{-1} , resolución de 4.0 cm^{-1} y 24 escaneos. El análisis a los polvos se realizó conforme a lo establecido para la operación adecuada del equipo.

b.1.2) Análisis SEM y EDS

El material analizado fue el que se preparó previamente en el cribado y triturado; las muestras fueron fijadas en cintas de carbón, se realizó el sputtering durante 30 s, a 35 mA.

Se obtuvieron imágenes de la topografía y morfología de las partículas que componen las muestras de suelo en el Microscopio Electrónico de Barrido marca Jeol Ltd, modelo JSM-6610LV con bajo vacío, con un voltaje del acelerador de 20 kV, acercamientos de 6000 a 10000, con un spot de 35 a 41, una distancia focal de 10 mm, usando electrones secundarios para la generación de imágenes; acoplado al sistema EDS marca Oxford Inca Energy 250X-act para el análisis cualitativo y semicuantitativo de las muestras.

2.3.3 Mecánica de Suelos

Se realizó el muestreo alterado de suelo combinado con lixiviado en la ET de Tianguistenco, el muestreo se obtuvo como se indica en la Norma NMX-C-416-ONNCCE-2003 (ONNCCE, Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, 2003).

Se realizaron excavaciones con pico y pala en 4 (cuatro) puntos del sitio de estudio a una profundidad de 0.50 m; estas muestras se acumularon hasta obtener aproximadamente 50 kg de muestra.

La muestra de suelo se extendió en el Laboratorio de Materiales y se dejó secar durante 72 h a T ambiente; una vez seca la muestra, se procedió a realizar el análisis granulométrico, tal como se indica en la Norma NMX-C-416-ONNCCE-2003 (ONNCCE, Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, 2003).

La muestra seca se mezcló y se homogeneizó para tomar una muestra significativa (método de cuarteo), la cual se sometió al proceso de tamizado.

La muestra seca se tamizó a través de las mallas 50 mm (2"), 37.5 mm (1 ½"), 25 mm (1"), 19 mm (¾"), 12.7 mm (½"), 9.5 mm (⅜"), 4.75 mm (No. 4) para los agregados gruesos.

Los agregados que pasaron a través de la malla No. 4, se analizaron por el método de lavado, en la cual las partículas finas fueron disueltas y enjuagadas con agua. El lavado permitió eliminar las partículas que pasan la malla No. 200.

Posteriormente la muestra de sólido lavado se dejó secar en horno durante 24 horas a una temperatura de 50° C, posterior a ello, se procedió al cribado de la muestra por las mallas de 2 mm (No. 10), 0.85 mm (No. 20), 0.425 mm (No. 40), 0.25 mm (No. 60), 0.15 mm (No. 100), 0.075 mm (No. 200).

Los datos de los agregados que pasan a través de cada malla permitieron definir el tipo de suelo analizado con base en lo descrito en la NMX-C-416-ONNCCE-2003 (ONNCCE, Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, 2003).

Posteriormente a los agregados finos se les determinaron los límites de consistencia o límites de Atterberg: límite líquido, límite plástico e índice plástico.

Para el límite líquido, a una muestra homogénea y representativa de los finos se le agregó agua hasta el punto de saturación líquida, posteriormente la muestra se colocó en un recipiente metálico y se secó en un horno durante 24 horas a 110° C, la muestra se dejó estabilizar y se determinó su peso constante.

Con los datos generados se determinó la capacidad de retención del líquido por la porción fina de la muestra de suelo analizado.

Para determinar el límite plástico, una muestra homogénea y representativa de los finos, se humedeció de tal manera que permitió amasar el suelo para manipularlo y formar cilindros gruesos que se fueron adelgazando por rodamiento hasta alcanzar 3.2 mm. Este procedimiento se repitió permitiendo la reducción de la humedad por evaporación, reduciendo continuamente su diámetro hasta 3.2 mm, el límite plástico se alcanzó cuando el cilindro se agrietó por la falta de humedad.

Una vez que el cilindro se fracturó se le determinó la humedad del suelo a la cual se alcanzó este punto por gravimetría usando una balanza analítica.

Una vez obtenido el límite plástico, se calculó el índice plástico mediante la diferencia entre el límite plástico y el límite líquido, este resultado fue plasmado en la carta de plasticidad y de esta manera se pudo determinar la clasificación del suelo de acuerdo con el SUCS.

2.4 Proyección a 20 años

El impacto ambiental encontrado en el sitio se proyectó a 20 años, por medio de métodos estadísticos de análisis de datos, con el fin de corroborar el aumento o la persistencia de la contaminación en el sitio de estudio y las zonas aledañas a éste;

Para ello, se recolectó información de la situación actual de la producción de residuos y del crecimiento de la población esta etapa se basó en información reportada por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) y en el Bando Municipal del sitio seleccionado, se comparó esta información, se encontró la relación estadística que se proyectó mediante un crecimiento exponencial, bajo métodos de regresión con métodos diferenciales para predecir el comportamiento a futuro.

2.5 Propuesta de las Tres Barreras Físicas

Con base en el análisis cartográfico/topográfico, en la preevaluación de impacto ambiental y las caracterizaciones realizadas *in situ*, se *determinó la* afectación ambiental ocasionada por los RSU y los lixiviados al suelo y cuerpos de agua, se determinó que las barreras propuestas limitaran la dispersión de contaminantes en el sitio y zonas aledañas.

Se propusieron barreras aplicables desde el punto de vista de ingeniería civil, que pudieran construirse para dar servicio al sitio, variando el sistema estructural y considerando las propiedades y contaminantes que se encontraron durante los análisis realizados a las muestras de RSU, lixiviados, suelo y agua.

2.6 Diseño de la Barrera Física

Debido a que existen limitantes para las barreras propuestas en la sección 2.5, fue que se seleccionó una combinación de barreras tanto horizontales como verticales, con el propósito de limitar mayormente la dispersión de los contaminantes en el sitio y en las zonas aledañas a él.

Mediante el método ASSHTO se realizaron los cálculos correspondientes al diseño estructural de la barrera vertical, la cual se complementó con barreras perpendiculares a ésta.

El diseño consideró parámetros bibliográficos dentro de los intervalos dados para los resultados obtenidos en la Clasificación de Suelos correspondiente a la Mecánica de Suelos descrita en el punto 2.3.3, debido a la falta de datos reales del sitio; no obstante, se configuró una hoja de cálculo en Excel que puede ser aplicable a un diseño real con sus respectivas consideraciones.

Una vez obtenido el diseño y dimensionamiento estructural de la barrera, se procedió a cuantificar los volúmenes de obra (Números generadores) que se emplearon para posteriores etapas del estudio.

2.7 Elaboración del Presupuestos de Obra

Mediante el análisis de precios unitarios en el software OPUS 2020 y el cálculo de la volumetría de obra, se obtuvo el presupuesto de construcción de la barrera física que se seleccionó y diseñó.

Una vez establecido el diseño de la barrera se elaboró el catálogo de conceptos, para ello se desglosó el conjunto de actividades requeridas para la correcta construcción de la barrera diseñada en el sitio, con sus respectivas dimensiones y requerimientos establecidos en el punto 2.1.1; estas actividades se enlistaron conforme al proceso constructivo asignándoles el número progresivo de ejecución de cada actividad, se indicó el volumen correspondiente obtenida de los números generadores de la etapa anterior.

El análisis de precios unitarios tomo en consideración i) Costos Directos, II) Costos Indirectos, III) Costos por Financiamiento IV) Cargos por Utilidad y V) Cargos Adicionales, el software toma en consideración bases de datos bajo licencia que contienen datos referentes a salarios para el cálculo del factor de salario real, equipo y maquinaria de construcción, para elaborar los costos horarios así como listados de insumos y materiales.

Cada precio unitario por actividad se desglosó en materiales, maquinaria, equipo, mano de obra, herramienta, rendimientos y horas de trabajo; estos datos se ingresaron al software el cual generó el precio por unidad de obra que se reflejó en catálogo de conceptos.

Posteriormente el importe se calculó al multiplicar la cantidad de volumen de obra por el precio unitario obtenido del software OPUS 2020, estos datos son reportados en el catálogo de conceptos.

El presupuesto de obra está constituido por las columnas, Número, es el número progresivo de acuerdo al proceso constructivo, Clave es una asignación propia de cada obra conformada de una nomenclatura compuesta de la inicial de la actividad y el número progresivo en cuanto a la actividad, Descripción es la actividad a realizar que establece el alcance del precio unitario, Unidad, representa la unidad de medida de la actividad a ejecutar (m^3 , m^2 , m, piezas, pago global, kg, Ton y eventos), Cantidad, es el volumen de obra obtenido de los números generadores; Precio Unitario es el costo por unidad de obra obtenida de la suma de costos I,II, III, IV y V e Importe es el costo de ejecución total de la actividad conforme al proyecto

3 RESULTADOS

El proyecto se enfocó en la selección de un sitio (de tres posibles) con afectación a un cuerpo de agua superficial por mecanismos de transporte de contaminantes, principalmente en efluentes líquidos, tales como lixiviados y escurrimientos en ríos, arroyos o lagunas cercanas al sitio analizado, tal como se describe a continuación:

3.1 Selección del Sitio de Estudio

Se realizaron visitas e inspecciones físicas a los sitios probables de estudio, los cuales fueron el SDF de Xalatlaco, Estado de México; la ET de Tianguistenco, Estado de México y el SDF de Tlalpujahua, Michoacán.

Mediante las visitas realizadas a estos sitios, se pudieron observar deficiencias en su funcionamiento y diseño, con lo cual se ocasionan afectaciones ambientales en el propio sitio y en las zonas aledañas; sin embargo, en el SDF de Xalatlaco se observó que no contaba con la presencia de un cuerpo de agua cercano; por otra parte, la ET de Tianguistenco evidenció la existencia de besanas en zonas de cultivo aledañas a ésta en dirección a un cuerpo de agua natural, por otro lado, en el SDF de Tlalpujahua no se observaron cuerpos de agua perenne en los alrededores de éste.

Debido a que un criterio a considerar en la selección del sitio de estudio fue la presencia de cuerpos de agua, se descartó el SDF de Xalatlaco.

3.1.1 Análisis cartográfico/topográfico de los sitios y zonas aledañas

Se realizó el análisis cartográfico mediante el sistema Arcgis en la modalidad topografía tanto al SDF de Tlalpujahua como a la ET de Tianguistenco; las Figuras 3.1 y 3.2 muestran los análisis cartográficos referidos.

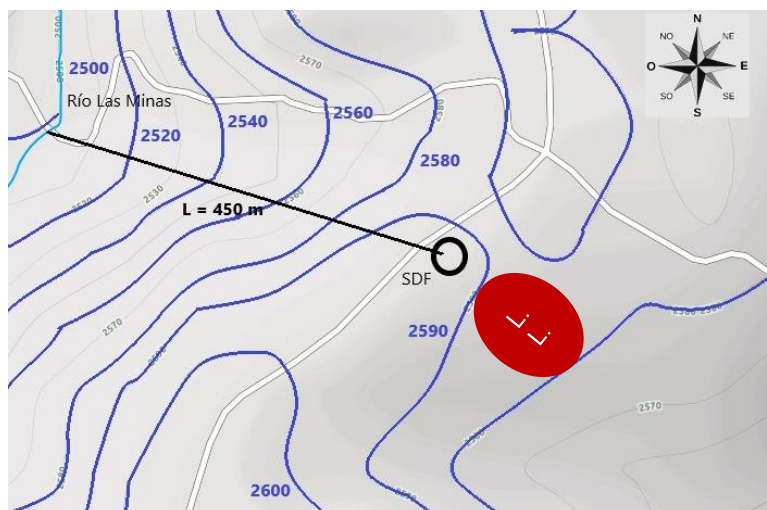


Figura 3.1 Análisis cartográfico del SDF de Tlalpujahua, Michoacán

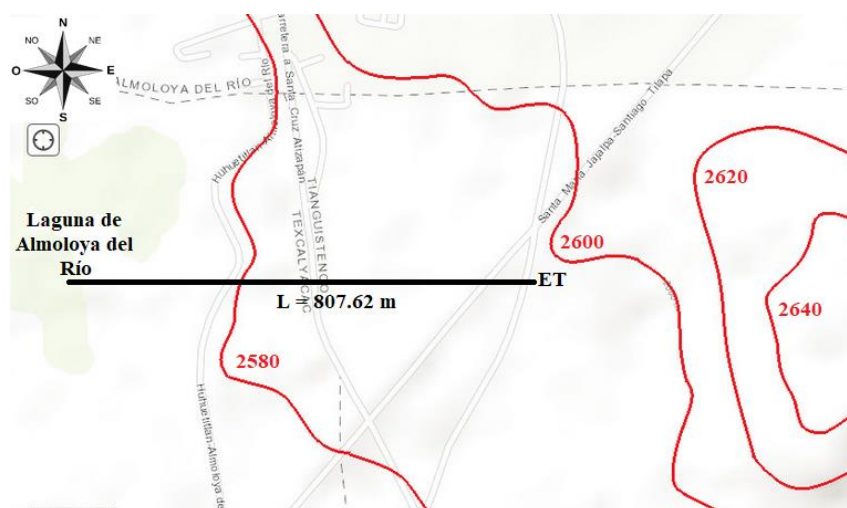


Figura 3.2 Análisis cartográfico de la ET de Tianguistenco, Estado de México
Fuente: (ESRI, 2020)

Como se puede observar en las Figuras 3.1 y 3.2, ambos sitios presentaron cuerpos de agua; en la Figura 3.1, se detectó el indicio de la existencia del Río “Las Minas” a 450 m del SDF, no obstante, debido al clima de la zona y el tamaño aparente del afluente, se consideró como un río transitorio; cabe mencionar que para este caso, no se cumple con la distancia mínima que se indica en la NOM-083-SEMARNAT-2003 para la ubicación del lindero del SDF, con respecto a cuerpos de agua superficiales con caudal continuo, lagos y lagunas, que debe ser de 500 m. (SEMARNAT, 2004). Por otra parte, en la Figura 3.2 se muestra la ubicación de la Laguna de Almoloya del Río a una distancia de aproximadamente 800 m, corroborando lo observado en las visitas previas a la ET.

A pesar de que el SDF de Tlalpujahua presentó deficiencias en su diseño, así como la presencia de un cuerpo de agua a menos de 500 m y cuya característica en caudal se asume transitorio, se pudo observar que los lixiviados se encausan a una laguna de lixiviados formada naturalmente por el escurrimiento de éstos, en dirección sur-sureste (contraria a la dirección del río), hacia una zona más baja que el SDF y, los lixiviados se estancan debido a la formación de una cresta natural posterior a la laguna de lixiviados, tal como se observó en el SDF (Figura 3.3). Debido a la contingencia sanitaria causada por el virus SARS-CoV2 (COVID 19) no se pudieron realizar visitas físicas posteriores para confirmar la existencia del río transitorio “Las Minas” que se reflejó en el análisis cartográfico.

Se seleccionó para este estudio la ET de Tianguistenco, Estado de México en virtud de la presencia de besanas en dirección hacia el cuerpo de agua, de acuerdo con (Kapelewska et al., 2019; Sackey et al., 2020), con la existencia de agua en zonas aledañas es que se puede transferir, arrastrar e infiltrar contaminantes contenidos en los residuos sólidos y causar afectaciones en los cuerpos de agua.

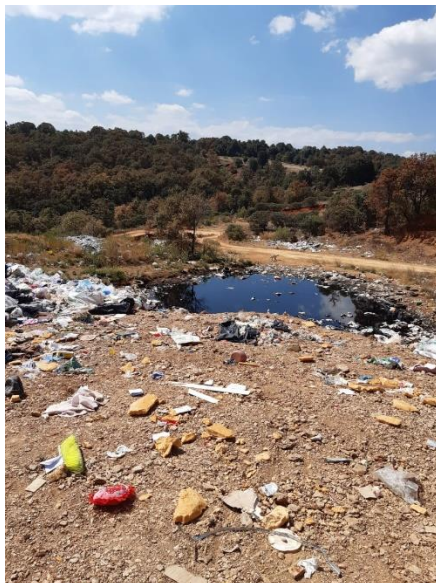


Figura 3.3 Fotografía del SDF de Tlalpujahua, Michoacán

3.1.2 Tianguistenco, Estado de México

El municipio de Tianguistenco, Estado de México, se encuentra ubicado en la región suroriente del valle de Toluca, a una distancia de 31.7 km de la capital del Estado; su orografía se conforma principalmente por partes altas correspondientes a la sierra del Ajusco; en cuanto a su hidrografía, pertenece a la cuenca del río Lerma, y una pequeña porción a la cuenca del río Balsas (INAFED, 2019); su población ronda entre 77,147 (INEGI, 2015) y 80,887 (Tianguistenco, 2020) habitantes; algunas de las colindancias del municipio de Tianguistenco se pueden apreciar en la Figura 3.4; al norte, con Chapultepec, Metepec, Lerma, Capulhuac y Ocoyoacac; al sur con Ocuilan, al oriente con el municipio de Xalatlaco y la Ciudad de México y al poniente con Texcalyacac, Almoloya del Río, Atizapan, San Anotonio la Isla, Calimaya y Chapultepec (Tianguistenco, 2020).

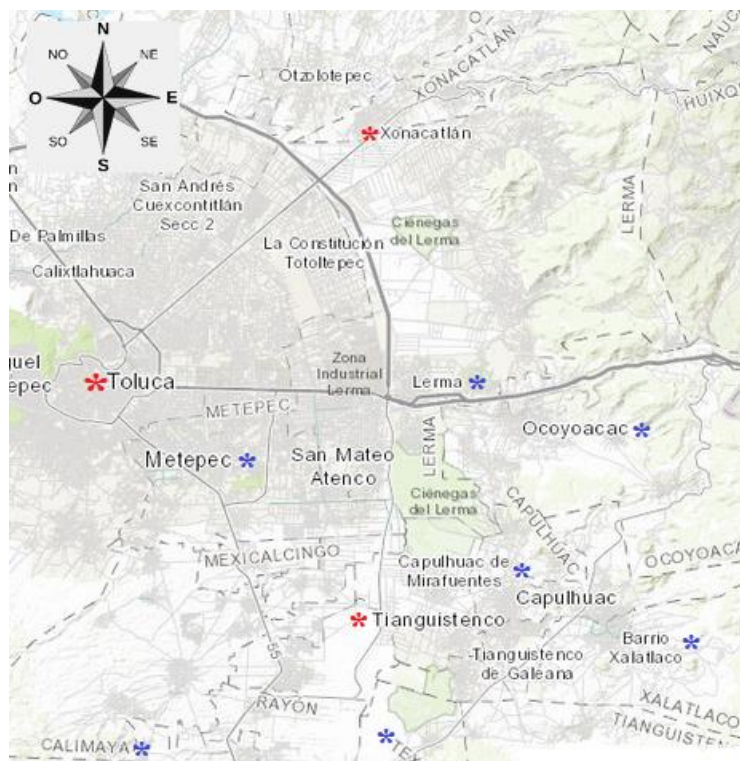


Figura 3.4 Localización y colindancias del municipio de Tianguistenco

Fuente: (ESRI, 2020)

Para desarrollar el correcto MIRSU, el municipio cuenta con una ET municipal, que se ubica en la Carretera La Marquesa-Tenango, en el paraje denominado “Yolotzingo”, a la altura de la comunidad de San Lorenzo Huehuetitlán (Tianguistenco, 2020); la generación municipal de RSU asciende a 64 t/día, de las cuales, 30 t corresponden a generación domiciliaria y 34 t provienen de otras fuentes, con una generación per cápita de RSU de 0.848 kg/hab/día (Molina, 2020), cantidad que es acopiada y transferida al SDF, ubicado en el municipio, de Xonacatlán, Estado de México.

a.1) Levantamiento topográfico

La ET de Tianguistenco, fue seleccionada de acuerdo con los tres aspectos mencionados en la metodología (Apartado 2.1), los cuales son el análisis cartográfico/topográfico de los sitios y zonas aledañas, la cercanía a cuerpos de agua y la deficiencia en el funcionamiento, operación y/o diseño de los estos.

Se realizó una visita a la ET con la finalidad de desarrollar el levantamiento topográfico. En esta visita se observó que la ET se encuentra en la parte alta de una colina, sus alrededores son zonas verdes naturales, las partes bajas presentan asentamientos poblacionales, áreas de cultivo y la laguna de Almoloya del Río. Lo anterior concuerda con lo identificado en la cartografía (Figura 3.2) y se puede apreciar en la Figura 3.5.



Figura 3.5 Inspección física de la ET y sus alrededores

La ET cuenta con un acceso y salida para los vehículos recolectores, vehículos de transferencia (góndolas) y vehículos particulares; esta área es sobre terracería con pendiente pronunciada, lo cual favorece que el suelo de las partes bajas

permanezca anegado la mayor parte del año, esta humedad se forma por escurrimientos naturales de escorrentías provenientes de los RSU. En la sección adyacente al acceso se encuentra el patio de carga, el cual cuenta con una línea de servicio de descarga por gravedad (Gómez Espinoza et al., 2020).

La superficie de la zona de acopio y retención está compuesta por suelo natural aparentemente compactado y no cuenta con barrera impermeable. Para realizar la operación de la ET, el municipio arrenda un buldócer de orugas, eventualmente una retroexcavadora y el servicio de transporte en góndolas; estos equipos son impulsados por motor a diésel. El personal que labora es contratado por el propio Ayuntamiento, sin embargo, existe la presencia de segregadores primarios originarios de la comunidad y los alrededores, los cuales separan residuos valorizables (Gómez Espinoza et al., 2020; Saavedra Aguilera et al., 2018). Los residuos acopiados estaban compuestos principalmente por materia orgánica e inorgánica (plásticos y metales); detectándose también la presencia de residuos electrodomésticos, de construcción, baterías y aceite; los cuales se encuentran catalogados dentro de los RME y RP (DOF, 2015a).

Del estudio topográfico de la ET se obtuvo la distribución de las áreas de operación: acceso y/o salida, el patio de carga, la línea de servicio de una descarga y la zona de acopio y retención de RSU; esta zona cuenta con una superficie de 3,150.54 m² tal como se puede apreciar en la Figura 3.6 a. Se corroboró que los niveles decrecen en dirección oriente-poniente y que la zona de carga se encuentra 5 m debajo de la línea de servicio, lo cual permite la descarga por gravedad mediante un buldócer (Figura 3.6 b).

De acuerdo con lo observado y la realización del levantamiento topográfico, la ET de Tianguistenco se clasificó como una ETD (Gómez Espinoza et al., 2020; INECC & SEMARNAT, 2007; Molina, 2020). Sin embargo, no cumple con algunos de los lineamientos de diseño y funcionamiento establecidos en la Tabla 1 de (Gómez

Espinoza et al., 2020), debido a la falta de una barrera protectora entre el suelo y los residuos, tal como una fosa, plantilla o geomembrana. Además, carece de techumbre que proteja el patio de maniobras de la lluvia y la radiación solar y en algunas ocasiones no se realiza la transferencia diaria de los residuos a las góndolas para su traslado al SDF. Al no contar con una caseta de control y báscula se puede saturar y disminuir el espacio libre para maniobras, consecuentemente exceder la capacidad de carga del suelo (Owusu-Nimo et al., 2019), lo cual pudiera ocasionar derrumbes de los taludes y vibraciones, poniendo en riesgo a las personas que laboran en la ET y a los habitantes de las zonas bajas aledañas.

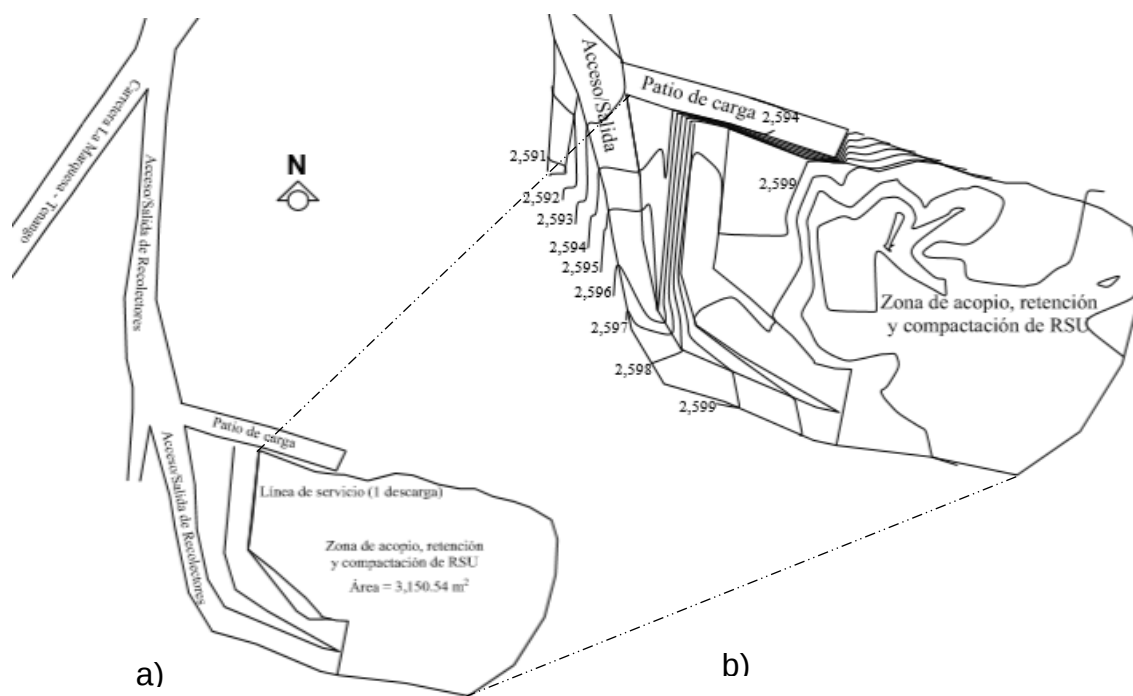


Figura 3.6 Áreas en operación de la ET de Tianguistenco

3.2 Pre-evaluación de Impacto Ambiental (IA)

Se denominó pre-evaluación de IA, debido a que no se evaluaron exhaustivamente todos los factores básicos del medio ambiente considerados por (León Peláez, 2004), únicamente se evaluaron los factores fundamentales que pudieran impactar para el presente trabajo de investigación. En la Tabla 3.1 se muestra la Matriz de Leopold con la pre-evaluación de IA realizada a la ET de Tianguistenco, Estado de México.

Debido a las carencias y características de la ET mencionadas en los apartados anteriores, se propician condiciones que favorecen la degradación acelerada de la materia orgánica, principalmente; la formación de lixiviados; la volatilización de compuestos orgánicos y la liberación de material particulado, traduciéndose en una afectación general del equilibrio ecológico, ya que se presenta un impacto general a todos los factores analizados (Gómez Espinoza et al., 2020; Kapelewska et al., 2019; Sackey et al., 2020).

La asignación de los valores en cada celda de interacción de los Factores-Actividades de la ET, se realizó analizando la información recabada en las visitas y seleccionando valores de acuerdo con la Tabla 2 de (Gómez Espinoza et al., 2020).

Los valores de la m se consideraron en su mayoría negativos, por ser perjudiciales para los Atributos de los Factores (Suelo, Agua, Atmósfera, Flora, Fauna y Estético y de interés humano); las i asignadas fueron baja (3), media (6) y alta (9); lo cual representa afectaciones altas según lo indicado en la Tabla 2 de (Gómez Espinoza et al., 2020). Los valores correspondientes a la i (1 a 6) se asignaron con base a la influencia territorial y la duración de las actividades sobre los Factores analizados; estas se ponderaron en el rango Local como máximo, ya que únicamente se evaluó la operación de la ET y no el ciclo de vida de los residuos (Dupin Fonseca, Marlene,

Pérez Martín et al., 2018; Gómez Espinoza et al., 2020; López Gasca, 2020; Mendoza Delgado, 2017).

En vista de que el proceso de la evaluación mediante la matriz de Leopold es amplio, en este trabajo únicamente se describe la valoración del Factor Suelo, en algunas interacciones para el Atributo denominado Cambio de uso de suelo.

Tabla 3.1 Matriz de Leopold para la pre-evaluación de IA de la ET de Tianguistenco

4.0

Con base en la Tabla 3.1, se observó que la ET de Tianguistenco, presentó un Impacto (IM) Moderado (4.0), debido a que carece de infraestructura adecuada para el acopio, retención, compactación y transferencia de los residuos; los factores que presentaron mayor afectación en la evaluación fueron: el suelo, en su atributo de calidad; el agua, en los tres atributos analizados, calidad, escurrimientos superficiales y agua subterránea; la atmósfera, por la emisión de material particulado y gases; la flora, en cuanto a productos agrícolas, en este caso maíz; la fauna, debido a la migración, ahuyentamiento y envenenamiento de especies nativas y el factor estético y de interés humano, en referencia a la salud poblacional; así mismo, las actividades que denotaron mayor afectación sobre los factores y atributos ambientales fueron el transporte y descarga, el acopio y retención de RSU, RME y RP, así como el nulo manejo de lixiviados y biogás.

El IM que se obtuvo de la Tabla 3.1, fue resultado de analizar las interacciones causa-efecto tanto de las actividades realizadas en la ET como por la falta de infraestructura adecuada para su operación, sobre los factores y atributos ambientales analizados; a continuación, se presenta la Tabla 3.2, y se describe el análisis que se realizó para determinar algunos de los impactos que reflejaron mayor Índice Global de Impacto Ambiental (IGIA).

Tabla 3.2 Interacciones causa – efecto para la ET de Tianguistenco

Magnitud	Importancia	FUNCIONAMIENTO DEL SITIO DE DISPOSICIÓN FINAL							AFECTACIONES			
Valor superior. Intensidad del impacto que se puede ocasionar, precedido de un signo (+) o (-) según el impacto sea benéfico o adverso al factor ambiental analizado. Mínimo 1 Máximo 10	Valor inferior. Importancia que tiene el impacto sobre el factor ambiental analizado. Mínimo 1 Máximo 10	a) Transporte y descarga	b) Acopio y retención de RSU y RME	c) Acopio y retención de RP	d) Compactación y transferencia	e) Manejo de lixiviados	f) Manejo de biogás	g) Contratación de maquinaria, personal y servicios	Sumatoria	Índice Global de Impacto Ambiental (IGIA)	Calificación de la Importancia del Impacto (IM)	
FACTORES	ATRIBUTO											
SUELO	Cambio de uso de suelo	-6 3	-9 5	-6 6	-3 1	-6 5	-3 5		-33 25	-147	4.9	Moderado
AGUA	Calidad del agua	-6 6	-6 6	-6 6	-3 3	-9 6			-24 21	-135	5.8	Severo
	Escurremientos	-6 5	-6 5	-6 5	-3 5	-6 6			-21 21	-111	5.3	Severo
	Subterránea	-6 6	-6 6	-6 6	-3 3	-9 6			-24 21	-135	5.8	Severo
ATMÓSFERA	Material particulado	-6 4	-6 4	-6 4	-6 4	-6 4	-3 4	-1 4	-34 28	-136	4.4	Moderado
	Cases	-6 4	-6 4	-6 4	-3 4	-6 4	-3 4		-30 24	-120	4.5	Moderado
FLORA	Productos agrícolas (maíz)	-6 5	-6 5	-6 5	-6 5	-6 5	-6 4		-22 19	-104	5.1	Severo
FAUNA	Especies nativas	-6 6	-6 6	-6 6	-6 5	-9 6	-3 5	-3 2	-39 36	-213	5.5	Severo
EST. Y DE INT. HUMANO	Salud poblacional	-6 5	-6 3	-3 3	-3 6	-9 6	-6 5		-33 28	-159	5.1	Severo

Para una mejor visualización de la tabla de las interacciones causa-efecto se puede consultar el Anexo B.

Para el atributo de cambio de uso de suelo, las magnitudes asignadas tienen valores negativos; es decir, perjudiciales para el medio ambiente (Dupin Fonseca, Marlene, Pérez Martín et al., 2018; León Peláez, 2004), cuyos valores van de -3 a -9; para las importancias, se consideraron valores de 1 a 6.

Para la interacción de cambio de uso de suelo vs transporte y descarga, se consideró una magnitud de -6, debido a que se presentó una intensidad media del transporte y descarga, ya que no es una actividad que se esté desarrollando en la ET permanentemente; la afectación es alta ya que, en primer lugar, para crear el acceso a la ET, se tuvo que cortar un cerro que originalmente se consideraba como tierra de cultivo, y el actual uso es como paso de los camiones recolectores, lo cual puede ocasionar erosión del suelo, infiltración de los lixiviados derramados y arrastre de material particulado hacia las tierras de cultivo de los alrededores; a la

importancia, se le asignó un valor de 3, debido a que la influencia es puntual ya que se realizó el cambio de uso de suelo de tierras de cultivo a una ET, y la duración se consideró permanente porque la ET permanecerá allí siempre; aun cuando se clausure su servicio, la afectación permanecerá, pues la ET no está diseñada adecuadamente, y se presentan daños al medio ambiente por la falta de infraestructura.

Para la interacción calidad del agua vs manejo de lixiviados, se asignó una magnitud de -9, ya que se consideró una intensidad alta porque la ET no cuenta con techumbre que la proteja de la lluvia, lo cual resulta en mayor producción de lixiviados al combinarse el agua de lluvia con los líquidos producidos de la degradación de la materia, a su vez, se presenta infiltración en el suelo debido a que la ET no cuenta con una barrera física que impida el contacto de los RSU, RME y RP con el suelo; la importancia reflejó un valor de 6, ya que la influencia se consideró local debido al movimiento del agua subterránea y duración permanente, ya que si se contamina el agua subterránea, puede causar problemas a la salud de los habitantes de la zona e incluso a los de otros municipios, ya que el agua subterránea es la que se emplea para consumo humano; probablemente, aún existan pozos artesianos que la población utilice para abastecerse de agua.

A la interacción gases vs acopio y retención de RSU y RME, se le asignó una magnitud -6 y una importancia de 4, debido a que se producen gases durante la degradación de la materia, y por las combustiones incompletas de las maquinas que se emplean para la descarga, compactación y transferencia de los RSU, lo cual se traduce en afectaciones al medio ambiente por material particulado, arrastre por movimiento de los vientos y precipitación de compuestos tóxicos en forma de lluvia ácida.

A grandes rasgos, se pretende mostrar que los efectos producidos por cualquier actividad realizada en la ET, afectará a todos los factores y atributos ambientales analizados.

La degradación acelerada de la materia orgánica ocasionada principalmente por la incidencia de radiación solar, debida a la falta de techumbre, se manifiesta mediante la presencia de olores, emisión de biogás y la formación de compuestos orgánicos volátiles; siendo estos últimos los precursores del ozono troposférico y una amenaza para la salud humana, ya que pueden elevar los riesgos carcinogénicos (Liu & Zheng, 2020), debido al arrastre de estos a través de lluvia.

Por otra parte, la emisión de material particulado y gases, no solamente se producen durante el proceso de degradación de la materia, sino también durante la operación de la ET, ya que se emplean maquinarias que realizan combustiones incompletas y liberan compuestos tóxicos como NO_x y SO_x , los cuales se volatilizan y se arrastran por la movilidad del viento y con las lluvias, son precipitados y se depositan en una superficie terrestre mayor; generándose alteraciones al suelo y a los cuerpos de agua superficiales.

La ET, al no contar con una techumbre que lo proteja de la lluvia, queda susceptible a la formación de un volumen mayor de lixiviados, ya que se combina el agua pluvial con las escorrentías de los RSU, los cuales contienen materia orgánica degradada, material soluble, material particulado y metales pesados provenientes de los residuos tecnológicos (electrodomésticos y las pilas por mencionar algunos), lo cual genera una afectación al sistema suelo-agua ya que los lixiviados sin tratamiento previo escurren aguas abajo y se infiltran, produciendo contaminación en el suelo, las aguas superficiales y subterráneas y pueden llegar a ocasionar problemas de salud humana, a las plantas y a los animales (Sackey et al., 2020; Zou et al., 2019).

Otro de los factores considerables para la EIA en una ET, es el factor estético y de interés humano; en este caso, es importante, ya que, en primer lugar, al no contar con una caseta de control y básculas, la ET, puede saturarse y disminuir el espacio libre para maniobras, y exceder la capacidad de carga del suelo (Owusu-Nimo et al., 2019), lo cual puede manifestarse con derrumbes de los taludes y vibraciones, con lo que se pondría en riesgo a las personas que laboran en el sitio y a los habitantes de las poblaciones aledañas.

3.3 Caracterización de RSU, lixiviados, suelo y agua

El proyecto se enfocó en determinar el IA en la ET de Tianguistenco, Estado de México; originalmente, se consideraba evaluar el impacto durante un año continuo mediante monitoreo periódico; sin embargo, los análisis se realizaron solamente durante los dos primeros meses del año 2020 debido a la contingencia sanitaria causada por el virus SARS-CoV-2.

3.3.1 Análisis *in situ*

Se realizaron análisis *in situ* a muestras de RSU, lixiviados, suelo y agua; los resultados obtenidos se describen a continuación.

a) RSU

La composición de los RSU que se encontraban acopiados en la ET se conformó como se indica en la Tabla 3.3.

Tabla 3.3 Caracterización de RSU: Subproductos de la ET de Tianguistenco

No.	Residuo	Peso (kg)	% Peso
1	Orgánicos	25.00	43.40
2	Plástico de alta densidad	11.57	20.10
3	Papel y cartón	5.42	9.41
4	Papel higiénico	5.37	9.33
5	Plástico de película	4.88	8.48
6	Vidrio	1.52	2.63
7	Tetrapack	0.83	1.44
8	PET	0.59	1.02
9	Material ferroso	0.55	0.96
10	Unicel	0.54	0.94
11	Aluminio	0.54	0.93
12	Tela	0.45	0.78
13	Vasos	0.17	0.30
14	Envolturas	0.16	0.28
	Total	57.57	100.00

De la Tabla 3.3 pudo observarse que la mayor proporción de RSU, se atribuye a residuos orgánicos, lo cual representa el 43 % del total de la muestra analizada; en comparación con el año 2016, donde la composición de RSU por residuos orgánicos alcanzaba el 69 % presentó un decremento, lo cual es indicativo que debido a la urbanización del municipio se generó una mayor proporción de residuos inorgánicos 57 % en 2020 contra 31 % en 2016 (Tianguistenco, 2020).

Por un lado, la disminución de materia orgánica en los RSU reducirá la degradación de la misma y por lo tanto, disminuirá la generación de lixiviados y biogás; sin embargo, la presencia de residuos inorgánicos podrá aportar componentes más tóxicos que podrían ser transportados de la ET a los alrededores de la misma por arrastre o por viento.

La Tabla 3.3 permitió conocer la composición de los RSU, de los cuales, las mayores proporciones están en residuos de plástico de alta densidad en un 20 % proveniente principalmente de productos envasados en plástico opaco; papel y cartón 9.41 %, posiblemente proveniente de la actividad comercial que se desarrolla en el municipio y, finalmente plástico de película con 8.48 %, los cuales se consideran como residuos susceptibles de revalorización.

En el sitio, también fue posible percibir la presencia del olor característico a putrefacción y lixiviado, resultado de la degradación de la materia orgánica que inicia desde las primeras etapas del ciclo de vida de los RSU; es decir, desde la recolección, transporte y descarga. Esto puede deberse a que la población dispone RSU que contienen materia orgánica degradada; una vez colocado en el camión recolector, éste propicia las condiciones anaerobias necesarias para acelerar la degradación de la materia orgánica (temperatura y humedad) (INECC & SEMARNAT, 2007).

b) Lixiviados

La caracterización *in situ* para las muestras de lixiviado incluye la determinación de pH, temperatura y conductividad eléctrica. En la Tabla 3.4, se muestran los resultados obtenidos para las muestras de lixiviado, las cuales fueron tomadas en la parte interior y exterior al corte del talud de la celda de la ET.

Tabla 3.4 Resultado de los parámetros medidos in situ para muestras de lixiviado

Corte del talud	pH	T (°C)	Conductividad (mS)
Interior	8.47 ± 0.02	19.3 ± 1.4	1.2 ± 0.3
Exterior	7.99 ± 0.02	19.1 ± 0.2	0.9 ± 0

De los parámetros organolépticos se observó que para ambas muestras el color fue oscuro cercano al negro y con presencia de sólidos en suspensión.

Considerando el pH, se puede asumir que el lixiviado que se encontró en la parte interior al corte del talud de la celda de la ET, corresponde a un lixiviado maduro y el del exterior, corresponde a un lixiviado de joven a maduro (Torres Lozada et al., 2014).

Comparando el pH de los lixiviados al interior y al exterior de la celda de la ET, se puede observar que se presenta un pH básico; sin embargo, en el exterior de la celda tiende a disminuir hacia el pH neutro, lo cual puede atribuirse a un proceso de neutralización al combinarse o diluirse con otros compuestos tales como agua de lluvia y componentes presentes en el suelo.

Un lixiviado maduro es característico de una zona de contención y recirculación de éstos, como en el caso de los rellenos sanitarios, en donde la concentración de contaminantes se va elevando con el paso del tiempo.

Por otra parte, la presencia de lixiviados catalogados de jóvenes a maduros en la parte externa al corte del talud de la celda de la ET, es indicio de que existe una conductividad hidráulica que permite la movilidad de contaminantes por arrastre líquido a través del suelo.

El análisis de la conductividad eléctrica en las muestras de lixiviado colectadas en la celda de la ET de Tianguistenco, Estado de México mostró valores elevados (cerca de 1.0 mS), lo cual está relacionado con la presencia de iones y de la capacidad amortiguadora del lixiviado, considerando los resultados mostrados en la Tabla 3.4, se puede asumir una alta concentración de sales que pueden incluir metales pesados en forma de precipitado (Márquez et al., 2016).

c) Suelo

Mediante el análisis sensorial *in situ* del suelo de la ET de Tianguistenco se obtuvieron los resultados mostrados en la Tabla 3.5, en ellas se presentan las características del suelo natural, el suelo combinado con lixiviado en el área de acopio y recolección de RSU y el suelo combinado con lixiviado en la base del talud de la celda de la ET.

Tabla 3.5. Características determinadas *in situ* de las muestras de suelo de la ET de Tianguistenco

Característica	Suelo Natural	Suelo combinado con lixiviado (Área de acopio y recolección de RSU)	Suelo combinado con lixiviado (Base del talud de la celda de la ET)
Color	Pardo-amarillo	Negro (Estado húmedo) Grisáceo (Estado seco)	Negro (Estado húmedo) Grisáceo (Estado seco)
Olor	Característico de suelo (Aroma a geosmina: Tierra y petricor: Tierra Mojada) (Villa, 2019)	Lixiviado (Estado húmedo) Inoloro (Estado seco)	Lixiviado (Estado húmedo) Inoloro (Estado seco)
Textura Superficial	Lisa	Rugosa	Pastosa y áspera

RESULTADOS

De acuerdo con lo indicado en la M·MMP·1·02/03, el color pardo-amarillo (colores claros) del suelo natural se atribuye principalmente a suelos ácidos compuestos por sílices y los suelos oscuros como en el caso del suelo combinado con lixiviado y en la base de la celda de la ET denotan la presencia de materia orgánica o de naturaleza básica (SCT, 2003).

En la Tabla 3.5 se menciona que el suelo tiene el olor característico de petricor, lo cual es generado por zonas áridas o secas, en donde se desarrolla la bacteria *Streptomyces* (Dhrubo, 2016); la ausencia de dicho olor y la presencia de otros, como en el caso de olor a lixiviado en el suelo denota la actividad microbiana en el mismo, la cual puede ser transportada por el arrastre líquido de lluvia o lixiviado.

d) Agua

Para el análisis de muestras de agua, se localizaron zonas aguas abajo de la ET, principalmente besanas en dirección al cuerpo de agua cercano; durante el muestreo de agua, se observó la presencia de lenteja y jacinto de agua; que son macrofitas características de aguas con alta carga orgánica (Saavedra Castillo, 2017).

En la Tabla 3.6 se muestran las características organolépticas de las muestras de agua recolectadas en besanas aguas abajo de la ET.

Tabla 3.6 Características organolépticas del agua muestreada

Parámetro	Característica
Color	Transparente con un poco de turbiedad
Olor	Inoloro
Temperatura	5°C

A pesar que la apariencia del agua muestreada reportada en la Tabla 3.6 fue transparente, no es indicativo de una calidad de agua aceptable, ya que se requieren caracterizaciones físicoquímicas que se presentarán en el siguiente apartado.

3.3.2 Análisis Físico – Químico en laboratorio de lixiviados, suelo y agua

A continuación, se presentan los resultados de los análisis por métodos instrumentales y físico-químicos realizados a las muestras de lixiviados, suelo y agua de la ET de Tinguistenco.

a) Lixiviados

a.1) NTK

Como se mencionó anteriormente, se analizaron dos muestras de lixiviado, una interior al talud de corte de la ET y la otra exterior al mismo, los resultados obtenidos de este análisis, se presentan en la Tabla 3.7.

Tabla 3.7 Análisis de NTK para lixiviado de la ET de Tinguistenco

Corte del talud	NTK (mg/L)
Interior	12.98*
Exterior	19.62*

De acuerdo con lo indicado por (Torres Lozada et al., 2014), el lixiviado de la ET de Tinguistenco, corresponde a una edad madura.

RESULTADOS

Por otra parte, comparando la concentración del NTK del lixiviado obtenida en laboratorio y la NOM-001-SEMARNAT-1996, se observó que el promedio mensual para NTK en descargas en ríos, estuarios y vida acuática (15 mg/L) es superada en la muestra obtenida al exterior del corte del talud de la celda de la ET (DOF, 1996).

Debido a las escorrentías propias de la zona de la ET, los lixiviados pueden ser arrastrados hacia las zonas bajas aledañas conformadas principalmente por áreas de cultivo y bananeras en dirección al cuerpo de agua.

Las plantas son capaces de absorber del suelo del 40 al 50% del N contenido en forma de Nitritos debido a que se trata de un micronutriente requerido por dichos organismos vegetales, permitiendo a las plantas la formación de proteínas y aminoácidos necesarios para su desarrollo y crecimiento (Vega Contreras, 2015); sin embargo, el Nitrógeno Amónico no es absorbido en la misma proporción, ya que es altamente volátil y puede ser retenido en el suelo mediante un complejo arcilloso húmico (Andrades & Martinez, 2014).

a.2) DQO

El resultado obtenido del análisis de DQO en las muestras de lixiviado al interior y exterior del talud de corte de la ET, se muestran en la Tabla 3.8.

Tabla 3.8 Resultados de DQO de las muestras recolectadas

Corte del talud	DQO (mg/L)
Interior	1321.01 ± 4.51
Exterior	1154.98 ± 11.93

El lixiviado de la ET de Tianguistenco, corresponde a una edad madura, de acuerdo con Torres Lozada (2014).

Para ambas concentraciones de DQO (al interior y exterior del talud de la ET), se pudo observar que se rebasa el límite de descarga permisible de aguas residuales en ríos y arroyos promedio mensual del PROY-NOM-001-SEMARNAT-2017, que asciende a 150 mg/L. (DOF, 2017), para este análisis, el parámetro DQO es un indicador de la presencia de sustancias disueltas provenientes de los residuos sólidos.

El grado de impacto de la DQO depende de la cantidad y composición de sustancias químicamente oxidables presentes en la muestra tales como; compuestos aromáticos, aminas, halogenados (todos ellos tóxicos, carcinógenos y mutagénicos) (Kapelewska et al., 2019; Yang et al., 2017).

a.3) DBO₅

Los resultados del análisis de la DBO₅ a las muestras de lixiviado de la ET de Tianguistenco, se reflejan en la Tabla 3.99.

Tabla 3.9 Análisis de DBO₅ para lixiviado de la ET de Tianguistenco

Corte del talud	DBO ₅ (mg/L)
Interior	377.80 ± 7.56
Exterior	347.00 ± 6.94

De la misma manera, se comparó el resultado de la concentración obtenida de DBO₅ con la clasificación de edad de los lixiviados establecida por (Torres Lozada et al.,

2014), y se asume que los lixiviados de la ET, se encuentran en la transición de lixiviado intermedio a maduro.

De la carga orgánica contenida en el lixiviado, una pequeña parte considerada biodegradable se identifica con la DBO₅ (DOF, 2001; Winter, 1971).

En comparación con la DQO, la DBO₅ representó alrededor del 30% de esta y, los resultados obtenidos de la DBO₅, se encontraron por encima del límite permisible promedio mensual para descargas en ríos y arroyos (30 mg/L) según lo indicado en la NOM-001-SEMARNAT-1996 (DOF, 1996).

El exceso de nutrientes originaría un incremento de flora invasiva a un punto intensivo, aunado a que las plantas comestibles (en este caso cultivos de maíz aledaños a la ET) absorberían contaminantes inorgánicos y/o tóxicos que se encuentran mezclados con el lixiviado (Cuevas & Walter, 2004).

a.4) ST y SVT

Los resultados obtenidos del análisis de ST y SVT a las muestras de lixiviado de la ET de Tianguistenco, se muestran en la Tabla 3.10.

Tabla 3.10 Análisis de ST Y SVT en muestras de lixiviado de la ET de Tianguistenco

Corte del talud	ST (mg/L)	SVT (mg/L)
Interior	14933.34 ± 1178.51	4416.67 ± 212.13
Exterior	18400 ± 353.55	5170 ± 94.28

De acuerdo con la clasificación de edad de lixiviado reportada por (Torres Lozada et al., 2014), se concluye que el lixiviado que se encuentra en el interior del corte del talud presenta una edad intermedia y, el lixiviado muestreado en la parte exterior corresponde a una edad joven.

Se puede observar que la cantidad de SVT es menor al 50% de los ST, esto indica que gran cantidad de los sólidos fueron calcinados, lo que es indicio de la presencia de compuestos orgánicos, nitrogenados, halogenados y demás compuestos susceptibles a oxidación. Concordando con (Torres Lozada et al., 2014) en que los elementos que prevalecen a la prueba de SV, regularmente son sales inorgánicas propias del suelo u óxidos metálicos; la determinación de sólidos permite identificar la sección de la DQO que es soluble y que será susceptible de ser infiltrada o arrastrada por la corriente del lixiviado. Los sólidos volátiles son compuestos que, debido a su naturaleza, se desprenderán del lixiviado hacia la atmósfera generando un impacto mayor.

El grado de impacto real del lixiviado podría afectar tanto al suelo, como agua y aire, esto debido a que los sólidos se sedimentarían en la superficie del suelo, posteriormente los escurrimientos pluviales favorecerían la infiltración y arrastre de éstos y finalmente cuando la fase líquida se evapore, se generarán sólidos susceptibles de ser arrastrados por el viento. (de León-Gómez et al., 2015; Kapelewska et al., 2019; Sackey et al., 2020).

a.5) SO_4^-

La Tabla 3.11 muestra los resultados obtenidos del análisis de sulfatos a las muestras de lixiviado de la ET de Tianguistenco.

Tabla 3.11 Análisis de Sulfatos en muestras de lixiviado de la ET de Tianguistenco

Corte del talud	SO ₄ ⁻ (mg/L)
Interior	472.50*
Exterior	434.50*
*Nivel de confianza del 98%	

De acuerdo con Organización Mundial de la Salud (OMS); el límite máximo permisible de SO₄⁻ en agua para consumo humano asciende a 400 mg/L, si bien, no se trata de agua para consumo humano, existe la posibilidad de causar afectaciones por escurrimientos hacia zonas bajas de la ET, que se encuentran conformados principalmente por áreas de cultivo y asentamientos poblacionales, debido a que el sulfato de sodio, y de calcio, combinado con el magnesio y el fósforo son los causantes de la dureza en el agua (Gorchev & Ozolins, 1984).

Altas concentraciones de SO₄⁻ en el lixiviado favorecen la degradación de los residuos bajo un proceso de sulfato/reducción limitando la metanogénesis en la degradación de los mismos, lo cual genera como residuo el Ácido Sulfhídrico o Sulfuro de Hidrógeno (H₂S) y esto explica que la ET tenga un aroma desagradable debido a este tipo de bioreacciones (Espinoza Chávez et al., 2004; Martin & Palazzo, 2009).

La presencia de SO₄⁻ se origina a partir de la degradación de plantas, pero también puede encontrarse en plásticos, yesos, resinas y P.V.C (Espinoza Chávez et al., 2004; Martin & Palazzo, 2009) corroborando la cuantificación de subproductos de los RSU, mostrados en la sección 3.3.1.

a.6) Metales Totales

La Tabla 3.12 muestra los resultados del análisis de metales totales en muestras de lixiviado de la ET de Tianguistenco.

Tabla 3.12 Comparación de resultados y límites permisibles de descarga de metales en aguas de bienes nacionales

Mtra.	Parámetro Analizado	Resultado del Análisis (mg/L)	NOM-001-SEMARNAT-1996			
			Ríos		Embalses	Suelo
			Uso en riego agrícola (mg/L)	Protección de vida acuática (mg/L)	Uso en riego agrícola (mg/L)	Uso en riego agrícola (mg/L)
Interior	As	ND	0.2	0.1	0.2	0.2
	Cd	0.015	0.2	0.1	0.2	0.05
	Cu	0.675	4	4	4	6
	Cr	1.379	1	0.5	1	1
	Ni	0.677	2	2	2	2
	Pb	0.251	0.5	0.2	0.5	5
	Zn	1.267	10	10	10	10
	Al	537.748				
Exterior	As	ND	0.2	0.1	0.2	0.2
	Cd	0.006	0.2	0.1	0.2	0.05
	Cu	0.219	4	4	4	6
	Cr	1.081	1	0.5	1	1
	Ni	0.352	2	2	2	2
	Pb	0.101	0.5	0.2	0.5	5
	Zn	0.871	10	10	10	10
	Al	40.628				

Los resultados mostrados, indican que la presencia de metales únicamente se rebasó en los límites permisibles de descarga a cuerpos de agua de bienes nacionales promedios mensuales en Cromo y Plomo al interior de la celda (en ríos, embalses y suelo); por otra parte, al exterior de la celda de la ET, se rebasó únicamente en Cromo. (DOF, 1996)

Como puede observarse en la Tabla 3.13, la concentración de aluminio es elevada; sin embargo, el aluminio no se encuentra normado, debido a que está presente en la mayoría de las plantas y no hay estudios concluyentes sobre su impacto en el medio ambiente; por otro lado, en el ser humano puede bioacumularse en pulmones, riñones y cerebro en el punto más crítico, dañando el sistema nervioso, debido al consumo de alimentos cultivados en las zonas aledañas (Chen et al., 2000; Gu et al., 2019).

Por otra parte, se corroboró que los residuos se encontraron conformados por materiales como: residuos electrónicos, residuos de construcción, pinturas y vidrios cromados entre otros. Los metales pesados tienen efectos negativos en la salud humana que van desde enfermedades respiratorias hasta carcinogénicas y deficiencias en el sistema nervioso. (SEMARNAT, 2018; Yang et al., 2017).

La presencia de metales pesados en las muestras de lixiviado fue detectada a pesar de que su pH se localizó en el rango alcalino, lo cual favorecería que los metales se encontraran en forma de precipitados insolubles y no en formas solubles, debido a que se analizaron metales totales, no fue posible determinar el estado de oxidación y la cantidad en que se encuentran cada uno de ellos.

Los metales depositados en la superficie del suelo pueden ser erosionados por el aire generando material particulado que puede afectar una mayor superficie a la ET.

b) Suelo

pH y temperatura

Se determinaron en el laboratorio los parámetros de pH y temperatura a las muestras de suelo obtenidas de la ET de Tianguistenco; identificándolas como S-1 a S-4, las que se obtuvieron en el centro del área de acopio y retención de RSU; y

RESULTADOS

las muestras denominadas S-5 y S-6, de la base del talud de corte de la ET, todas ellas, se consideran contaminadas por lixiviado; también se tomaron muestras de suelo natural en zonas bajas de la ET, las cuales se obtuvieron de un talud natural (T60), de suelo superficial a 10 y 20 cm de profundidad respectivamente (SS10 y SS20) y de suelo de canal natural, en profundidades de 20, 40 y 80 cm (SC20, SC20-40 y SC40-80); los resultados de dichas mediciones, se pueden apreciar en la Tabla 3.13.

Tabla 3.13 Mediciones de pH y temperatura en muestras de suelo de la ET de Tianguistenco

Ubicación	ID	h (m)	pH	T (°C)
Centro de acopio y retención de RSU	S-1	0.18	9.49 ± 0.3	23.37 ± 0.12
	S-2	0.36	9.06 ± 0.16	23.2 ± 0.1
	S-3	0.54	8.98 ± 0.14	23.67 ± 0.06
	S-4	0.63	8.55 ± 0.34	22.1 ± 0.17
Base talud de corte	S-5	0.18	8.37 ± 0.17	21.57 ± 0.06
	S-6	0.36	8.34 ± 0.11	21.63 ± 0.15
Talud natural	T60	0.60	8.4 ± 0.22	21.9 ± 0
Suelo superficial	SS10	0.10	8.05 ± 0.16	22.23 ± 0.06
	SS20	0.20	7.86 ± 0.11	21.17 ± 0.23
Suelo de canal	SC20	0.20	7.24 ± 0.03	20.87 ± 0.06
	SC20-40	0.40	7.4 ± 0.06	21.07 ± 0.12
	SC40-80	0.80	7.48 ± 0.01	21.03 ± 0.06

Como puede apreciarse en la Tabla 3.13, el suelo de la superficie de la zona de acopio, retención y compactación de RSU en contacto con lixiviado, presenta un pH de 9.49 ± 0.3 , lo cual permite asumir que el lixiviado que ha sido depositado en la

superficie de esa zona se encuentra en una edad madura, además este pH favorece la precipitación de los metales tal como se mencionó en el apartado anterior (Hernández Berriel et al., 2012; Torres Lozada et al., 2014).

Analizando los resultados del pH mostrados en la Tabla 3.13, se observó que a profundidades mayores, los valores de pH decrecen hasta un pH cercano al pH del suelo natural; sin embargo, el que la tendencia de disminución de pH sea hacia el pH del suelo natural, no asegura que el suelo no se encuentre contaminado, más bien dio un indicio a que el suelo tuviera un comportamiento impermeable o que tuviera una capacidad amortiguadora capaz de neutralizar el pH proveniente de los contaminantes con los que se encontró en contacto (Ramírez et al., 2017; Sánchez Fresco, 2018).

El pH en el rango alcalino que se detectó en el suelo, permite que los metales se precipiten en forma de hidróxidos limitando su movilidad hacia estratos inferiores del suelo y por ende a los mantos acuíferos (Zou et al., 2019).

En el suelo del canal, se observó lo contrario, el pH aumentó a medida que aumentó la profundidad, lo cual puede ser indicio de combinación con otros compuestos fijados previamente solubilizando iones. (de León-Gómez et al., 2015; Sánchez Fresco, 2018).

c) Agua

Las muestras de agua colectadas en la trayectoria de la ET al cuerpo de agua correspondieron a agua de una besana cercana a cultivos de la zona (M1) y, la muestra M2, se obtuvo aguas abajo en una zona natural abierta.

A continuación, se presentan los resultados de los análisis que se realizaron a ambas muestras.

c.1) NTK

En la Tabla 3.14 pueden apreciarse los resultados de NTK realizados a las muestras M1 y M2.

Tabla 3.14 Resultados obtenidos de NTK en las muestras de agua recolectadas

ID	NTK (mg/L)
M1	9.48*
M2	7.67*
*Nivel de confianza del 98%	

Comparado con la norma NOM-001-SEMARNAT-1996 (DOF, 1996), la descarga de Nitrógeno Total para descargas de aguas residuales en aguas de bienes nacionales, es inferior al límite máximo permisible (15 mg/L); sin embargo, en la relación de moléculas de nitrógeno presentes en una corriente de agua de un río, el Nitrógeno Amoniacal (N-NH_3) se encuentra en un intervalo del 23 al 63% (Muñoz-Nava et al., 2013), lo cual indicaría que el Nitrógeno Amoniacal superaría el límite máximo permisible (0.50 mg/L) en agua para consumo humano (DOF, 1994).

Al comparar las muestras M1 y M2, se observó que la concentración de NTK disminuye al acercarse al cuerpo de agua; lo cual puede explicarse mediante la autodepuración de aguas (Tchobanoglous, 2012).

Si bien el nitrógeno es un nutriente esencial para la vida, el exceso de este puede causar eutrofización en los ecosistemas acuáticos, ya que se incrementaría el crecimiento y desarrollo de flora acuática, especialmente algas, lo cual impediría el paso de la luz y no se realizaría de manera adecuada el proceso de fotosíntesis (Vega Contreras, 2015).

c.2) DQO

En la Tabla 3.15 se aprecian los resultados obtenidos del análisis de DQO realizado en laboratorio a muestras de agua encontradas aguas abajo de la ET, en dirección al cuerpo de agua.

Tabla 3.15 Resultados de DQO a muestras de agua recolectadas

ID	DQO (mg/L)
M1	784.67 ± 1.15
M2	95 ± 1.73

El límite máximo permisible para la DQO no se encuentra referenciada en la normatividad mexicana vigente; sin embargo, existe el Proyecto de modificación de la Norma NOM-001-SEMARNAT-1996, en la cual se indica que el límite máximo permisible sugerido para evitar afectaciones a la biodiversidad y los ecosistemas es de 150 mg/L (DOF, 2017).

Al comprar los resultados obtenidos mediante el análisis de DQO, se observó que, en las besanas más cercanas a la ET, se excede el límite máximo permisible de acuerdo con el proyecto de modificación de norma (DOF, 2017).

De la misma manera que en el análisis de NTK, puede observarse que la concentración de DQO disminuye al acercarse al cuerpo de agua, lo cual es atribuido a la autodepuración de cuerpos de agua mencionado con anterioridad (Tchobanoglous, 2012).

c.3) DBO₅

El análisis de la parte biodegradable de la muestra de agua fue cuantificada mediante la DBO₅; dichos resultados se muestran en la Tabla 3.16.

Tabla 3.16 Resultados de DBO₅ a muestras de agua recolectadas

ID	DBO ₅ (mg/L)
M1	44.67*
M2	8.81*
*Nivel de confianza del 98%	

Al comparar los resultados del análisis de DBO₅ realizado en laboratorio con los límites máximos permisibles de la Norma NOM-001-SEMARNAT-1996 (DOF, 1996), se pudo apreciar que la muestra tomada en la besana más cercana a la ET, excedió el límite máximo permisible de descarga en ríos para la protección de vida acuática (30 mg/L); sin embargo, en la muestra de agua cercana al cuerpo de agua, este límite no fue superado.

Al comparar las concentraciones de DBO₅, se observó el mismo comportamiento de disminución de contaminantes al acercarse al cuerpo de agua en referencia.

c.4) ST y SVT

Los resultados del análisis de ST y SVT a las muestras de agua M1 y M2 descritas anteriormente, se presentan en la Tabla 3.17.

Tabla 3.17 Resultados de sólidos de muestras de agua recolectadas

ID	ST (mg/L)	SVT (mg/L)
M1	2866.67*	1466.67*
M2	1483.33*	1100*
*Nivel de confianza del 90%		

Los parámetros que se consideran en la normatividad mexicana para establecer límites máximos permisibles para sólidos en agua son Sólidos Suspendidos Totales (SST) (NOM-001-SEMARNAT-1996) y, Sólidos Disueltos Totales (SDT) (NOM-127-SSA1-1994) (DOF, 1994, 1996); sin embargo, el presente trabajo no cuenta con esos datos debido a la limitación de tiempo ocasionada por la contingencia sanitaria por el virus SARS-COV2, por tal motivo, se comparará de manera directa los ST.

Comparando los valores de ST, se determinó que ambas muestras superaron los límites máximos permisibles (40 mg/L) (NOM-001) y (1000 mg/L) (NOM-127).

La presencia de sólidos en el agua implicaría la disminución del paso de la luz hacia los organismos fotosintéticos reduciendo el oxígeno del ecosistema acuático, lo cual se corroboró en el sitio con la existencia de algas en el cuerpo de agua. (Hoess & Geist, 2021; Tchobanoglous, 2012).

c.5) SO_4^-

En la Tabla 3.18 se muestran los resultados del análisis de SO_4^- realizados en el laboratorio a las muestras de agua denominadas M1 y M2.

Tabla 3.18 Resultados de análisis de sulfatos a muestras de agua recolectadas

ID	SO ₄ ⁻ (mg/L)
M1	33.13
M2	4.18
*Nivel de confianza del 98%	

La Norma NOM-001-SEMARNAT-1996, no establece un límite máximo permisible para Sulfatos; sin embargo, la NOM-127-SSA1-1994 para calidad del agua para consumo humano establece un límite máximo permisible de 400 mg/L, el cual no se excedió en ninguna de las dos muestras (DOF, 1994).

Al igual que el Nitrógeno, el Azufre es un nutriente fundamental para el desarrollo de los procesos metabólicos en organismos biológicos; sin embargo, un exceso de este elemento puede ocasionar alteraciones en el medio ambiente (Tchobanoglous, 2012).

c.6) Metales Totales

Los resultados obtenidos mediante Absorción Atómica para la cuantificación de metales totales en las muestras de agua M1 y M2 se reflejan en la Tabla 3.19.

Tabla 3.19 Resultados de análisis de metales en muestras de agua recolectadas

Mtra.	Parámetro Analizado	Resultado del Análisis (mg/L)	Normatividad NOM-127-SSA1-1994 (mg/L)
M1	As	ND	0.05
	Cd	ND	0.005
	Cu	0.0352	2
	Cr	0.0432	0.05
	Ni	0.0697	
	Pb	ND	0.01
	Zn	0.1803	5
	Al	44.86	0.2
M2	As	ND	0.05
	Cd	ND	0.005
	Cu	0.0195	2
	Cr	0.0092	0.05
	Ni	0.0104	
	Pb	ND	0.01
	Zn	0.0707	5
	Al	0.277	0.2

Los metales en cuerpos de agua representan un gran impacto al medio ambiente debido a su capacidad de bioacumulación, a pesar de ser fundamentales en los procesos metabólicos de organismos biológicos; sin embargo, algunos metales son requeridos de manera limitada tales como As, Cd, Cr y Pb, ya que en exceso pueden ocasionar graves afectaciones al ecosistema acuático al bioacumularse e incluso llegar a afectar niveles superiores de la cadena trófica (Chen et al., 2000; Márquez et al., 2016).

Comparando los resultados del análisis obtenido con la Norma NOM-001-SEMARNAT-1996, los límites máximos permisibles para metales disueltos en agua son para As 0.2 mg/L, Cd 0.2 mg/L, Cu 4.0 mg/L, Cr 0.5 mg/L, Ni 2.0 mg/L, Pb 0.2 mg/L y Zn 10 mg/L (DOF, 1996) no se excedieron en las muestras de agua M1 y M2; el límite máximo permisible para Al, no se encuentra establecido en esta norma; sin embargo, sí se encuentra especificado en la Norma NOM-127-SSA1-1994 que

establece la calidad del agua para consumo humano, en donde se indica que el límite máximo permisible para este elemento es de 0.2 mg/L, valor que fue superado en ambas muestras de agua (M1 y M2).

3.3.3 Mecánica de Suelos

Los resultados correspondientes a los estudios de Mecánica de Suelos se presentan a continuación.

a) Clasificación granulométrica de suelos

Del análisis granulométrico realizado a una muestra de suelo combinado con lixiviado de la ET de Tianguistenco se obtuvieron los resultados que se presentan en la Tabla 3.20 y en la Figura 3.7.

Tabla 3.20. Análisis Granulométrico del suelo combinado con lixiviado de la ET de Tianguistenco

Malla No.	Peso Retenido Parcial (g)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que pasa la malla
2"	230.00	2.01	2.01	97.99
1 1/2"	440.00	3.85	5.86	94.14
1"	580.00	5.08	10.94	89.06
3/4"	410.00	3.59	14.53	85.47
1/2"	700.00	6.13	20.66	79.34
3/8"	430.00	3.77	24.43	75.57
No. 4	980.00	8.58	33.01	66.99

Tabla 3.20. Análisis Granulométrico del suelo combinado con lixiviado ... (Continuación)

No. 10	1438.20	12.59	45.60	54.40
No. 20	1038.87	9.10	54.70	45.30
No. 40	960.84	8.41	63.11	36.89
No. 60	738.99	6.47	69.58	30.42
No. 100	676.26	5.92	75.50	24.50
No. 200	786.42	6.89	82.39	17.61
Pasa No. 200	2010.42	17.61	100.00	0.00
$\Sigma =$	11420.00			

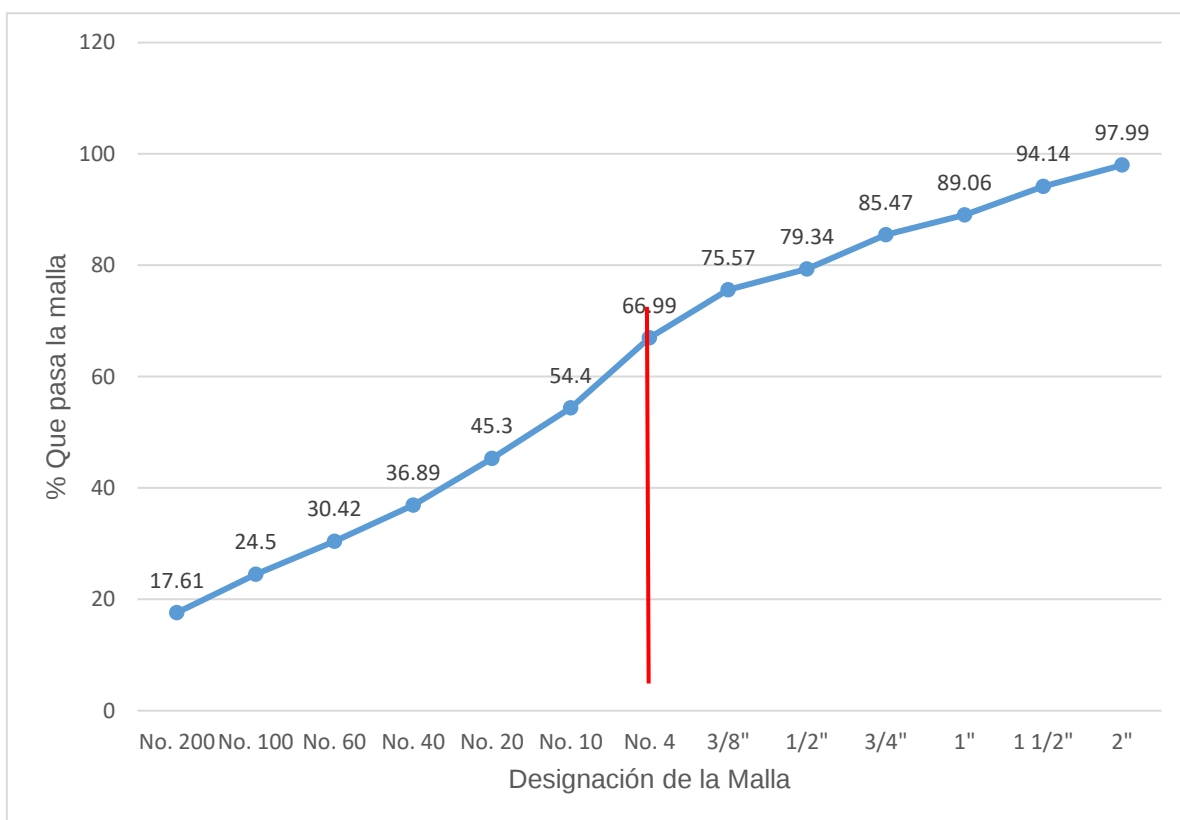


Figura 3.7. Curva Granulométrica de la muestra de suelo combinado con lixiviado de la ET de Tlanguistenco

En la Figura 3.7 se aprecia que la composición granulométrica del suelo tiende hacia la clasificación de suelos finos, ya que más del 50% del peso seco de la muestra pasa la malla No. 4; éstos pueden ser arcillas o limos del alta o baja plasticidad (Crespo Villalaz, 2004; Juárez Badillo & Rico Rodríguez, 2005; SCT, 2003), la determinación exacta del tipo de suelo presente en la ET de Tianguistenco se muestra en el siguiente apartado.

Así mismo de su cribado, se determinaron algunas características del suelo, estos resultados se muestran en la Tabla 3.21.

Tabla 3.21 Características del suelo de la ET de Tianguistenco, obtenidas en laboratorio

Característica	Suelo Natural	Suelo combinado con lixiviado
Forma	Equidimensional	Equidimensional
Aristas	Redondeadas	Subangulosas
Grado de alteración	Sano	Modificado por combinación con lixiviado

De lo anterior se observa que la forma de las partículas granulares es equidimensional tanto para suelo natural como para suelo combinado con lixiviado; sin embargo, las aristas de los gránulos de suelo combinado con lixiviado se presentan subangulosas a diferencia de las aristas del suelo natural que son redondeadas, lo cual puede atribuirse al desgaste de estas por el contacto con los compuestos de los lixiviados.

b) Límites de Atterberg

Para determinar la clasificación exacta del suelo de la ET de Tianguistenco, se realizaron las pruebas correspondientes a los Límites de Atterberg: Límite Líquido, Límite Plástico e Índice Plástico (LL, LP e IP), los resultados se muestran en la Tabla 3.22

Tabla 3.22 Límites de Atterberg de la muestra de suelo de la ET de Tianguistenco

Parámetro	No. del vidrio de reloj	Masa húmeda + vidrio Wm+T (1) (g)	Masa seca + vidrio Wd+T (2) (g)	Masa del vidrio de reloj T (3) (g)	Contenido de agua Ww (4) $4 = 1 - 2$ (g)	Masa de suelo seca Ws (5) $5 = 2 - 3$ (g)	Humedad $W (6) = \frac{4}{5} \times 100$ (%)
LL	17	56.6	45.82	17.18	10.78	28.64	37.64
LP	2	25.8	21.53	8.07	4.27	13.46	31.72
IP							5.92

Los datos obtenidos en la Tabla 3.22 se reflejaron en la Carta de Plasticidad, mediante la intersección del LL e IP, tal como se muestra en la Figura 3.8 (●), con lo cual se determinó el tipo de suelo de la ET de Tianguistenco.

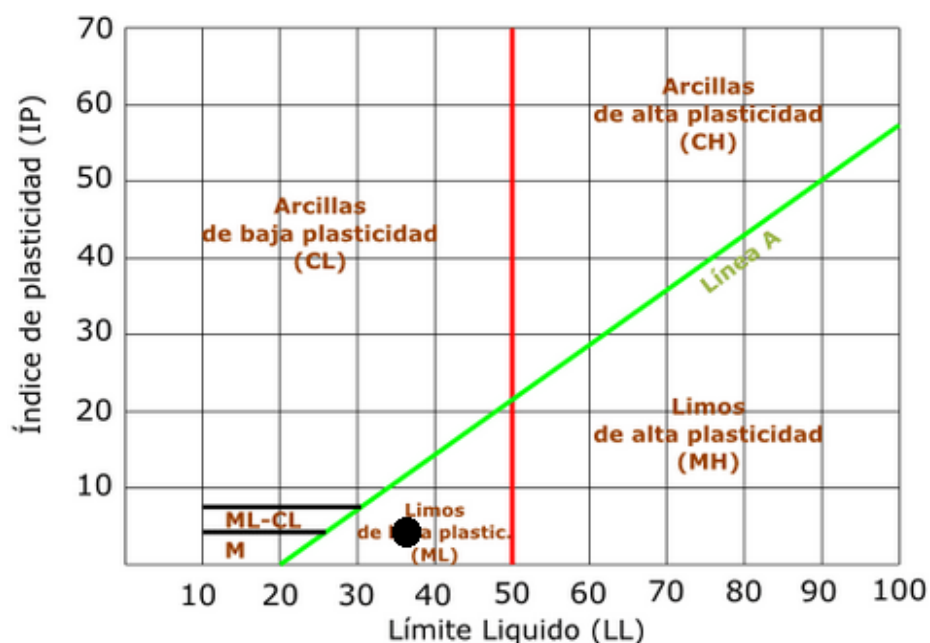


Figura 3.8 Clasificación del suelo de la ET de Tianguistenco mediante Carta de Plasticidad

De acuerdo con los límites mostrados en la Tabla 3.22 y la Figura 3.8, se tiene que el suelo de la ET de Tianguistenco, corresponde a un suelo limoso de baja plasticidad (ML), lo que también representa una baja compresibilidad (Juárez Badillo & Rico Rodríguez, 2005) corroborando la propiedad de impermeabilidad mencionada en secciones anteriores.

Con fundamento en el análisis *in situ*, la composición granulométrica y los Límites de Atterberg, el suelo de la ET de Tianguistenco en la zona de acopio, retención y compactación de RSU corresponde a un suelo limoso de baja plasticidad, cuyo color oscuro corrobora el alto contenido de materia orgánica; la textura pastosa y áspera del suelo que se detectó *in situ* y fue analizada en la sección 3.3.1 indica que se trata de un suelo limoso con alto contenido de materia orgánica, que contrasta con el suelo natural que presenta un color pardo-amarillo característico de suelos ácidos y zonas áridas con poca retención de líquido (Das, 2013; SCT, 2003).

El alto contenido de materia orgánica, podría ser consecuencia del efecto del lixiviado y de la parte orgánica de la composición de los RSU, modificando las propiedades del suelo natural y, la condición de baja permeabilidad podría ser adjudicada al propio funcionamiento de la ET por las maniobras de la maquinaria empleada para la compactación y descarga de los RSU.

3.3.4 Análisis Instrumental

Se realizaron análisis en laboratorio de muestras de suelo del SDF de Xalatlaco y de la ET de Tianguistenco, ambos en el Estado de México.

a) FTIR

Las Figuras 3.9 y 3.10 muestran dos espectros de suelo contaminado del SDF de Xalatlaco, Estado de México; en la Figura 3.9 se presenta el espectro de una muestra de suelo combinada con lixiviado y la Figura 3.10 corresponde al espectro de una muestra de suelo en el área de recolección de llantas.

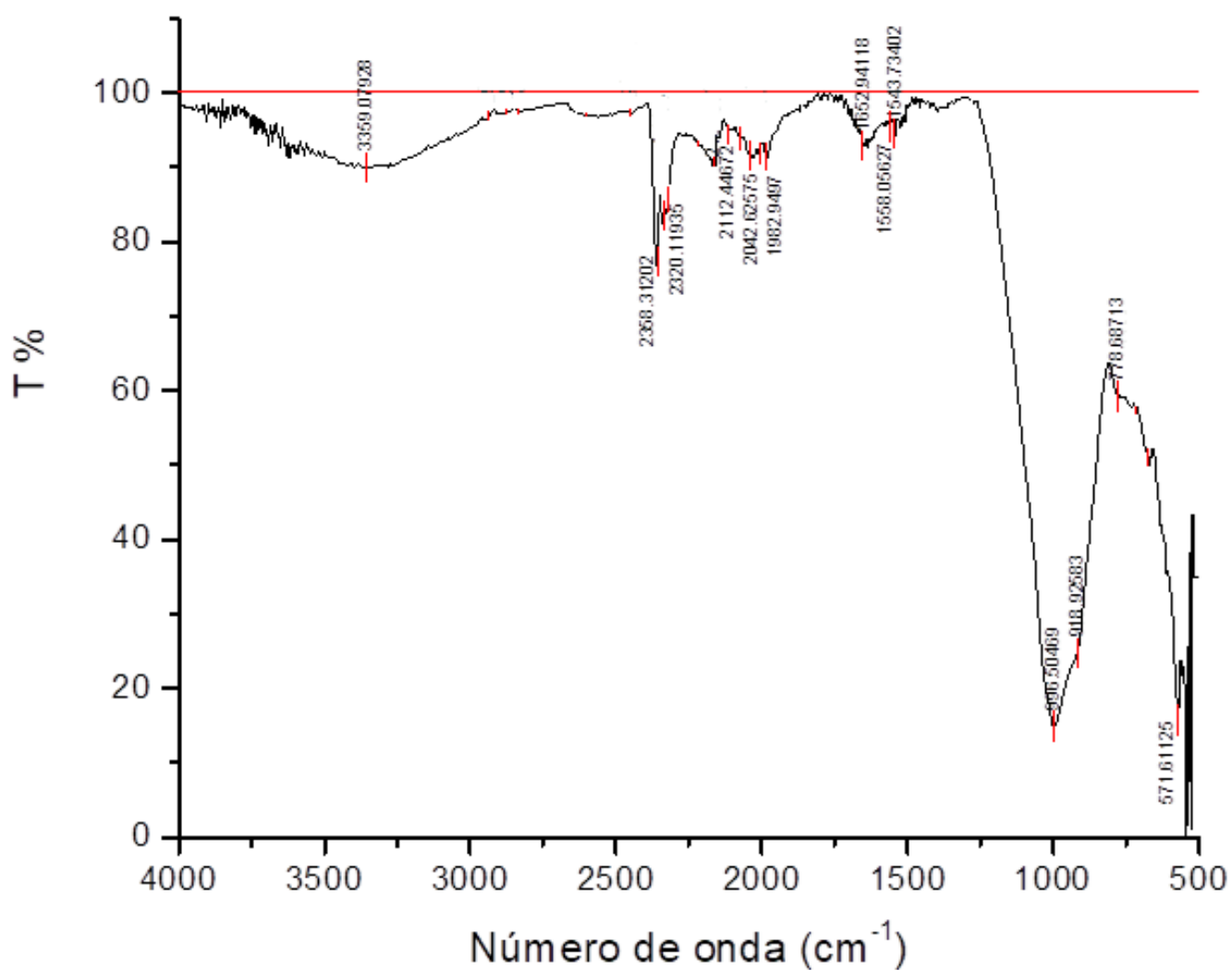


Figura 3.9 Espectroscopia Infrarroja por Transformada de Fourier. M14: Suelo con lixiviado

Las Tablas 3.23 y 3.24, muestran los grupos funcionales que se detectaron en las bandas características que se aprecian en las Figuras 3.9 y 3.10.

Tabla 3.23 Grupos funcionales obtenidos mediante el FTIR de la muestra M14:
Suelo con lixiviado.

N	%T	Grupo Funcional
3359.07	90.03	O-H N-H C-H Alquinos, Amidas
2358.31	77.33	C-O Tensión Fosforo Nitrilo C=N
2320.11	86.05	C-O Nitrilo
2112.44	94.91	C-O Alquinos, Silicio, Isocianato Isocianuro
2042.62	91.55	Hidrocloruro Nitrilo
1982.95	91.45	Hidrocloruro CH ₃ -CL
1652.94	92.83	Alquenos, Aldehídos, Amidas, C-O Tensión C-N C-C, R-N-NO C-N-H C-N-C Aromáticos
1558.05	95.44	N-H C-C R-NO ₂ , Hidrocloruro C-NH
1543.73	94.37	N-H C-C R-NO ₂ , Hidrocloruro C-NH Amina Secundaria
996.50	14.94	C-C Tensión C-O, Fosfato Covalente, Acido Clorhídrico, Sulfuro, Aromático Orto Ester Aromático, Aldehído
918.92	24.70	C-C C-O Sulfuro, Fosfato Covalente, Sulfuro, Aromático Orto Ester Aromático, Aldehído
778.68	59.24	N-H Silicio Amina Primaria, C-H C-O
571.61	15.74	Alquenos, Ester Alifático, Nitratos, Sulfonatos

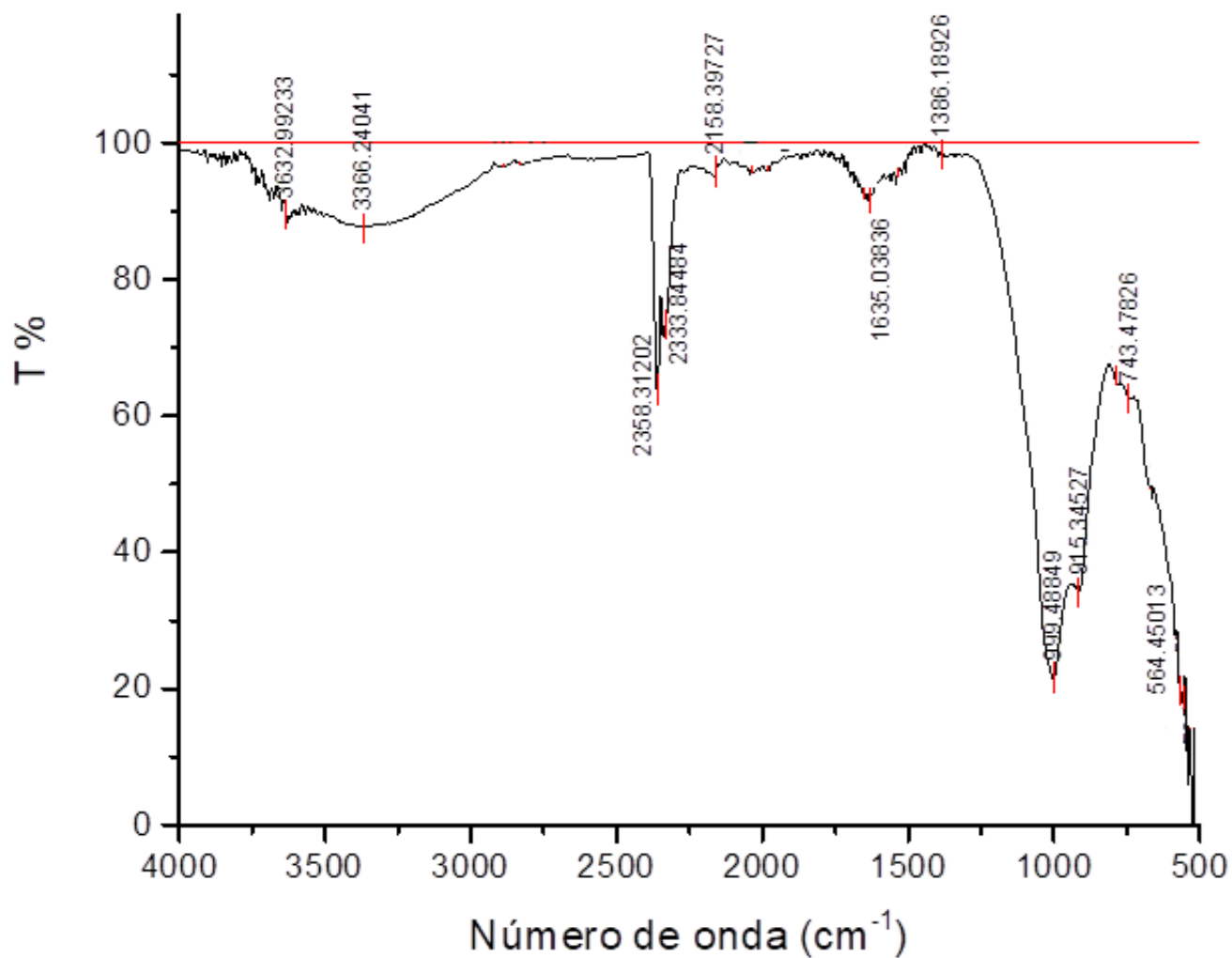


Figura 3.10 Espectroscopia Infrarroja por Transformada de Fourier. M6: Suelo en zona de recolección de llantas.

Tabla 3.24 Grupos funcionales obtenidos mediante el FTIR de la muestra M6: Suelo en zona de recolección de llantas.

N	%T	Grupo Funcional
3632.99	89.45	O-H N-H Tensión Alcoholes
3366.24	87.55	O-H N-H Tensión Acido Sulfónico Aminas Primarias Secundarias Alcoholes Amidas
2358.32	63.90	C-O Nitrilo C=N
2333.84	73.39	C-O Nitrilo C=N
2158.39	95.88	C-O Silicio Isocianuro $C\equiv N$
1635.04	91.98	R-N-NO C-N-C Amina Primaria Aromático
1386.19	98.36	Alcano Alquenos Naftaleno, Doble Aromático Alcohol Acido Ester Aromático
999.49	21.64	CH-CH Etilo CH-CH ₃ Aromático Alcohol Aldehído C-O Fosfato Covalente Ácido Clorhídrico Ester Alifático Ester Aromático
915.35	34.17	Fosfato Covalente Sulfuros
743.48	62.49	-CH ₂ C-C CIS NH R-SO C-NH ₂
564.45	19.61	CH-CH ₂ Vinilo C-CH ₂ C-CH

Debido a la composición del suelo, sus principales componentes son elementos tal como hidróxidos de aluminio y óxidos de silicio, esos grupos funcionales se muestran en bandas de 2100 a 2200 cm^{-1} y en 700 a 800 cm^{-1} , además es evidente la presencia de compuestos aromáticos compuestos de anillos aromáticos y aldehídos, debido a los picos característicos en un rango de 1600 a 2000 cm^{-1} , tanto en compuestos orto como enlazados (Skoog et al., 2001).

En la muestra M6 se detectan esteres alifáticos que no se localizan en la muestra M14, lo cual nos indicaría son efecto de la presencia de polímeros provenientes del petróleo (en este caso llantas), de igual manera la presencia de hidroccloruros es

confirmada en la muestra M6, sin embargo, el ácido sulfónico únicamente se detecta para la muestra M14, que puede ser característico de los suelos con lixiviado.

Es de vital importancia analizar un suelo de la zona, libre de contaminantes para correrlo a manera de background y detectar las bandas características de los contaminantes que serían los compuestos adicionales presentes en los FTIR (Hernández, 2019).

b) SEM

A partir del análisis SEM realizado a las muestras de suelo natural y suelo combinado con lixiviado de la ET de Tianguistenco, se obtuvieron algunas micrografías.

En las Figuras 3.11 y 3.12, se presentan las micrografías realizadas a muestras de suelo natural en diferentes zonas y condiciones de análisis.

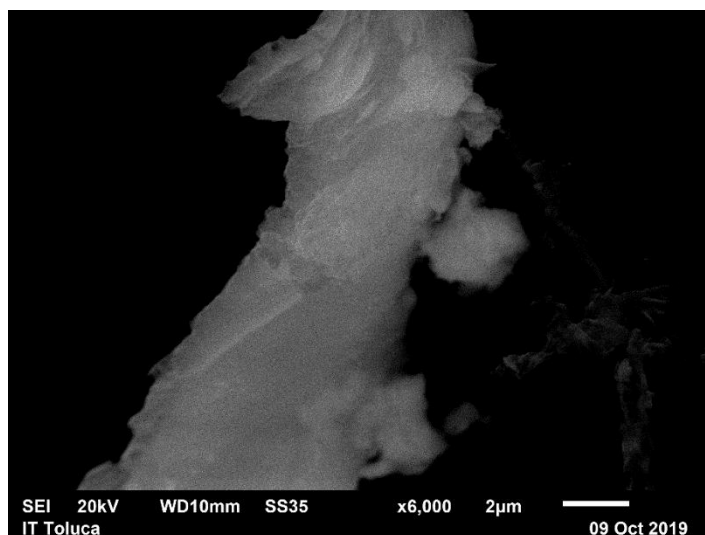


Figura 3.11 Micrografía de suelo natural x6,000, 20 kV, SPOT 35

RESULTADOS

En la Figura 3.11, se observó una zona aparentemente homogénea y lisa, con áreas que denotan un aspecto brillante, que se puede atribuir a la presencia de elementos conductores en la zona analizada, ya sea originada por el baño de oro propio de la preparación de la muestra o algún componente metálico que se pudiera detectar en el análisis de SEM; esta aseveración se podrá reafirmar o descartar con la realización del análisis EDS (Novello, 2019).

En la Figura 3.11 se pueden observar estructuras redondeadas que son características de suelos limosos, lo cual corrobora la clasificación de suelos realizada en la sección anterior (Das, 2013).

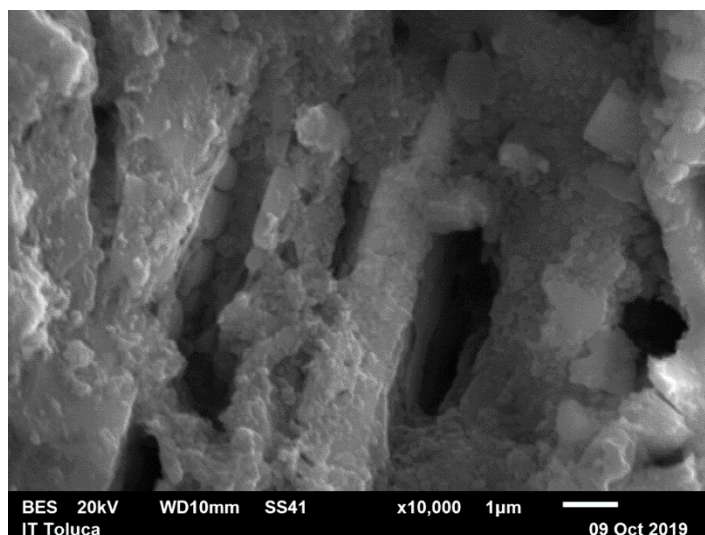


Figura 3.12 Micrografía de suelo natural x10,000, 20 kV, SPOT 41

La Figura 3.12 muestra una zona heterogénea mayormente de estructuras redondeadas que corresponden a suelos limosos; formas alargadas que sugieren la presencia de suelos arcillosos en menor cantidad y estructuras cristalinas (Das, 2013; Sánchez Fresco, 2018), se observó brillo en la muestra, lo que puede deberse

a presencia de elementos conductores o una carga de energía en la imagen (Novello, 2019).

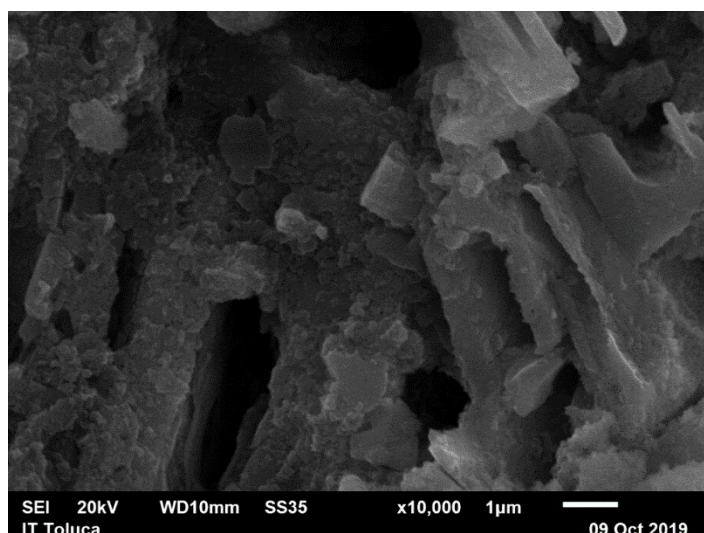


Figura 3.13 Micrografía de suelo natural x10,000, 20 kV, SPOT 35

En la Figura 3.13, se aprecia un acercamiento de la región mostrada en micrografía de la Figura 3.12, disminuyendo el Spot Size, con lo cual, se pudieron apreciar claramente las estructuras cristalinas que se referencian con anterioridad; sin embargo, se siguen presentando en mayor proporción estructuras redondeadas de suelos limosos.

Las Figuras 3.14 y 3.15, muestran las micrografías realizadas a una muestra de suelo contaminado con lixiviado, la cual fue recabada a 0.60 m de profundidad en la zona de acopio, retención y compactación de los RSU.

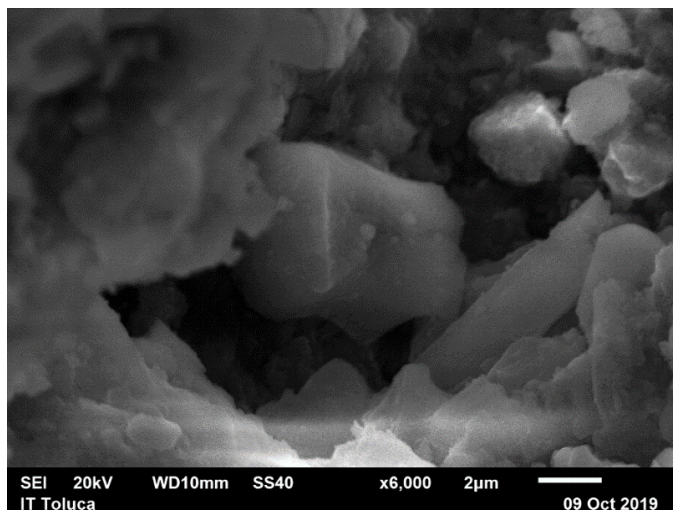


Figura 3.14 Micrografía de suelo contaminado con lixiviado x6,000, 20 kV, SPOT 40

En la micrografía de la Figura 3.14, se apreció la formación de estructuras angulares que pudieran adjudicarse a la contaminación por lixiviado, también, pudo apreciarse una zona heterogénea con algunas oquedades, se presentó brillo, lo cual puede indicar presencia de elementos conductores en la muestra.

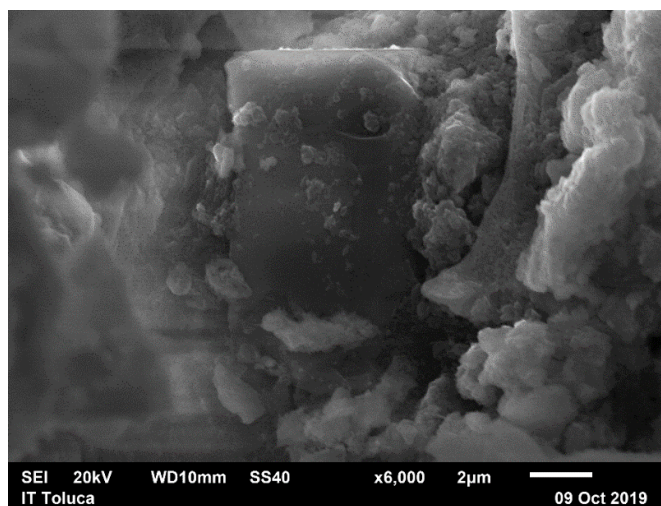


Figura 3.15 Micrografía de suelo contaminado con lixiviado x6,000, 20 kV, SPOT 40

RESULTADOS

La Figura 3.15, reflejó otra zona de la muestra en la que se puede apreciar la formación de estructuras angulares de la misma manera que en la Figura 3.14, lo cual puede adjudicarse a la contaminación por lixiviado, de igual manera, se presentó brillo que pudiera atribuirse a la presencia de elementos conductores en la muestra, lo cual se pudo corroborar por el Análisis de Dispersión de Rayos X (EDS).

En las Figuras 3.14 y 3.15, se pueden apreciar distintas formas geométricas, entre estructuras redondeadas, para suelos limosos; laminares para suelos arcillosos y, estructuras angulares propias de las estructuras de silicio estructura fundamental del suelo (Das, 2013).

c) EDS

Se realizó el análisis semicuantitativo por EDS a las muestras de suelo que fueron analizadas mediante SEM, los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 3.25 y se describen a continuación.

Tabla 3.25 Composición cualitativa EDS para muestras de suelo de la ET de Tianguistenco

Elemento	Suelo natural (%)	Suelo combinado con lixiviado (%)
Carbono (C)	7.01 ± 2.55	29.16 ± 7.79
Oxígeno (O)	57.25 ± 5.45	20.84 ± 0
Sodio (Na)	1.4 ± 0.48	
Aluminio (Al)	9.7 ± 4.21	7.93 ± 0.88
Silicio (Si)	21.83 ± 7.09	24.67 ± 16.04
Potasio (K)	1.22 ± 0.67	
Titanio (Ti)	0.92 ± 0.77	7.88 ± 0

Tabla 3.25. Composición cualitativa EDS para muestras de suelo ... (Continuación)

Hierro (Fe)	3.06 ± 1.15	36.21 ± 16.02
Magnesio (Mg)	0.61 ± 0.01	3.55 ± 0
Calcio (Ca)	0.24 ± 0	26.59 ± 0
Vanadio (V)		7.57 ± 0

De la Tabla 3.25, se pueden observar elementos propios de la composición del suelo, principalmente Si, Al, K, Na y Ca (Juárez Badillo & Rico Rodríguez, 2005).

El Ca que se aprecia en el EDS, puede ser representativo de las estructuras angulares que se detectaron en las micrografías de suelo natural; la presencia de metales como Hierro (Fe) que aumentó hasta 36% en muestras de suelo combinado con lixiviado en comparación con el análisis realizado a muestras de suelo natural, puede ser adjudicado a la contaminación por lixiviado y arrastre de este metal y, la contaminación con Vanadio, puede atribuirse a contaminación por elementos mecánicos tales como piezas de motores, transmisiones, reveladores fotográficos y vidrio transparente entre otros (Zou et al., 2019); además, el Vanadio en la forma oxidada V_2O_5 , es considerado un compuesto tóxico con base en la Norma NOM-052-SEMARNAT-2005 (DOF, 1985c).

d) Metales Totales

Los resultados del análisis de metales totales realizados a las muestras de suelo tanto de suelo natural, como de la ET y aguas abajo a ésta, se reflejan en la Tabla 3.26.

RESULTADOS

Tabla 3.26 Resultados de análisis de metales en muestras de suelo recolectadas

Parámetro Analizado	Muestra			NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004	NOM-052-SEMARNAT-2005		
	Suelo natural	Suelo zona de acopio, retención y transferencia de la ET	Suelo natural cercano al cuerpo de agua	Suelo para uso agrícola, residencial o comercial (mg/kg)	Suelo para uso industrial (mg/kg)	Clasificación de los Residuos Peligrosos (mg/L)	Observaciones
As	ND	ND	ND	22.00	260.00	5.00	
Cd	ND	ND	ND	37.00	450.00	1.00	
Cu	4.53	10.37	9.10				En forma de Cianuro de Cobre (Cu(CN))
Cr	39.19	40.38	40.01	280.00	510.00	5.00	
Ni	24.56	105.42	20.01	1600.00	20000.00		En forma de Níquel Carbonil Ni(CO) ₄ y en forma de Cianuro de Níquel (Ni(CN) ₃)
Pb	1.66	8.51	15.03	400.00	800.00	5.00	
Zn	59.62	70.27	40.42				En forma de Fósforo de Zinc (ZN ₃ P ₂) Tóxico Crónico y en forma de Cianuro de Zinc (Zn(CN) ₂)
Al	84756.70	17162.30	16555.00				En forma de Fosfuro de Aluminio (AlP)

Como puede apreciarse en la Tabla 3.26, los límites máximos permisibles de concentración de metales en suelos para uso agrícola, comercial o residencial y para uso industrial no son superados de acuerdo con lo indicado en la NOM-147-SEMARNAT-SSA1-2004; sin embargo, como se aplicó la metodología de extracción por microondas, se propician las condiciones necesarias para considerar la NOM-052-SEMARNAT-2005, que establece los límites máximos permisibles para los componentes tóxicos en el extracto de Procedimiento de Extracción de Constituyentes Tóxicos (PECT) y, los resultados muestran que dichos límites fueron rebasados (DOF, 1985c, 2016b; EPA, 2018).

La comparación anterior se realizó mediante una conversión de unidades másicas a unidades de volumen considerando la densidad del suelo, como se ejemplifica para el Cromo a continuación:

$$\left(39.19 \frac{mg}{kg}\right) \left(1.30 \frac{kg}{L}\right) = 50.95 \frac{mg}{L}$$

Donde:

39.19 mg/kg es la concentración de Cromo por kg de suelo.

1.30 kg/L es la densidad del suelo considerada para un suelo combinado con lixiviado (Calvo Redruejo, 2013).

Aun cuando la cantidad de metales es baja, en algunos casos, el impacto en el área está presente debido a que estos pueden ser transportados por los lixiviados y como material particulado para impactar al medio ambiente y los seres vivos de los alrededores incluido a las personas que laboran en la ET, además que los metales pueden acumularse a través del tiempo, a pesar que el pH propicie la precipitación de estos (Márquez et al., 2016).

3.4 Proyección a 20 años

Con base en los datos obtenidos de producción diaria de residuos de las fuentes oficiales y considerando que esta es proporcional al crecimiento poblacional, se realizó una proyección con base en un ajuste no lineal de los datos conocidos, asumiendo un comportamiento exponencial; este ajuste se muestra en la Figura 3.16.

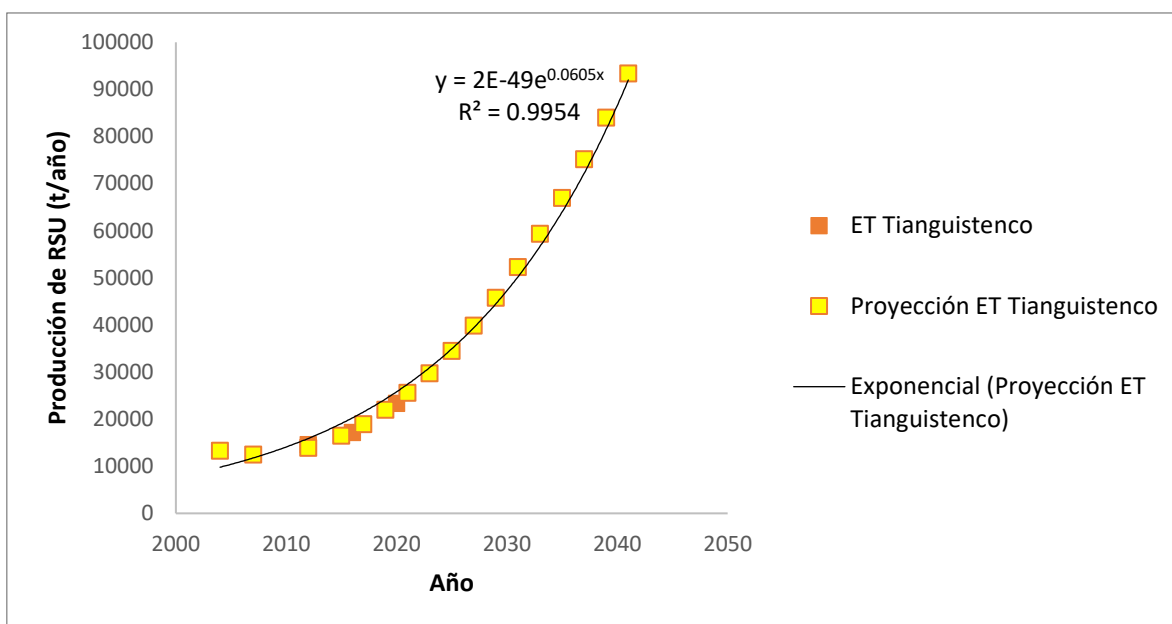


Figura 3.16 Proyección estadística del crecimiento de producción de residuos

Basado en la proyección mostrada en la Figura 3.16 de la producción de residuos, se asume que el nivel de impacto, seguirá en aumento, tanto en la cantidad de residuos, como en la concentración de contaminantes en el lixiviado, los cuales se han dispersado a través del suelo y por escurrimiento, alterando las propiedades del suelo, llegando a afectar las besanas de las zonas de cultivo y probablemente el cuerpo de agua.

3.5 Propuesta de tres barreras físicas

Como se ha observado en la proyección de producción de residuos, la contaminación ambiental irá en aumento, motivo por el cual es necesaria la implementación de alternativas de contención, retención, confinamiento e incluso saneamiento de contaminantes provenientes de los residuos.

A continuación, se presentan y detallan tres propuestas de barreras considerando los requerimientos y características propias de la operación y funcionamiento de la ET de Tinguistenco.

a) Microtúnel

Los objetivos principales del microtúnel para la ET son, en primer lugar la instalación de un sistema de captación y canalización de lixiviados y, segundo el relleno de oquedades con materiales que puedan actuar como barrera química o estabilizadores del suelo (Martínez Hernández, 2017).

Se consideró este método constructivo, debido a que se emplea para diámetros desde 500 mm hasta 2500 o 3000 mm, frecuentemente usado en abastecimiento de agua y saneamiento, con la ventaja de causar menor afectación en la superficie, ya que es un sistema sin zanja, mayor limpieza y producción en la obra, también es un método amigable con el medio ambiente, ya que los ruidos se presentan en menor proporción y los trabajos no dependen de las condiciones climáticas o meteorológicas; sin embargo, pese a las bondades de este sistema constructivo, se tiene la gran desventaja del costo cuando se realizan trabajos a poca profundidad y sin afectación en servicios, así como la necesidad de un estudio detallado de la geología y trazo (García et al., 2021; Martínez Hernández, 2017).

La Figura 3.17, muestra el corte transversal de los trabajos de hincado de tuberías con el método de microtúnel.



Figura 3.17 Proceso constructivo de microtuneleo

Como puede apreciarse en la Figura 3.17, el método constructivo del microtúnel se realiza de manera independiente para cada línea de tubería, con la construcción se las respectivas lumbreras (de ataque y de extracción de escudo) (García et al., 2021; Martínez Hernández, 2017), para el caso de la ET, el método constructivo se vería modificado al emplear tubería perforada que permita la captación a través de un diferencial de presión hidráulica que favorecería que los lixiviados sean canalizados a través de tuberías hacia las cisternas de captación para su posterior disposición o tratamiento; con ello, se limitaría la cantidad de lixiviado infiltrado al subsuelo; los materiales empleados como rellenos para contrarrestar las diferencias de presiones ocasionadas por las oquedades serán materiales arcillosos que actuarían como barrera química y estabilizadora del suelo, esto debido a las propiedades catiónicas de las arcillas que les permite retener metales a través de la formación de complejos.

La separación de los sistemas de captación y canalización del lixiviado se determinará de acuerdo con las propiedades mecánicas e hidráulicas del suelo (de León-Gómez et al., 2015; Ramírez et al., 2017).

Por otro lado, el costo de la implementación del método se verá impactado en gran medida por la dimensión de la superficie a cubrir (en este caso la zona de acopio, retención, compactación y descarga de residuos) y por la profundidad de impacto ambiental por lixiviado infiltrado al subsuelo.

b) Muro Milán

La propuesta se seleccionó debido a que presenta las ventajas de construcción de elementos definitivos a través de elementos prefabricados o colados in situ (Gutiérrez Sotelo, 2010).

Este método constructivo es ampliamente empleado en muros de contención (Manjarrez O., 2010), lo cual da pauta para ser empleado como barrera vertical de retención de contaminación en la ET de Tianguistenco; sin embargo, únicamente se trata de una barrera vertical que impide la expansión horizontal de los contaminantes tanto sólidos como líquidos; esto bajo la consideración de que el suelo pueda limitar la infiltración de lixiviados y que el transporte de contaminantes se realiza en mayor proporción en la superficie.

Aunado a la implementación de la barrera vertical a base de Muro Milán, se puede realizar la colocación de una barrera horizontal a base de geomembrana y/o losa de concreto por debajo del área de acopio, retención, compactación y descarga de residuos.

c) Muro de contención con geomembrana e inyección de concreto fluido en zona de lixiviados

Este tipo de barrera tiene como finalidad la contención tanto horizontal como vertical de la dispersión de la contaminación en un sistema combinado, que consta en primera instancia de la extracción de la fase líquida ocupada por lixiviados acumulados en la celda de la ET; una vez extraídos los lixiviados se procederá a la inyección de concreto fluido para compensar el volumen de vacíos y generar una barrera física horizontal que impida la infiltración de los lixiviados al subsuelo; otra característica de esta barrera sería la implementación de una geomembrana que fungiría como primer filtro en la infiltración de lixiviados.

En la Figura 3.18 se aprecia el funcionamiento del sistema constructivo a base de jet grouting.

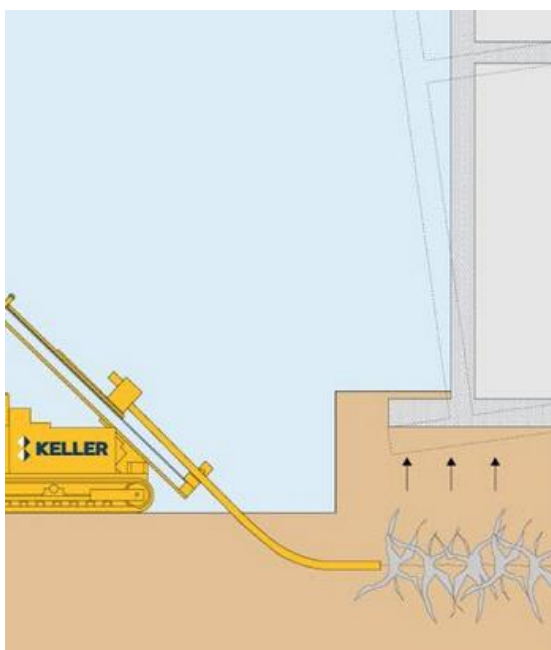


Figura 3.18 Proceso de inyección de concreto para nivelación (Jet-Grouting)

Como puede apreciarse en la Figura 3.18, el objetivo del jet grouting es eliminar el volumen de vacíos con un material fluido de fraguado rápido para disminuir la conductividad hidráulica y la compresibilidad del suelo, para que los asentamientos diferidos sean menores (Han, 2015; Juárez Badillo & Rico Rodríguez, 2005; Wang et al., 2020). (Juárez Badillo Rico, Han, Keller).

Debido a las ventajas sociales, ambientales y constructivas de las tres propuestas mencionadas, se optó por diseñar una barrera compuesta por barrera vertical (muro de contención) y barreras horizontales (geomembrana e inyección de concreto fluido).

3.6 Diseño de Barrera Física

Con base en la selección de las barreras físicas realizada en la sección anterior, se realizó el diseño estructural en hoja de cálculo Excel mediante la metodología AASHTO para muros mecánicamente estabilizados, los cálculos realizados se desglosan en el Anexo C y, los resultados del diseño estructural se muestran en la Figura 3.19 (Sardón Tupayachi, 2013; SCT, 2014).

Cabe hacer mención que los datos empleados en la elaboración del diseño estructural se obtuvieron de fuentes bibliográficas de acuerdo con la clasificación del suelo realizada en las secciones anteriores, ya que no se realizaron en su totalidad los estudios correspondientes a la Mecánica de Suelos.

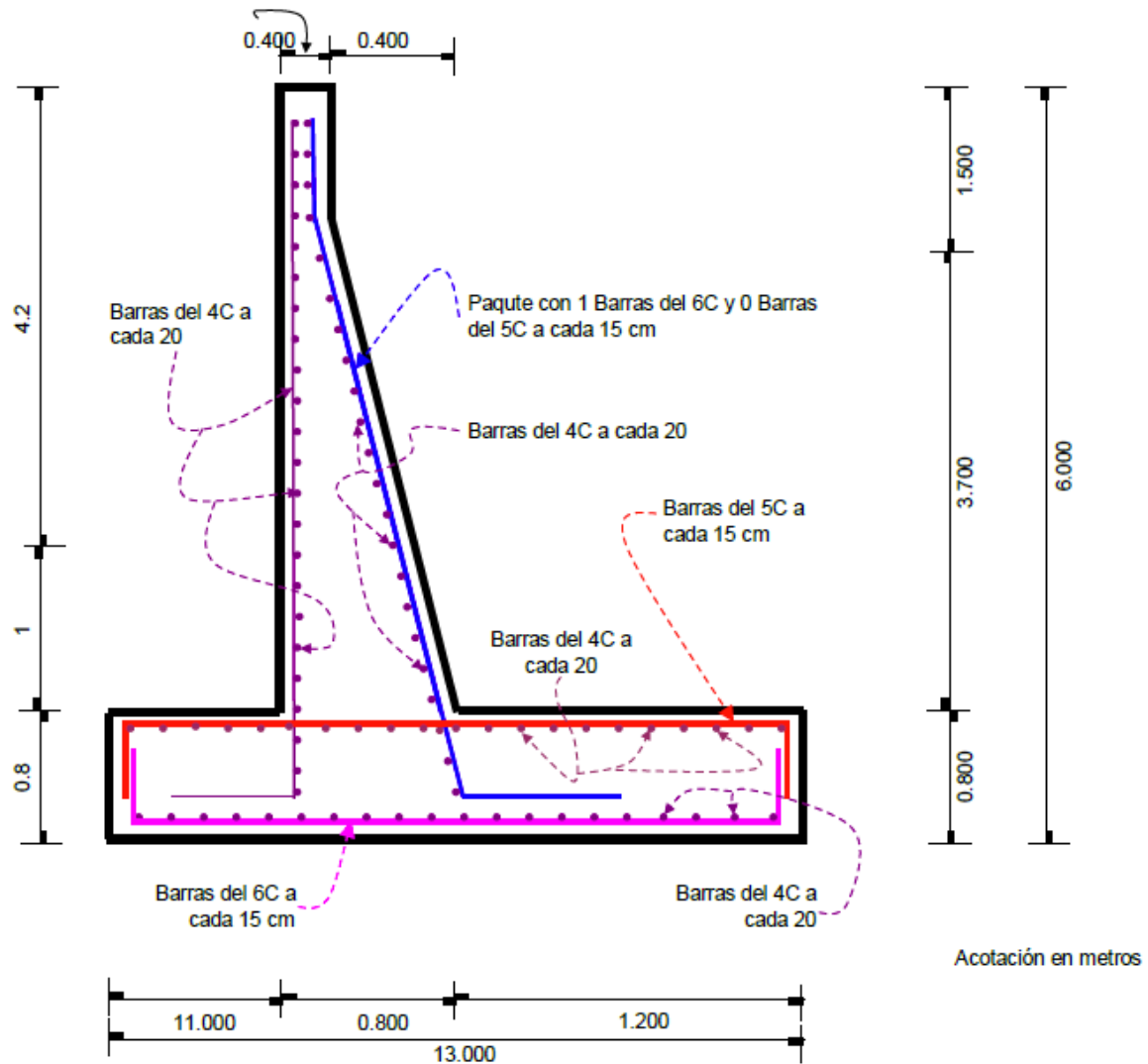


Figura 3.19 Diseño del muro de contención para la ET (Propuesta 1)

El diseño estructural mostrado en la Figura 3.19, consideró las características geotécnicas mostradas en la Tabla 3.27.

Tabla 3.27 Parámetros seleccionados para el diseño de la propuesta 1

Propiedad	Valor			Fuente
Peso volumétrico del concreto reforzado	$\gamma =$	2.40	T/m ³	(González & Robles, 2010; Meli, 2016)
Peso volúmetrico del suelo	$\gamma =$	1.30	T/m ³	(Calvo Redruejo, 2013)
Ángulo de rosamiento del suelo	$\theta =$	33.69	°	(Meli, 2016)
Datos propios del diseño	$f_y =$	4000.00	kg/cm ²	(McCormac, 2002)
	$f'_c =$	250.00	kg/cm ²	(González & Robles, 2010)
	$\Phi =$	0.90	Para flexión	
	$v =$	0.85	Para cortante	
Capacidad de carga del suelo		9.00	T/m ²	(Archenti Zegarra, 2018)
Coeficiente de fricción del suelo empleado		0.35	Para limos	(Meli, 2016)

Como puede observarse, en la Figura 3.19, la estructura que se diseñó considerando datos geotécnicos acordes al suelo limoso y para cubrir las necesidades de la ET de Tianguistenco, alcanzó dimensiones amplias, debido a que el suelo analizado de la superficie presenta una capacidad de carga baja (9 t/m²), lo cual indica que el suelo no tiene capacidad de soportar el esfuerzo cortante de la estructura; según (Terzagui & Peck John, 1996), la capacidad de carga máxima que podría soportar una cimentación depende de la cohesión del terreno, así como el peso específico del terreno (Padilla Velázquez, 2011; Terzagui & Peck John, 1996), motivo por el cual es sumamente importante realizar los estudios correspondientes a Mecánica de Suelos en diferentes estratos para determinar la profundidad que aporte mayor capacidad de carga y poder cimentar la estructura; en esta zona, se

RESULTADOS

asume que el suelo tendría una permeabilidad baja debido a mejoramientos de suelo o bien de manera natural con contenido de finos en el volumen de vacíos.

Asumiendo que la capacidad de carga a una profundidad determinada se incrementara de manera natural o a través de un mejoramiento de suelo hasta un valor de 20 t/m^2 , la estructura se vería modificada en sus dimensiones; es decir, estas disminuirían tal como se muestra en la Figura 3.20.

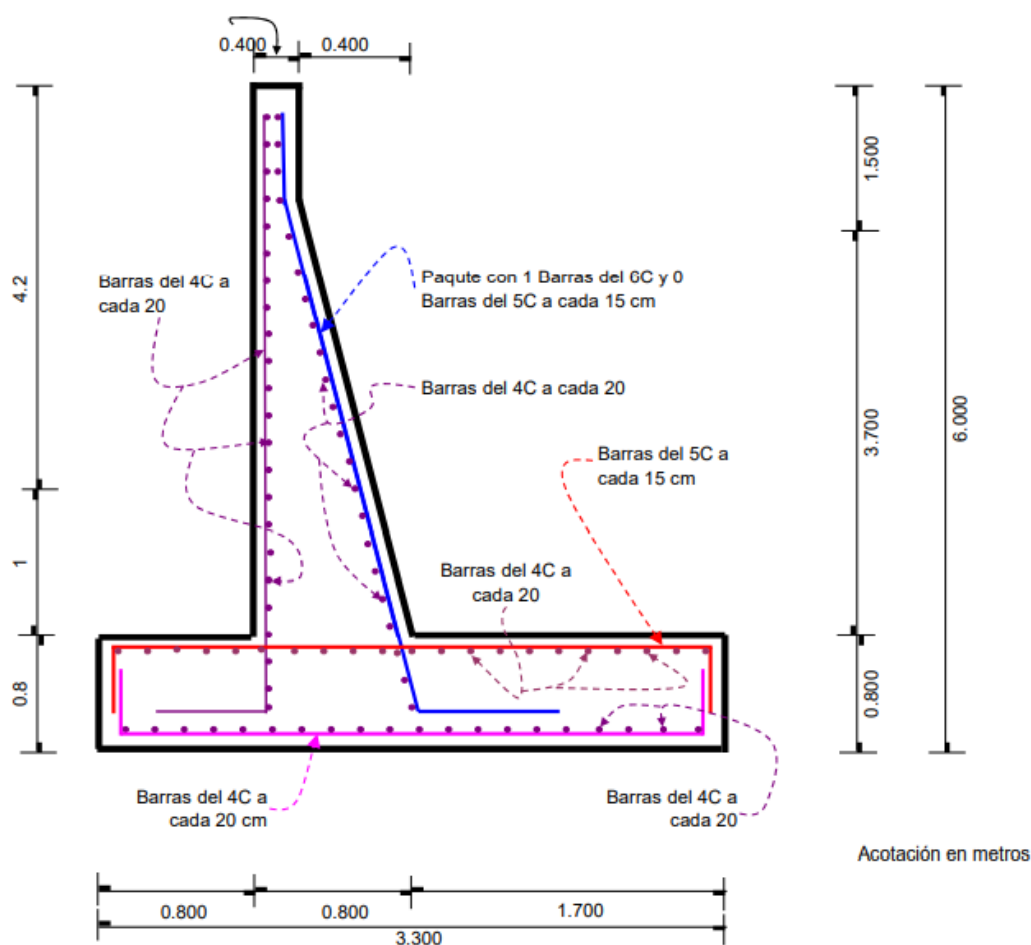


Figura 3.20 Diseño del muro de contención para la ET (Propuesta 2)

La Tabla de Cálculo correspondiente a este diseño se presenta en el Anexo D, empleando las propiedades geotécnicas de la Tabla 3.28.

Tabla 3.28 Parámetros seleccionados para el diseño de la propuesta 2

Propiedad	Valor			Fuente
Peso volumétrico del concreto reforzado	$\gamma =$	2.40	T/m3	(González & Robles, 2010; Meli, 2016)
Peso volúmetrico del suelo	$\gamma =$	1.30	T/m3	(Calvo Redruejo, 2013)
Ángulo de rosamiento del suelo	$\theta =$	33.69	°	(Meli, 2016)
Datos propios del diseño	$f_y =$	4000.00	kg/cm2	(McCormac, 2002)
	$f'_c =$	250.00	kg/cm2	(González & Robles, 2010)
	$\Phi =$	0.90	Para flexión	
	$v =$	0.85	Para cortante	
Capacidad de carga del suelo		20.00	T/m2	(Archenti Zegarra, 2018)
Coeficiente de fricción del suelo empleado		0.55	Para suelos granulares sin limos	(Meli, 2016)

Al comparar las Figuras 3.19 y 3.20, se puede notar que las dimensiones de la estructura disminuyeron conforme se incrementó la capacidad de carga de suelo, principalmente se puede apreciar en la longitud del dentellón (que originalmente fue de 13.00 m y disminuyó 3.30 m), esto debido a que el suelo con capacidad de carga alta aporta un buen soporte para la cimentación de la estructura.

Por otra parte, el que se disminuyan las dimensiones de la estructura propiciará una disminución al importe del presupuesto de obra, tal como se mostrará en el siguiente apartado.

3.7 Elaboración del Presupuesto de Obra

Una vez realizado el diseño de la barrera física seleccionada para la ET de Tianguistenco, se procedió primeramente a elaborar el catálogo de conceptos y los números generadores correspondientes a los trabajos requeridos de acuerdo con la metodología mencionada en el Apartado 2.8. Estos documentos se pueden apreciar en los Anexos E y F.

Posteriormente, se realizó el análisis de precios unitarios mediante el software OPUS 2020.

El presupuesto de obra para la construcción de la barrera física en la ET de Tianguistenco se muestra en el Anexo G y, el desglose del análisis de los precios unitarios que conforman el presupuesto se muestra en el Anexo H (Matrices de Precios Unitarios), Anexo I (Análisis de Costos Indirectos), Anexo J (Cargos por Financiamiento), Anexo K (Cargos por Utilidad) y Anexo L (Cargos Adicionales).

4 CONCLUSIONES

La ET de Tianguistenco se consideró apta para el estudio, ya que el análisis topográfico sugirió que la pendiente gobernadora de los escurrimientos es en dirección sur-norte, es decir hacia el cuerpo de agua cercano.

La pre-evaluación de IA para la ET de Tianguistenco atribuyó afectaciones mayoritariamente al suelo, agua y atmósfera, causadas principalmente por la disposición de RSU y RME, la compactación y cobertura del suelo y el manejo de lixiviados teniendo una valoración de 4.0 de acuerdo con la matriz de Leopold.

Se determinó que la ET se encuentra impactada debido a la presencia de lixiviado maduro dentro de la celda que contiene una alta carga orgánica y metales, aunado al indicio de que ese lixiviado es arrastrado hacia el exterior de la celda, con lo cual se recomienda un medio de contención que disminuya la conductividad hidráulica de los lixiviados.

Puede atribuirse una contaminación del suelo de la ET de Tianguistenco, ya que, con base a los análisis fisicoquímicos e instrumentales, se detectaron diferencias entre el suelo natural y el suelo contaminado con lixiviado.

Se observó la presencia de contaminantes en las besanas de agua en dirección al cuerpo de agua, que aún no impactan, sin embargo, se prevé que en un futuro, la dispersión llegue a ser mayor.

El análisis granulométrico del Sitio de Transferencia de Santiago Tianguistenco, indicó que el suelo es principalmente fino, cuya clasificación corresponde a un limo de baja plasticidad.

CONCLUSIONES

El medio de contención de contaminantes propuesto se realiza por combinación de procesos constructivos, limitando de manera horizontal y vertical la dispersión de contaminantes en la ET de Tianguistenco.

El diseño propuesto se fundamentó en parámetros teóricos, debido a que no se llevó a cabo el análisis de propiedades mecánicas en el sitio para obtener el perfil estratigráfico y la capacidad de carga del suelo.

Se recomienda la realización de estudios de mecánica de suelos para poder diseñar una estructura con finalidad constructiva.

5 FUENTES CONSULTADAS

- Andrades, M., & Martínez, M. E. (2014). *Fertilidad del suelo y parámetros que la definen* (3ra edición). Universidad de la Rioja.
- Archenti Zegarra, J. F. (2018). *Zonificación de la capacidad portante del suelo en la localidad de Lagunas distrito de Lagunas, Alto Amazonas - región de Loreto*. UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN -TARAPOTO.
- Arnal, L., & Betancourt, M. (2007). *Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal*. Trillas, S.A. de C.V.
- Calvo Redruejo, F. (2013). Vertedero de residuos sólidos. In F. Calvo Redruejo (Ed.), *Vertederos*. Ategrus.
- Chaouki, Z., Hadri, M., Nawdali, M., Benzina, M., & Zaitan, H. (2021). Treatment of a landfill leachate from Casablanca city by a coagulation-flocculation and adsorption process using a palm bark powder (PBP). *Scientific African*. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2021.e00721>
- Chen, C., Stemberger, R., Klaue, B., Blum, J., Pickhardt, P., & Folt, C. (2000). Accumulation of Heavy Metals in Food Web Components across a Gradient of Lakes. *Limnology and Oceanography - LIMNOL OCEANOGR*, 45, 1525–1536. <https://doi.org/10.4319/lo.2000.45.7.1525>
- Cotán-Pinto, S. (2007). *Los estudios de Impacto Ambiental: Tipos, Métodos y Tendencias*. <https://www.eoi.es/es/savia/publicaciones/19904/los-estudios-de-impacto-ambiental-tipos-metodos-y-tendencias>
- Crespo Villalaz, C. (2004). *Mecánica de suelos y cimentaciones* (5a ed.). LIMUSA.

FUENTES CONSULTADAS

- Cuevas, G., & Walter, I. (2004). METALES PESADOS EN MAÍZ (*Zea mays* L.) CULTIVADO EN UN SUELO ENMENDADO CON DIFERENTES DOSIS DE COMPOST DE LODO RESIDUAL. *Revista Internacional De Contaminación Ambiental*, 20, 59–68.
- Das, B. M. (2013). *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica* (4a ed.). Cengage Learning.
- de León-Gómez, H., Cruz-Vega, C. R., Dávila-Pórcel, R. A., Velasco-Tapia, F., & Chapa-Guerrero, J. R. (2015). Impacto del lixiviado generado en el relleno sanitario municipal de Linares (Nuevo León) sobre la calidad del agua superficial y subterránea. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*.
- de Solminihaç T., H., & Thenoux, G. Z. (2020). *Procesos y técnicas de construcción* (7th ed.). Ediciones UC. <https://doi.org/10.2307/j.ctv14rmrg4>
- Dhrubo, J. sen. (2016). Moist earth smelling geosmin as a terpene bicyclic alcohol. *World Journal of Pharmaceutical Research*, 5(8), 01–08.
- DOF. (2015a). *Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR)*. Diario Oficial de La Federación.
- DOF, D. O. de la F. (1984). *NMX-AA-025-1984, PROTECCIÓN AL AMBIENTE-CONTAMINACIÓN DEL SUELO-RESIDUOS SÓLIDOS-DETERMINACIÓN DEL pH-MÉTODO POTENCIOMÉTRICO*.
- DOF, D. O. de la F. (1985a). *NMX-AA-015-1985, PROTECCIÓN AL AMBIENTE - CONTAMINACIÓN DEL SUELO - RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES - MUESTREO - MÉTODO DE CUARTEO*.

FUENTES CONSULTADAS

- DOF, D. O. de la F. (1985b). *NMX-AA-022-1985, PROTECCIÓN AL AMBIENTE - CONTAMINACIÓN DEL SUELO - RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES - SELECCIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE SUBPRODUCTOS.*
- DOF, D. O. de la F. (1985c). *NMX-AA-052-1985, PROTECCION AL AMBIENTE- CONTAMINACION DEL SUELO-RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES PREPARACION DE MUESTRAS EN EL LABORATORIO PARA SU ANALISIS.*
- DOF, D. O. de la F. (1994). *NOM-127-SSA1-1994, SALUD AMBIENTAL, AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO-LIMITES PERMISIBLES DE CALIDAD Y TRATAMIENTOS A QUE DEBE SOMETERSE EL AGUA PARA SU POTABILIZACION.*
- DOF, D. O. de la F. (1996). *NOM-001-SEMARNAT-1996, Que establece los límites permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en cuerpos receptores propiedad de la nación.*
- DOF, D. O. de la F. (2001). *NMX-AA-028-SCFI-2001, ANÁLISIS DE AGUA - DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO EN AGUAS NATURALES, RESIDUALES (DBO5) Y RESIDUALES TRATADAS - MÉTODO DE PRUEBA.*
- DOF, D. O. de la F. (2003). *LGPGIR (Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos).* In *Diario Oficial.*
- DOF, D. O. de la F. (2010a). *NMX-AA-026-SCFI-2010, ANÁLISIS DE AGUA - MEDICIÓN DE NITRÓGENO TOTAL KJELDAHL EN AGUAS NATURALES, RESIDUALES Y RESIDUALES TRATADAS - MÉTODO DE PRUEBA.*
- DOF, D. O. de la F. (2010b). *Reglamento de la Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las Mismas.*

FUENTES CONSULTADAS

- DOF, D. O. de la F. (2013). *NMX-AA-007-SCFI-2013 ANÁLISIS DE AGUA-MEDICION DE LA TEMPERATURA EN AGUAS NATURALES, RESIDUALES Y RESIDUALES TRATADAS-METODO DE PRUEBA.*
- DOF, D. O. de la F. (2015b). *NMX-AA-034-SCFI-2015, ANÁLISIS DE AGUA - MEDICIÓN DE SÓLIDOS Y SALES DISUELTAS EN AGUAS NATURALES, RESIDUALES Y RESIDUALES TRATADAS – MÉTODO DE PRUEBA.*
- DOF, D. O. de la F. (2016a). *NMX-AA-008-SCFI-2016, ANÁLISIS DE AGUA-MEDICIÓN DE PH EN AGUAS NATURALES, RESIDUALES Y RESIDUALES TRATADAS - MÉTODO DE PRUEBA.*
- DOF, D. O. de la F. (2016b). *NMX-AA-051-SCFI-2016, "ANÁLISIS DE AGUA-MEDICIÓN DE METALES POR ABSORCIÓN ATÓMICA EN AGUAS NATURALES, POTABLES, RESIDUALES Y RESIDUALES TRATADAS-MÉTODO DE PRUEBA.*
- DOF, D. O. de la F. (2017). *PROY-NOM-001-SEMARNAT-2017, Que establece los límites permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en cuerpos receptores propiedad de la nación.*
- DOF, D. O. de la F. (2018). *NMX-AA-093-SCFI-2018, ANÁLISIS DE AGUA-MEDICIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA EN AGUAS NATURALES, RESIDUALES Y RESIDUALES TRATADAS-MÉTODO DE PRUEBA.*
- DOF, D. O. de la F. (2019). *PROY-NMX-AA-003-SCFI-2019, ANÁLISIS DE AGUA-MUESTREO DE AGUAS RESIDUALES Y RESIDUALES TRATADAS.*
- Dupin Fonseca, Marlene, Pérez Martín, L., Guerra Valdés, B., & Goya Valdivia, Felix Abel, Ibarra Hernández, Eusebio Vladimir, y Pérez Perera, F. (2018). *EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO AMBIENTAL DEL MATADERO "CHICHI*

FUENTES CONSULTADAS

- PADRÓN.” *Revista Centro Azúcar*, 45(3), 32–40.
<http://scielo.sld.cu/pdf/caz/v45n3/caz04318.pdf>
- EPA, (Environmental Protection Agency). (2018). SW-846 Test Method 6010D: Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometry (ICP-OES). *Hazardous Waste Test Methods / SW-846*, 14–25.
- Espinoza Chávez, B., Celis Garcia, B., Ramirez Vives, F., & Monroy Hermosillo, O. (2004). Efecto del sulfato en la degradación anaerobia en un reactor UASB. *Memorias de Congreso Sociedad Mexicana de Biotecnología y Bioingeniería*, 44(186), 58044723.
- ESRI. (2020). *ArcGIS Desktop. Topography Geodatabase*.
<https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/>
- FAO. (2021). *Recursos hídricos mundiales*.
<http://www.fao.org/3/y3918s/y3918s02.htm>
- García, J., Rojas, E., Arce, C., Iglesias, G., Paretó, J., Russo, S., & Gómez, C. (2021, June 3). *Introducción a las Tecnologías Sin Zanja - Nueva instalación de conducciones*. Webinar TSZ No. 1. https://tecnologiasinzanja.org/wp-content/uploads/2021/04/Webinar-TSZ-1-ponencia-2-_GI-Eurohinca_IBSTT.pdf
- Gómez Espinoza, M., Jiménez Núñez, M. de la L., Hernández Berriel, M. del C., Mañón Salas, M. del C., & García Rivas, J. L. (2020). *Evaluación de Impacto Ambiental en la Estación de Transferencia de Tianguistenco , Estado de México*.
- González, Ó., & Robles, F. (2010). *Aspectos fundamentales del concreto reforzado* (1ra ed.). LIMUSA.

FUENTES CONSULTADAS

- Gorchev, H. G., & Ozolins, G. (1984). WHO guidelines for drinking- water quality. *WHO Chronicle*, 38(3), 104–108.
- Gu, Q., Wu, W., & Jin, B. (2019). Investigation of thermal characteristics of municipal solid waste incineration fly ash under various atmospheres: A TG-FTIR study. *Thermochimica Acta*, 681(June), 178402. <https://doi.org/10.1016/j.tca.2019.178402>
- Gutiérrez Sotelo, A. M. (2010). *Procedimiento de construcción de la estación Mexicalcingo de la línea 12 del metro*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Han, J. (2015). *Principles and practice of ground improvement*. Wiley and Sons.
- Hernández Berriel, M. del C., Álvarez Fragoso, N. O., Vaca, R., Márquez Benavides, L., & Lugo, J. (2012). Determinación de metales pesados en residuos sólidos y lixiviados en biorreactores a diferentes tasas de recirculación. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 1(28), 77–82.
- Hernández, C. (2019). La Espectroscopia Infrarroja. Acoplamientos y Aplicaciones. In P. Elmer (Ed.), *1er Congreso Internacional de Ingenierías del TecNM/ITToluca*. Industrial Garay.
- Hoess, R., & Geist, J. (2021). Effect of fish pond drainage on turbidity, suspended solids, fine sediment deposition and nutrient concentration in receiving pearl mussel streams. *Environmental Pollution*, 274, 116520. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.116520>
- INAFED. (2019). *Enciclopedia de los Municipios y Delegaciones de México. Tianguistenco*.

FUENTES CONSULTADAS

- <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM15mexico/municipios/15101a.html>
- INECC, & SEMARNAT. (2007). *Guía para elaboración de Programa Municipal de Gestión Integral de Residuos*. Estaciones de Transferencia. <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/105/l.html>
- INEGI. (2015). *Información de México para niños*. <http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/mex/poblacion/>
- INEGI. (2019). *INEGI cuéntame*. <http://cuentame.inegi.org.mx/territorio/agua/distribucion.aspx?tema=T>
- Juárez Badillo, E., & Rico Rodríguez, A. (2005). Mecánica de suelos, Tomo I: Fundamentos de la Mecánica de Suelos. In *Mecánica de Suelos*.
- Kapelewska, J., Kotowska, U., Karpińska, J., Astel, A., Zieliński, P., Suchta, J., & Algrzym, K. (2019). Water pollution indicators and chemometric expertise for the assessment of the impact of municipal solid waste landfills on groundwater located in their area. *Chemical Engineering Journal*. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2018.11.137>
- León Peláez, J. D. (2004). *Evaluación del impacto Ambiental de proyectos de desarrollo* (J. A. Correa Metrio, Ed.). Universidad Nacional de Colombia.
- Liu, J., & Zheng, G. (2020). Emission of volatile organic compounds from a small-scale municipal solid waste transfer station: Ozone-formation potential and health risk assessment. *Waste Management*. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.03.031>
- López Gasca, S. O. (2020). *Propuesta de Ubicación y Prediseño de un Relleno Sanitario Sustentable Intermunicipal, entre Morelos y el Estado de México*.

FUENTES CONSULTADAS

- Manjarrez O., N. (2010). *Muro milán: Teoría general de diseño, comportamiento estructural y proceso constructivo*.
- Márquez, A., Martínez, G., Figuera, J., Senior, W. J., Benítez, A., & González, Á. (2016). *Especiación de metales en sedimentos del río Cuchivero, Venezuela*. <https://doi.org/10.31219/osf.io/jhg24>
- Martin, A. P., & Palazzo, R. (2009). Contaminación natural por sulfatos en el sistema multiacuífero de la ciudad de Santiago del Estero, Argentina. *Boletín Geológico y Minero*, 120(4), 563–582.
- Martínez Hernández, J. L. (2017). *Procedimiento de excavación con microtuneladora: antecedentes y nuevas tecnologías*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- McCormac. (2002). *Diseño de Estructuras de Acero Método LRFD* (2a ed.). Alfaomega.
- Meli, R. (2016). *Diseño Estructural*. Limusa, S.A. de C.V.
- Mendoza Delgado, J. G. (2017). *Evaluación del Impacto Ambiental de Tiraderos a Cielo Abierto de Municipios vecinos del Estado de México, Morelos y Gurrero*.
- Molina, C. M. (2020). *Producto 6 Integración de todos los estudios y propuestas*. Estudio de Valorización y Aprovechamiento de Residuos Sólidos Urbanos En El Estado de México. https://valorsum.com/wp-content/uploads/2018/06/Producto-6-Plan-GIRSU_VFinal.pdf
- Montoya, S. (2019). *Gestión Sostenible del Agua*.
- Muñoz-Nava, H., Suárez-Sánchez, J., Vera-Reyes, A., Baumann, J., Carreón-Coca, M. F., & Montealegre-Muñoz, R. G. (2013). Relación entre el nitrógeno y las

FUENTES CONSULTADAS

- microcuencas del río Zahuapan, México. *Tecnología y Ciencias Del Agua*, 4(4), 47–61.
- Novello, O. (2019). Introducción a la Microscopia Electrónica, SEM. *1er Congreso Internacional de Ingenierías Del TecNM/ITToluca*.
- ONNCCE, Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, S. C. (2003). *NMX-C-416-ONNCCE-2003 Industria de la construcción - Muestreo de estructuras térreas y métodos de prueba*. 01 55, 1–14.
- Ordóñez-Ruiz, J., Auvinet-Guichard, G., & Juárez-Camarena, M. (2015). Caracterización del subsuelo y análisis de riesgos geotécnicos asociados a las arcillas expansivas de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez. *Ingeniería, Investigación y Tecnología*. <https://doi.org/10.1016/j.riit.2015.05.010>
- Ortiz, B., Sanz, J., Dorado, M., & Villar, S. (2007). Técnicas de recuperación de suelos contaminados. ... *Universidad de Alcalá. Dirección General de ...*, 109. <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:T?cnicas+de+reucperaci?n+de+suelos+contaminados#0%5Cnhttp://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:T?cnicas+de+recuperaci?n+de+suelos+contaminados#0>
- Owusu-Nimo, F., Oduro-Kwarteng, S., Essandoh, H., Wayo, F., & Shamudeen, M. (2019). Characteristics and management of landfill solid waste in Kumasi, Ghana. In *Scientific African*. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2019.e00052>
- Padilla Velázquez, R. R. (2011). *Caracterización de la resistencia de un material de banco para su uso como relleno compactado*.

FUENTES CONSULTADAS

- Pan, Y., & Fu, Y. (2020). Effect of random geometric imperfections on the water-tightness of diaphragm wall. *Journal of Hydrology*, 580(125242), 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2019.124252>
- Punia, P., Bharti, M. K., Chalia, S., Dhar, R., Ravelo, B., Thakur, P., & Thakur, A. (2021). Recent advances in synthesis, characterization, and applications of nanoparticles for contaminated water treatment- A review. *Ceramics International*, 47(2), 1526–1550. <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2020.09.050>
- Ramírez, A. Q., González, Y. V., & Valencia, L. A. L. (2017). Effect of solid wastes leachates on a tropical soil. *DYNA (Colombia)*, 84(203), 283–290. <https://doi.org/10.15446/dyna.v84n203.63875>
- Saavedra Aguilera, A., Buenrostro Delgado, O., Hernández Berriel, M. del C., & Carreño de León, M. del C. (2018). *Valorización de materiales susceptibles de recuperación de los residuos sólidos urbanos en municipios del Oriente de Michoacán y el Estado de México.*
- Saavedra Castillo, B. A. (2017). *Aplicación de macrofitas en flotación como ayuda en el tratamiento de aguas residuales en la laguna UDEP.*
- Sackey, L. N. A., Kočí, V., & van Gestel, C. A. M. (2020). Ecotoxicological effects on *Lemna minor* and *Daphnia magna* of leachates from differently aged landfills of Ghana. *Science of the Total Environment*. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134295>
- Sánchez Fresco, L. (2018). *Caracterización de la materia orgánica de suelos y sedimentos sometidos a lluvia simulada por espectroscopía infrarroja.*
- Sánchez Gómez, J., & Estrada Núñez, R. (1996). Estaciones de transferencia de residuos sólidos en áreas urbanas. *Instituto Nacional de Ecología.*

FUENTES CONSULTADAS

- Sardón Tupayachi, R. M. (2013). *Aplicación de la metodología AASHTO LRFD en muros de gran altura de tierra estabilizada mecánicamente para minería*.
- SCT. (2003). *M-MMP-1-02/03 MMP. MÉTODOS DE MUESTREO Y PRUEBA DE MATERIALES*. 17. <https://normas.imt.mx/normativa/M-MMP-1-02-03.pdf>
- SCT, S. de C. y T. (2014). *GUÍA DE PROCEDIMIENTOS Y LINEAMIENTOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE MUROS MECÁNICAMENTE ESTABILIZADOS* (S. de I. SI, Ed.; 1st ed., Vol. 1).
- SEMARNAT. (2004). Nom-083-Semarnat-2003. *Diario Oficial de La Federación*.
- SEMARNAT. (2018). Informe de la Situación del Medio Ambiente en México 2018. *In Informe de la situación del medio ambiente en México 2018. Compendio de Estadísticas Ambientales, Indicadores Clave, de Desempeño Ambiental y Crecimiento Verde*.
- SEMARNAT. (2020). Diagnóstico Básico para la gestión integral de residuos. *Www.Gob.Mx/Semarnat Www.Gob.Mx/Inecc*.
- Skoog, D. A., James Holler, F., & Nieman, T. A. (2001). *Principios de análisis instrumental* (C. Fernández Madrid, Ed.; 5th ed.). McGraw-Hill.
- Suárez, C. (1997). *Costo y tiempo en edificación*. Limusa, S.A. de C.V.
- Tchobanoglous, G. (2012). *Wastewater Engineering: Treatment reuse* (5ta ed.). McGraw-Hill Inc.
- Terzagui, R. B., & Peck John. (1996). *Soil Mechanics in Engineering Practice* (3ra ed.). Wiley & Sons, Inc.
- Tianguistenco, H. A. de. (2020). *Plan de Desarrollo Municipal 2019 - 2021*.

FUENTES CONSULTADAS

- Torres Lozada, P., Barba Ho, L. E., Ojeda, C., Martínez, J., & Castaño, Y. (2014). Influencia de la edad de lixiviados sobre su composición físico-química y su potencial de toxicidad. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 17(1), 245–255. <https://doi.org/10.31910/rudca.v17.n1.2014.960>
- Turcott Cervantes, D. E., López Martínez, A., Cuartas Hernández, M., & Lobo García de Cortázar, A. (2018). Using indicators as a tool to evaluate municipal solid waste management: A critical review. In *Waste Management*. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.08.046>
- Vega Contreras, A. (2015). El efecto del nitrógeno en las enfermedades de las plantas. *Agronomía y Forestal*, 52, 33–35. <http://agronomia.uc.cl/extension/133-el-efecto-del-nitrogeno-en-las-enfermedades-de-las-plantas/file>
- Villa, J. D. (2019). El Olor a Tierra Mojada. *Revista de Nicaragüenses*, 138, 244–251.
- Wang, Z.-F., Shen, S.-L., Modoni, G., & Zhou, A. (2020). Excess pore water pressure caused by the installation of jet grouting columns in clay. *Computers and Geotechnics*, 125, 103667. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.compgeo.2020.103667>
- Winter, J. A. (1971). *Method Research Study 3, Análisis de demanda, una evaluación de métodos analíticos para agua y aguas residuales* (USEPA, Ed.).
- Yang, J., Teng, Y., Wu, J., Chen, H., Wang, G., Song, L., Yue, W., Zuo, R., & Zhai, Y. (2017). Current status and associated human health risk of vanadium in soil in China. *Chemosphere*, 171, 635–643. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.12.058>

FUENTES CONSULTADAS

Zou, Q., Li, D., Jiang, J., Aihemaiti, A., Gao, Y., Liu, N., & Liu, J. (2019). Geochemical simulation of the stabilization process of vanadium-contaminated soil remediated with calcium oxide and ferrous sulfate. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 174(February), 498–505. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2019.02.082>

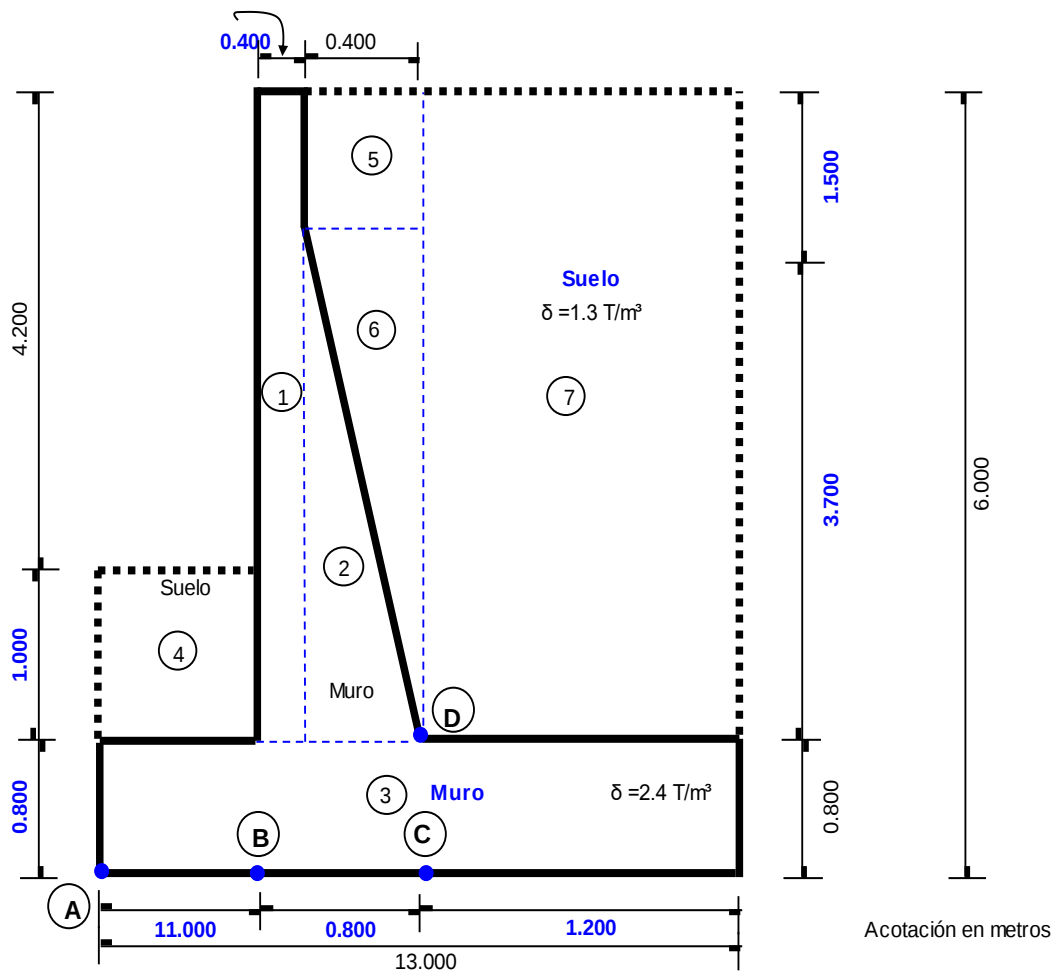
ANEXO A. MATRIZ DE LEOPOLD PARA PRE-EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

Magnitud	Importancia	FUNCIONAMIENTO DEL SITIO DE DISPOSICIÓN FINAL										AFECTACIONES				IMPACTO			
Valor superior. Intensidad del impacto que se puede ocasionar, precedido de un signo (+) o (-) según el impacto sea benéfico o adverso al factor ambiental analizado. Mínimo 1 Máximo 10	Valor inferior. Importancia que tiene el impacto sobre el factor ambiental analizado. Mínimo 1 Máximo 10	Actividad 1	Actividad 2	Actividad i	...	Actividad n	Sumatoria	Índice Global de Impacto Ambiental (IGIA)	Positivas	Negativas	Número de interacciones	Irrelevante (0 ≤ IM < 2.5)	Moderado (2.5 ≤ IM < 5.0)	Severo (5.0 ≤ IM < 7.5)	Crítico (7.5 ≤ IM)				
Factores	Atributos																		
Factor 1	Atributo 1,1																		
	Atributo 1, i																		
	Atributo 1, n																		
Factor 2	Atributo 2,1																		
	Atributo 2, i																		
	Atributo 2, n																		
...Factor i	Atributo i,1																		
	Atributo i, i																		
	Atributo i, n																		
	...																		
Factor n	Atributo n,1																		
	Atributo n, n																		
AFECTACIONES	Sumatoria																		
	Agregación de los impactos																		
	Positivas																		
	Negativas																		
	Número de interacciones																		
NIVEL DE SIGNIFICANCIA	Irrelevante (0 ≤ IM < 2.5)																		
	Moderado (2.5 ≤ IM < 5.0)																		
	Severo (5.0 ≤ IM < 7.5)																		
	Crítico (7.5 ≤ IM)																		

ANEXO B. INTERACCIONES DE LA MATRIZ DE LEOPOLD

Magnitud	Importancia	Funcionamiento de la ET de Tianguistenco												Afectaciones				Impacto							
Valor superior. Intensidad del impacto que se puede ocasionar, precedido de un signo (+) o (-) según el impacto sea benéfico o adverso al factor ambiental analizado. Mínimo 1 Máximo 10	Valor inferior. Importancia que tiene el impacto sobre el factor ambiental analizado. Mínimo 1 Máximo 10	a) Transporte y descarga	b) Acopio y retención de RSU y RME	c) Acopio y retención de RP	d) Compactación y transferencia	e) Manejo de lixiviados	f) Manejo de biogás	g) Contratación de maquinaria, personal y servicios	Sumatoria	Índice Global de Impacto Ambiental	Positivas	Negativas	Número de interacciones	Irrelevante (0 ≤ IM < 2.5)	Moderado (2.5 ≤ IM < 5.0)	Severo (5.0 ≤ IM < 7.5)	Crítico (7.5 ≤ IM)								
Factores	Atributo																								
Suelo	Calidad del suelo	-6	1	-9	2	-6	3	-3	5	-6	6	-3	5	3	4	-30	26	96	1	6	7		3.7		
	Cambio de uso de suelo	-6	3	-9	5	-6	6	-3	1	-6	5	-3	5			-33	25	147	0	6	6		4.9		
	Estabilidad de suelo	-6	3	-6	2	-6	2	-3	3	-6	3	-3	3	3	1	-27	17	75	1	6	7		3.3		
Agua	Calidad del agua	-6		-6	6	-6	6	-3	3	-9	6					-24	21	135	0	4	4			5.8	
	Escurremientos	-6		-6	5	-6	5	-3	5	-6	6					-21	21	111	0	4	4			5.3	
	Subterránea	-6		-6	6	-6	6	-3	3	-9	6					-24	21	135	0	4	4			5.8	
Atmósfera	Material particulado	-6	4	-6	4	-6	4	-6	4	-3	4	-1	4	-1	4	-34	28	136	0	7	7		4.4		
	Ruidos	-6	1	-1	1	-1	1	-3	1					-1	1	-12	5	12	0	5	5	1.5			
	Gases	-6	4	-6	4	-6	4	-3	4	-3	4					-30	24	120	0	6	6		4.5		
	Olores	-6	4	-6	4	-6	4	-3	4	-3	4					-24	24	72	0	5	5		3.8		
Flora	Productos agrícolas (maíz)	-6	1	-4	3	-6	5	-6	4	-6	4	-6	4	-3	4	-22	16	104	0	4	4			5.1	
	Remoción de cobertura vegetal	-3	3	-3	3	-3	3	-3	3	-6	3	-6	3	-6	3	-24	18	72	0	6	6		3.5		
Fauna	Especies nativas	-6	6	-6	6	-6	6	-6	5	-9	6	-3	5	-3	2	-39	36	213	0	7	7			5.5	
	Especies invasivas	-6	5	-6	5	-6	5	-1	1	-6	5					-19	16	91	0	4	4		4.8		
Estético y de Interés Humano	Vistas panorámicas y paisajes	-6	2	-9	2	-6	2	-3	2	-9	2					-21	6	42	0	3	3		3.7		
	Calidad de espacio abierto	-6	2	-9	2	-6	2	-3	3	-9	2	-6	3			-30	12	69	0	5	5		3.7		
	Salud poblacional	-6	5	-6	3	-6	3	-3	6	-9	6	-6	5			-33	28	159	0	6	6			5.1	
	Seguridad laboral	-3	4	-6	4	-3	4	-3	4	-6	4	-6	3	-2	4	-26	27	98	0	7	7		3.7		
Afectaciones	Sumatoria	-72	42	-110	68	-70	58	-55	57	-114	77	-51	48	-1	16	-473	366								
	Agregación de los impactos	-231	42	-417	68	-313	58	-196	57	-528	77	-198	48	-4	16	-1887	366								
	Positivas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2					2						
	Negativas	13	18	18	14	17	17	17	17	12	12	12	12	4						95					
Nivel de Significancia	Número de interacciones	13	18	18	14	17	17	17	17	12	12	12	12	6						97					
	Irrelevante (0 ≤ IM < 2.5)	4.2	4.8	4.7	3.4					4.1															
	Moderado (2.5 ≤ IM < 5.0)																								
	Severo (5.0 ≤ IM < 7.5)																								
	Crítico (7.5 ≤ IM)									5.6															

ANEXO C. DISEÑO DE LA BARRERA FÍSICA (POPUESTA 1)



DATOS:

Peso volumétrico del concreto armado (δ):2.400 T/m³

Largo en estudio:

1.000 m

Peso volumétrico del suelo (δ):1.300 T/m³

Angulo de rosamiento del suelo:

 $\theta = 33.690^\circ$ $f_y = 4000.000 \text{ kg/cm}^2$ $f_c = 250.000 \text{ kg/cm}^2$ $\phi = 0.900 \text{ flexión}$ $\varphi = 0.850 \text{ cortante}$

Recubrimiento en zapata: 10.000 cm

d zapata = 70.000 cm

Recubrimiento en muro: 7.500 cm

d muro = 72.500 cm

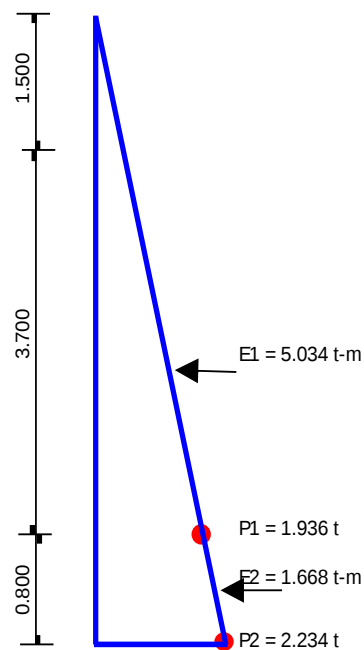
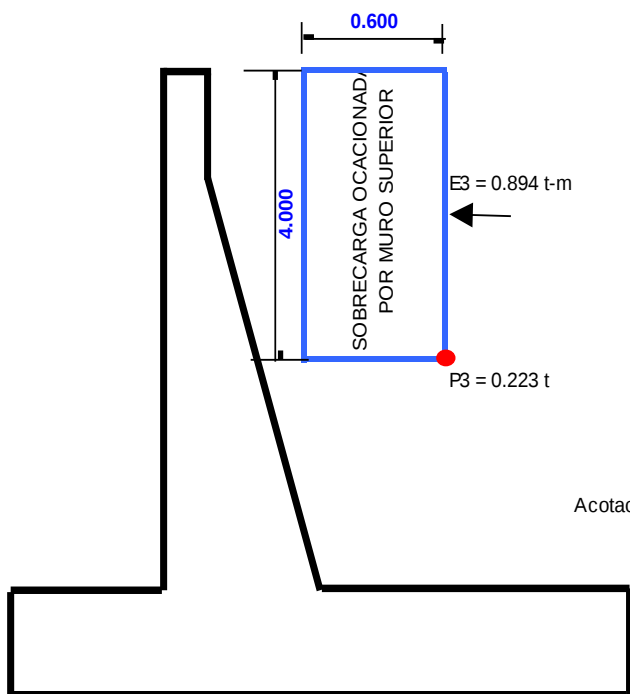
Sismo

Zona sísmica **A**
 Tipo de terreno **I**

Coefficiente sísmico básico $C_c = 0.360$
 Ductilidad $Q = 2.000$ Para columnas aisladas
 Factor de importancia $F. I. = 1.500$
 $a_0 = 0.100$ Para Suelo

Capacidad de carga del suelo **9.000** t/m²

CARGA MUERTA						
Concepto	Ancho (m)	Alto (m)	δ t/m ³	Largo (m)	Lados y/o número	p (t/m)
Muro						
1	0.400	5.200	2.400	1.000	1.000	4.992
2	0.400	3.700	2.400	1.000	0.500	1.776
3	13.000	0.800	2.400	1.000	1.000	24.960
Suelo						
4	11.000	1.000	1.300	1.000	1.000	14.300
5	0.400	1.500	1.300	1.000	1.000	0.780
6	0.400	3.700	1.300	1.000	0.500	0.962
7	1.200	5.200	1.300	1.000	1.000	8.112
Presión:						55.882



EMPUJE DEL SUELO					
Concepto	$K_a * \delta$	Alto (m)	Lados y/o número	p (t/m)	Empuje (t)
Suelo					
1	0.372	5.200	1.000	1.936	5.034
2	0.372	6.000	1.000	2.234	1.668
3	0.372	0.600	1.000	0.223	0.894
Empuje de suelo:					7.596

$$K_a = \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\theta}{2} \right)$$

$$K_a = 0.286$$

$$C_s = F. I. * C_c / Q$$

$$C_s = \mathbf{0.270} \quad \text{Muro}$$

$$C_{ss} = F. I. / Q_u$$

$$C_{ss} = \mathbf{0.150} \quad \text{Suelo}$$

$$S1 = 4.992 * 0.27$$

$$S1 = \mathbf{1.348} \quad \text{ton}$$

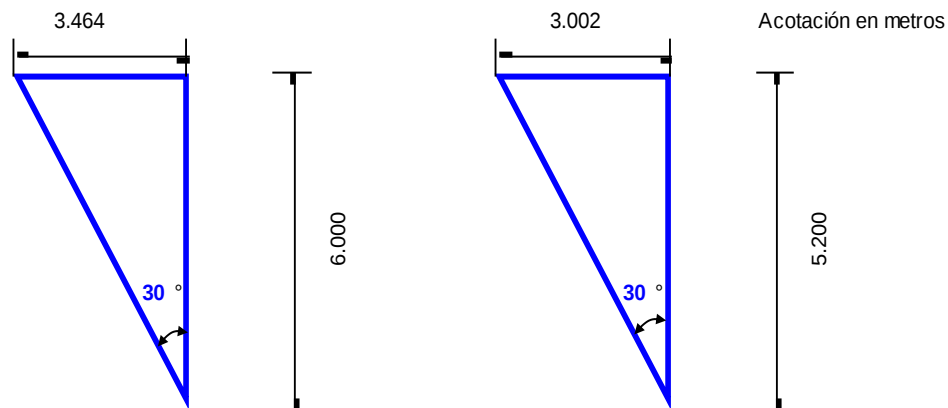
$$S2 = 1.776 * 0.27$$

$$S2 = \mathbf{0.480} \quad \text{ton}$$

$$S3 = 24.96 * 0.27$$

$$S3 = \mathbf{6.739} \quad \text{ton}$$

ANEXOS



$$SE1 = 3.464 * 6 * 0.15 * 1.3 * 0.5$$

$$SE1 = \quad \mathbf{2.026} \quad \text{ton}$$

$$SE2 = 3.002 * 5.2 * 0.15 * 1.3 * 0.5$$

$$SE2 = \quad \mathbf{1.522} \quad \text{ton}$$

Revisión grupo I

Momentos con respecto a A

Carga	P (ton)	Brazo (m)		Momento (t -m)	
		X	Y	X	Z
Muro					
1	4.992	11.200			55.910
2	1.776	11.533			20.483
3	24.960	6.500			162.240
Suelo					
4	14.300	5.500			78.650
5	0.780	11.600			9.048
6	0.962	11.667			11.223
7	8.112	12.400			100.589
Sumatoria	55.882	Sumatoria			438.144

$$Mt = \quad \mathbf{438.144} \quad \text{t -m}$$

Factor del grupo I: 1.000

Momento con respecto a A

Carga	E (ton)	Brazo (m)		Momento (t -m)	
		X	Y	X	Z
Empuje del suelo					
1	5.034		2.533		12.751
2	1.668		0.390		0.651
3	0.894		4.000		3.575
Sumatoria	7.596	Sumatoria			16.977

$$Mt = \quad \mathbf{16.977} \quad t - m$$

$$M = \quad \mathbf{16.977} \quad t - m$$

COEFICIENTES DE FRICCIÓN PARA EL SUELO	
Roca sana con superficie de arena	0.650
Suelos granulares sin limo	0.550
Suelos granulares con limo	0.450
Limos	0.350

Coeficiente de fricción del suelo empleado: **0.350** Limos

$$F \text{ des} = \frac{0.35 * 55.882}{7.596}$$

$$F \text{ des} = \quad \mathbf{2.575} \quad > \quad \mathbf{1.500} \quad \mathbf{OK}$$

$$F \text{ vol} = \frac{438.144}{16.977}$$

$$F \text{ vol} = \quad \mathbf{25.809} \quad > \quad \mathbf{2.000} \quad \mathbf{OK}$$

Revisión del esfuerzo del terreno

$$\sigma = \frac{n}{A} \pm \frac{n * A}{I_{xx}}$$

$$y = \frac{438.144 - 16.977}{55.882}$$

$$y = 7.537 \text{ m}$$

$$e = \frac{13.000}{2.000} - 7.537$$

$$e = -1.037 \text{ m}$$

$$M = 55.882 * -1.037$$

$$M = -57.934 \text{ t - m}$$

$$I_{xx} = \frac{1 * 13^3}{12.000}$$

$$I_{xx} = 183.083 \text{ m}^4$$

$$\sigma = \frac{55.882}{13 * 1} + \frac{-57.934 * 6.5 * 1}{183.083}$$

$$\sigma = 2.242 \text{ t/m}^2 < 9.000 \text{ t/m}^2 \quad \text{OK}$$

$$\sigma = 6.355 \text{ t/m}^2 < 9.000 \text{ t/m}^2 \quad \text{OK}$$

Revisión grupo VII

Momentos con respecto a A

Carga	P (ton)	Brazo (m)		Momento (t -m)	
		X	Y	X	Z
Empuje (t)					
1	5.034		2.533		12.751
2	1.668		0.390		0.651
Sismo					
S1	1.348		3.400		4.583
S2	0.480		2.033		0.975
S3	6.739		0.400		2.696
SE1	2.026		3.000		6.079
Sumatoria	17.295	Sumatoria			27.735

$$M_t = 27.735 \quad t \cdot m$$

$$\text{Factor grupo VII: } 1.330$$

$$M = 27.735 \quad t \cdot m$$

$$F_{des} = \frac{0.35 \cdot 55.882}{17.295}$$

$$F_{des} = 1.131 > 1.128 \quad \text{OK}$$

$$F_{vol} = \frac{438.144}{27.735}$$

$$F_{vol} = 15.798 > 1.504 \quad \text{OK}$$

Revisión del esfuerzo del terreno

$$\sigma = \frac{n}{A} \pm \frac{n \cdot A}{I_{xx}}$$

$$y = \frac{438.144 - 27.735}{55.882}$$

$$y = 7.344 \quad m$$

$$e = \frac{13.000}{2.000} - 7.344$$

$$e = -0.844 \quad m$$

$$M = 55.882 \cdot -0.844$$

$$M = -47.176 \quad t \cdot m$$

$$I_{xx} = \frac{1 \cdot 13^3}{12.000}$$

$$I_{xx} = 183.083 \quad m^4$$

$$\sigma = \frac{55.882}{13 \cdot 1} + \frac{-47.176 \cdot 6.5 \cdot 1}{183.083}$$

$$\sigma = 2.624 \quad t/m^2 < 11.970 \quad t/m^2 \quad \text{OK}$$

$$\sigma = 5.974 \quad t/m^2 < 11.970 \quad t/m^2 \quad \text{OK}$$

NO TOMAR EN CUENTA LA REVISIÓN POR SECCIÓN REDUCIDA

$$\sigma_{\max} = \frac{2 * 55.882}{3 * 7.344}$$

$$\sigma_{\max} = 5.073 \quad \text{t/m}^2$$

$$\sigma_{\text{adm}} = 9 * 1.33$$

$$\sigma_{\text{adm}} = 11.970 \quad \text{t/m}^2 \quad > \quad 5.073 \quad \text{t/m}^2$$

OK

DISEÑO DE LA ZAPATA

Grupo I

Momentos con respecto a A

$$\Sigma FH = 1.3 * 7.596$$

$$\Sigma FH = 9.875 \quad \text{ton}$$

$$\Sigma MH = 1.3 * 16.977$$

$$\Sigma MH = 22.070 \quad \text{t - m}$$

$$y = \frac{438.144 - 22.07}{55.882}$$

$$y = 7.446 \quad \text{m}$$

$$e = \frac{13.000}{2.000} - 7.446$$

$$e = -0.946 \quad \text{m}$$

$$M = 55.882 * -0.946$$

$$M = -52.841 \quad \text{t - m}$$

$$I_{xx} = \frac{1 * 13^3}{12.000}$$

$$I_{xx} = 183.083 \quad \text{m}^4$$

$$\sigma = \frac{55.882}{13 * 1} + \frac{-52.841 * 6.5}{183.083}$$

$$\sigma = 2.423 \quad \text{t/m}^2$$

$$\sigma = 6.175 \quad \text{t/m}^2$$

NO TOMAR EN CUENTA LA REVISIÓN POR SECCIÓN REDUCIDA

$$\sigma_{\max} = \frac{2 * 55.882}{3 * 7.446}$$

$$\sigma_{\max} = \quad \mathbf{5.004} \quad \text{t/m}^2$$

DISEÑO Grupo VIIMomentos con respecto a **A**

$$E1 = 1.3 * 5.034$$

$$E1 = \quad \mathbf{6.544} \quad \text{ton}$$

$$E2 = 1.3 * 1.668$$

$$E2 = \quad \mathbf{2.169} \quad \text{t - m}$$

Momentos con respecto a **A**

Carga	E (ton)	Brazo (m)		Momento (t -m)	
		X	Y	X	Z
Empuje del suelo					
E1	6.544		2.533		16.577
E2	2.169		0.390		0.846
Sismo					
S1	1.348		3.400		4.583
S2	0.480		2.033		0.975
S3	6.739		0.400		2.696
SE1	2.026		3.000		6.079
Sumatoria	19.306	Sumatoria		0.000	31.755

$$y = \frac{438.144 - 31.755}{55.882}$$

$$y = \quad \mathbf{7.272} \quad \text{m}$$

$$e = \frac{13.000}{2.000} - 7.272$$

$$e = \quad \mathbf{-0.772} \quad \text{m}$$

$$M = 55.882 * -0.772$$

$$M = \quad \mathbf{-43.141} \quad \text{t - m}$$

$$I_{xx} = \frac{1 * 13^3}{12.000}$$

$$I_{xx} = \mathbf{183.083} \quad m^4$$

$$\sigma = \frac{55.882}{13 * 1} \quad + \quad \frac{-43.140904 * 6.5}{183.083}$$

$$\sigma = \mathbf{2.767} \quad t/m^2$$

$$\sigma = \mathbf{5.830} \quad t/m^2$$

NO TOMAR EN CUENTA LA REVISIÓN POR SECCIÓN REDUCIDA

$$\sigma_{max} = \frac{2 * 55.882}{3 * 7.272}$$

$$\sigma_{max} = \mathbf{5.123} \quad t/m^2$$

GRUPO I:

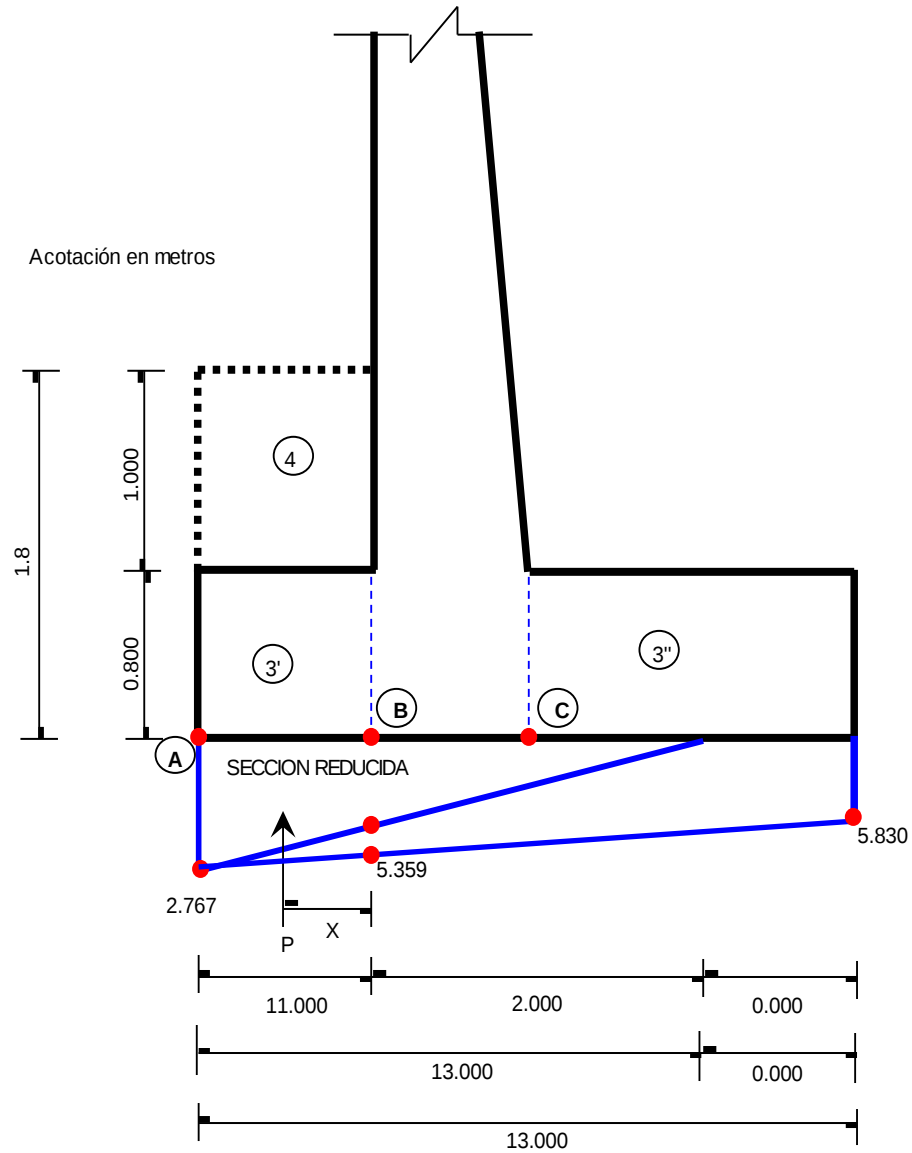
$$\sigma = \mathbf{2.423} \quad t/m^2$$

GRUPO VII:

$$< \mathbf{2.767} \quad t/m^2$$

RIGE EL:

GPO. VII



$$P = \frac{2.767 + 5.359}{2.000} * 11$$

$$P = 44.693 \quad \text{ton}$$

$$X = \frac{(2(2.767)) + 5.359}{(2.767 + 5.359)3}$$

$$X = 4.915 \quad \text{m}$$

MOMENTO

$$M = 44.693 * 4.915$$

$$M = \mathbf{219.674}$$

Momento con respecto a **B**

Concepto	E (ton)	Brazo (m)		Momento (t -m)	
		X	Y	X	Z
Pie					
3'	21.120	5.500		116.160	
Suelo					
4	14.300	5.500		78.650	
Sumatoria	35.420	Sumatoria		194.810	

$$Mu = 1.3(219.674 - 194.81)$$

$$Mu = \mathbf{32.324} \quad t - m$$

$$Vu = 1.3(44.693 - 35.42)$$

$$Vu = \mathbf{12.055} \quad ton$$

$$I_{xx} = \frac{1 * 0.8^3}{12.000}$$

$$I_{xx} = \mathbf{4,266,666.667} \quad cm^4$$

$$fr = 2(\sqrt{(250) })$$

$$fr = \mathbf{31.623} \quad km/cm^2$$

$$yt = \mathbf{40.000} \quad cm$$

$$Mag = \frac{4266666.667 * 31.623}{40.000}$$

$$Mag = \mathbf{33.731} \quad t - m$$

$$1.2Mag = 1.2 * 33.731$$

$$1.2Mag = \mathbf{40.477} \quad t - m$$

$$1.33Mu = 1.33 * 32.324$$

$$1.33Mu = \mathbf{42.991} \quad t - m$$

Mu =	32.324	t - m	ESCOGER EL INTERMEDIO
1.2Mag =	40.477	t - m	
1.33Mu =	42.991	t - m	
Mu diseño =	40.477	t - m	

PROPONIENDO:

Barras del **6** C A = 2.870 cm²a cada **15** cm

$$As = \frac{100 * 2.87}{15.000}$$

As = **19.133** cm²/m

$$MR = \phi \left[As * fy * \left(d - \frac{a}{2} \right) \right]$$

$$a = \frac{As * fy}{0.85 * f_c * b}$$

$$a = \frac{19.1333333333333 * 4000}{0.85 * 250 * 100}$$

a = **3.602** cm

$$MR = 0.9 * ((19.1333333333333 * 4000 * (70 - (3.602 / 2)))$$

MR = **46.976** t - m > 42.991 t - m**OK**

$$VCR = \phi * 0.53 * \sqrt{f_c} * b * d$$

$$VCR = 0.85 * 0.53 * \sqrt{250} * 100 * 70$$

VCR = **49.861** ton > 12.055 ton**OK**

DISEÑO DEL TALONMomentos con respecto a **C**

Concepto	E (ton)	Brazo (m)		Momento (t -m)	
		X	Y	X	Z
Talon					
3"	2.304	0.600		1.382	
Suelo					
7	8.112	0.600		4.867	
Sumatoria	10.416	Sumatoria		6.250	

$$1.3Mu = 1.3 * 6.25$$

$$1.3Mu = \mathbf{8.124} \quad \text{t - m}$$

$$1.3Vu = 1.3 * 10.416$$

$$1.3Vu = \mathbf{13.541} \quad \text{ton}$$

$$1.33Mu = 1.33 * 8.124$$

$$1.33Mu = \mathbf{10.805} \quad \text{t - m}$$

$$1.2Mag = \mathbf{40.477} \quad \text{t - m}$$

$$Mu = 8.124 \quad \text{t - m}$$

$$1.2Mag = 40.477 \quad \text{t - m}$$

$$1.33Mu = 10.805 \quad \text{t - m}$$

$$Mu = \mathbf{10.805} \quad \text{t - m}$$

ESCOGER EL INTERMEDIO

PROPONIENDO:

Paquete con **1**Barras del **5** C

Y

$$A = 1.990 \quad \text{cm}^2$$

PAQUETE CON **0**Barras del **4** C

$$A = 1.270 \quad \text{cm}^2$$

a cada **15** cm

$$A_s = \frac{100 * 1.99}{15.000}$$

$$A_s = \mathbf{13.267} \quad \text{cm}^2/\text{m}$$

$$a = \frac{13.267 * 4000}{0.85 * 250 * 100}$$

$$a = \mathbf{2.497} \quad \text{cm}$$

$$MR = 0.9 * ((13.267 * 4000 * (70 - (2.497 / 2)))$$

$$MR = \mathbf{32.836} \quad \text{t - m} \quad > \quad 10.805 \quad \text{t - m} \quad \mathbf{OK}$$

$$VCR = 0.85 * 0.53 * \sqrt{250 * 100 * 70}$$

$$VCR = \mathbf{49.861} \quad \text{ton} \quad > \quad 13.541 \quad \text{ton} \quad \mathbf{OK}$$

DISEÑO DEL CUERPO

GRUPO I

Momentos con respecto a D

Carga	P (ton)	Brazo (m)		Momento (t -m)	
		X	Y	X	Z
Muro					
1	4.992	0.600			2.995
2	1.776	0.267			0.474
Suelo					
5	0.780	0.200			0.156
6	0.962	0.133			0.128
EMPUJES					
E1	6.544		1.733		11.344
E3	1.162		3.200		3.718
Sumatoria empujes	7.706	Sumatoria			18.814

$$Mu = 1.3 * 18.814$$

$$Mu = \mathbf{24.458} \quad \text{t - m}$$

$$Vu = 1.3 * 7.706$$

$$Vu = \mathbf{10.018} \quad \text{ton}$$

GRUPO VII

Momentos con respecto a D

Carga	P (ton)	Brazo (m)		Momento (t -m)	
		X	Y	X	Z
Muro					
1	4.992	0.600			2.995
2	1.776	0.267			0.474
Suelo					
5	0.780	0.200			0.156
6	0.962	0.133			0.128
EMPUJES					
E1	6.544		1.733		11.344
SISMO					
S1	1.348		2.600		3.504
S2	0.480		1.233		0.591
SE1	1.522		2.600		3.957
Sumatoria empujes	9.894	Sumatoria			23.150

$$Mu = 1.3 * 23.15$$

$$Mu = \mathbf{30.095} \quad t - m$$

$$Vu = 1.3 * 9.894$$

$$Vu = \mathbf{12.862} \quad ton$$

$$I_{xx} = \frac{1 * 0.8^3}{12.000}$$

$$I_{xx} = \mathbf{4,266,666.670} \quad cm^4$$

$$fr = 2(\sqrt{(250)})$$

$$fr = \mathbf{31.623} \quad km/cm^2$$

$$yt = \mathbf{40.000} \quad cm$$

$$Mag = \frac{4266666.67 * 31.623}{40.000}$$

$$Mag = \mathbf{33.731} \quad t - m$$

ANEXOS

GRUPO I:

Mu = **24.458** t - m

GRUPO VII:

30.095 t - m

RIGE EL:

GPO. VII

<

Mu = 30.095 t - m

1.2Mag = 40.477 t - m

1.33Mu = 40.026 t - m

ESCOGER EL INTERMEDIO

Mu = **40.026** t - m

PROPONIENDO:

Paquete con **1**

Barras del **6** C

A = 2.870 cm²

Y

PAQUETE CON **0**

Barras del **5** C

A = 1.990 cm²

a cada **15** cm

$$As = \frac{100 * 2.87}{15.000}$$

As = **19.133** cm²/m

$$MR = \phi \left[As * fy * \left(d - \frac{a}{2} \right) \right]$$

$$a = \frac{As * fy}{0.85 * f'c * b}$$

$$a = \frac{19.133 * 4000}{0.85 * 250 * 100}$$

a = 3.602 cm

$$MR = 0.9 * ((19.133 * 4000 * (72.5 - (3.602 / 2)))$$

MR = **48.697** t - m

>

40.026 t - m

OK

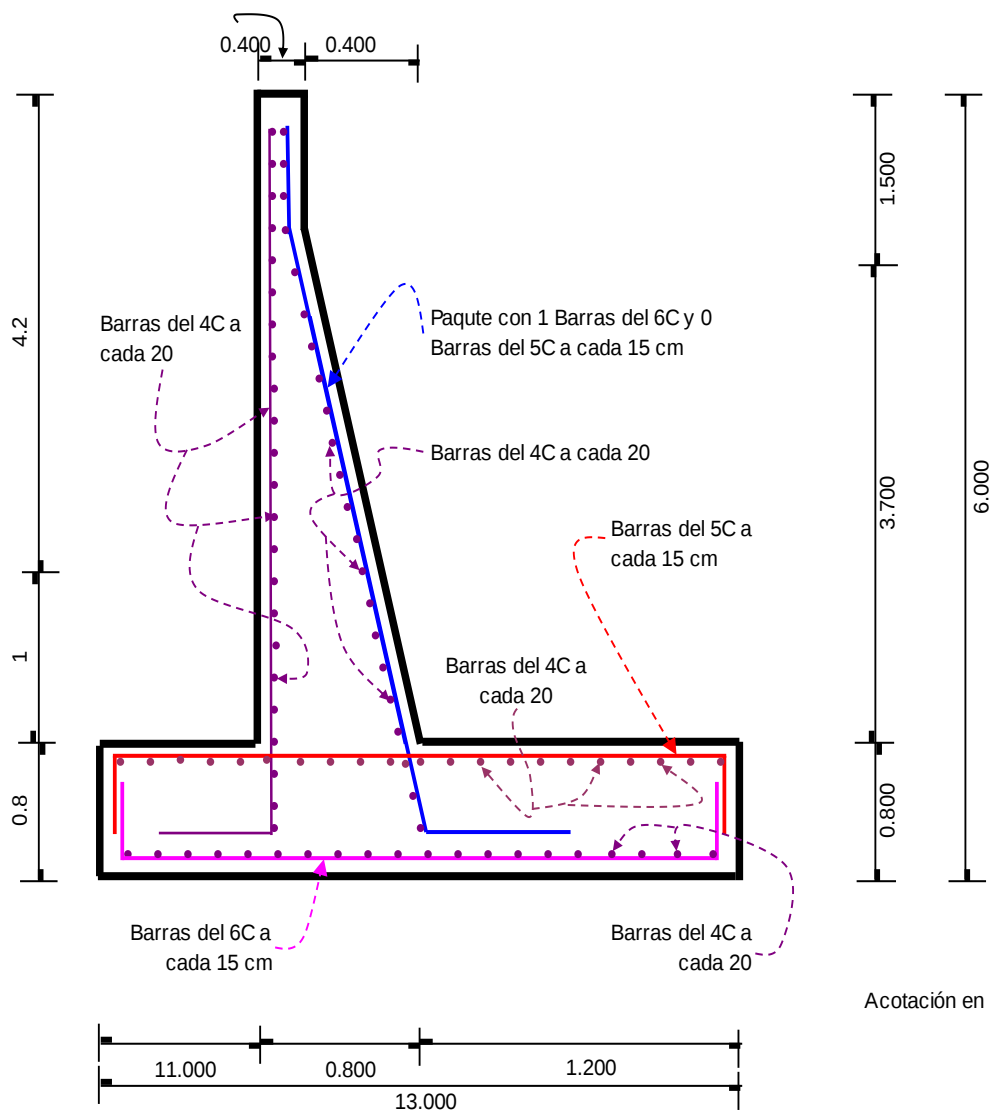
$$VCR = 0.85 * 0.53 * \sqrt{250 * 100 * 72.5}$$

VCR = **51.642** ton

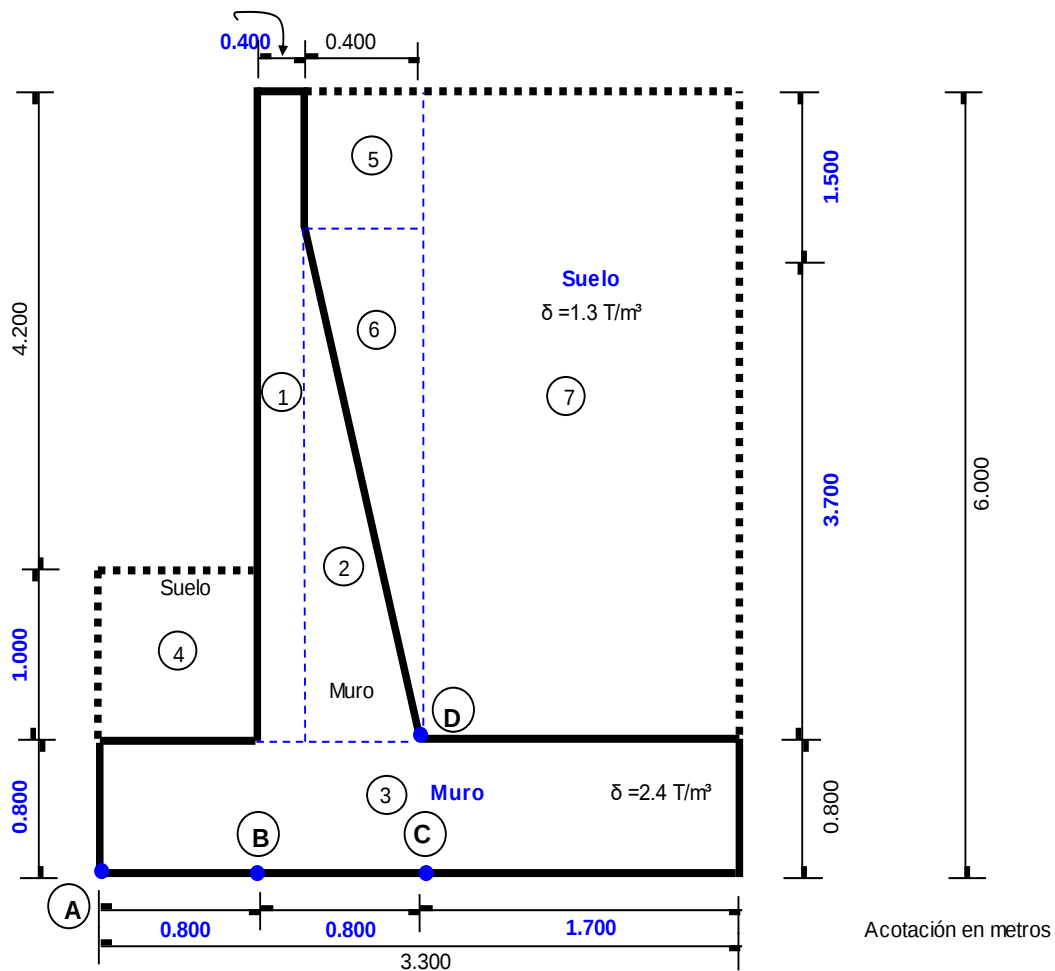
>

12.862 ton

OK



ANEXO D. DISEÑO DE LA BARRERA FÍSICA (POPUESTA 2)



DATOS:

Peso volumetrico del concreto armado (δ):2.400 T/m³

Largo en estudio:

1.000 m

Peso volumetrico del suelo (δ):1.300 T/m³

Angulo de rosamiento del suelo:

 $\theta = 33.690^\circ$ $f_y = 4000.000 \text{ km/cm}^2$ $f_c = 250.000 \text{ km/cm}^2$ $\phi = 0.900 \text{ flexión}$ $\varphi = 0.850 \text{ cortante}$

Recubrimiento en zapata: 10.000 cm

d zapata = 70.000 cm

Recubrimiento en muro: 7.500 cm

d muro = 72.500 cm

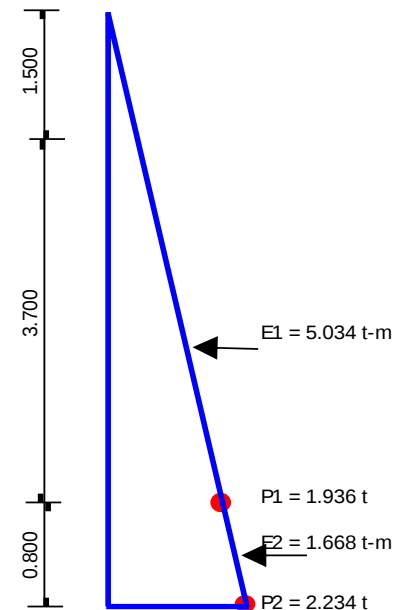
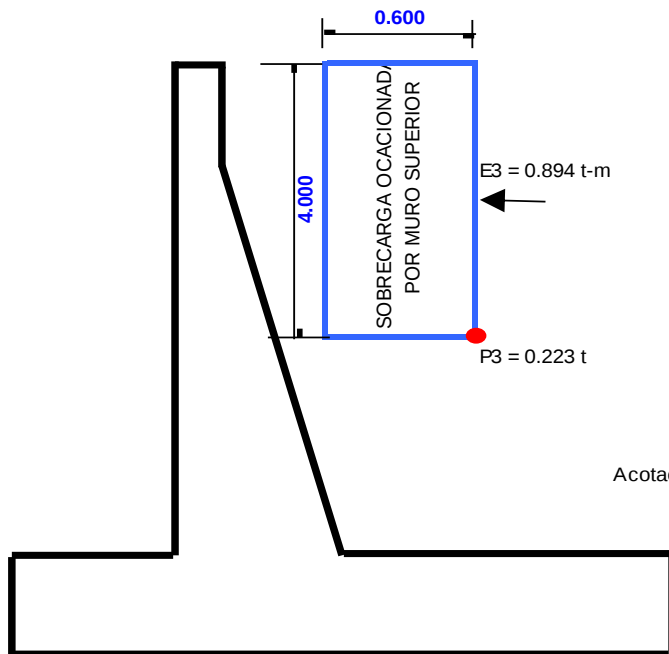
Sismo

Zona sísmica **A**
 Tipo de terreno **I**

Coefficiente sísmico básico $C_c = 0.360$
 Ductilidad $Q = 2.000$ Para columnas aisladas
 Factor de importancia $F. I. = 1.500$
 $a_0 = 0.100$ Para Suelo

Capacidad de carga del suelo **20.000** t/m²

CARGA MUERTA						
Concepto	Ancho (m)	Alto (m)	δ t/m ³	Largo (m)	Lados y/o número	p (t/m)
Muro						
1	0.400	5.200	2.400	1.000	1.000	4.992
2	0.400	3.700	2.400	1.000	0.500	1.776
3	3.300	0.800	2.400	1.000	1.000	6.336
Suelo						
4	0.800	1.000	1.300	1.000	1.000	1.040
5	0.400	1.500	1.300	1.000	1.000	0.780
6	0.400	3.700	1.300	1.000	0.500	0.962
7	1.700	5.200	1.300	1.000	1.000	11.492
Presión:						27.378



EMPUJE DEL SUELO					
Concepto	$K_a * \delta$	Alto (m)	Lados y/o número	p (t/m)	Empuje (t)
Suelo					
1	0.372	5.200	1.000	1.936	5.034
2	0.372	6.000	1.000	2.234	1.668
3	0.372	0.600	1.000	0.223	0.894
Empuje de suelo:					7.596

$$K_a = \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\theta}{2} \right)$$

$$K_a = 0.286$$

$$C_s = F. I. * C_c / Q$$

$$C_s = \mathbf{0.270} \quad \text{Muro}$$

$$C_{ss} = F. I. / Q_u$$

$$C_{ss} = \mathbf{0.150} \quad \text{Suelo}$$

$$S_1 = 4.992 * 0.27$$

$$S_1 = \mathbf{1.348} \quad \text{ton}$$

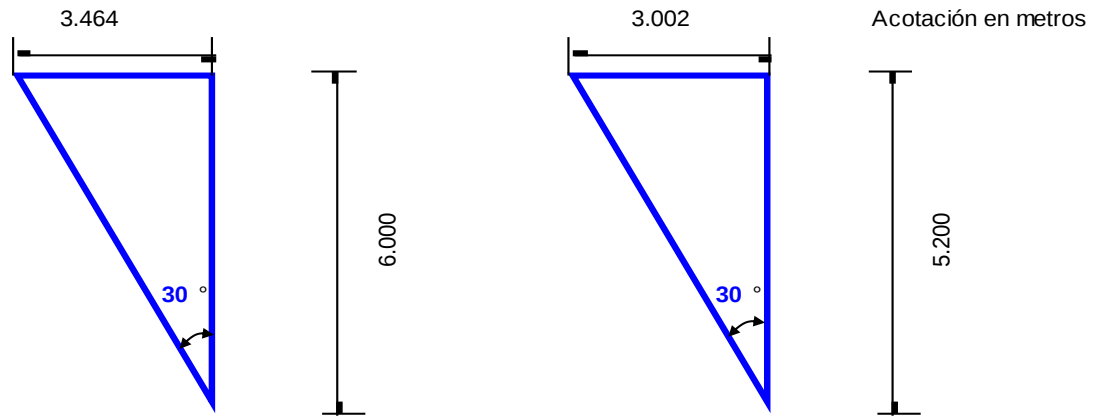
$$S_2 = 1.776 * 0.27$$

$$S_2 = \mathbf{0.480} \quad \text{ton}$$

$$S_3 = 6.336 * 0.27$$

$$S_3 = \mathbf{1.711} \quad \text{ton}$$

ANEXOS



$$SE1 = 3.464 * 6 * 0.15 * 1.3 * 0.5$$

$$SE1 = \mathbf{2.026} \quad \text{ton}$$

$$SE2 = 3.002 * 5.2 * 0.15 * 1.3 * 0.5$$

$$SE2 = \mathbf{1.522} \quad \text{ton}$$

Revisión grupo I

Momentos con respecto a **A**

Carga	P (ton)	Brazo (m)		Momento (t -m)	
		X	Y	X	Z
Muro					
1	4.992	1.000			4.992
2	1.776	1.333			2.368
3	6.336	1.650			10.454
Suelo					
4	1.040	0.400			0.416
5	0.780	1.400			1.092
6	0.962	1.467			1.411
7	11.492	2.450			28.155
Sumatoria	27.378	Sumatoria			48.889

$$Mt = \mathbf{48.889} \quad \text{t -m}$$

Factor del grupo I: $\mathbf{1.000}$

Momento con respecto a **A**

Momentos con respecto a X					
Carga	E (ton)	Brazo (m)		Momento (t -m)	
		X	Y	X	Z
Empuje del suelo					
1	5.034		2.533		12.751
2	1.668		0.390		0.651
3	0.894		4.000		3.575
Sumatoria	7.596	Sumatoria			16.977

$$M_t = \quad \mathbf{16.977} \quad \text{t -m}$$

$$M = \quad \mathbf{16.977} \quad \text{t -m}$$

COEFICIENTES DE FRICCIÓN PARA EL SUELO	
Roca sana con superficie de arena	0.650
Suelos granulares sin limo	0.550
Suelos granulares con limo	0.450
Limos	0.350

Coefficiente de fricción del suelo empleado: **0.550** Suelos granulares sin limo

$$F_{\text{des}} = \frac{0.55 * 27.378}{7.596}$$

$$F_{\text{des}} = \quad \mathbf{1.982} \quad > \quad \mathbf{1.500} \quad \mathbf{OK}$$

$$F_{\text{vol}} = \frac{48.889}{16.977}$$

$$F_{\text{vol}} = \quad \mathbf{2.880} \quad > \quad \mathbf{2.000} \quad \mathbf{OK}$$

Revisión del esfuerzo del terreno

$$\sigma = \frac{n}{A} \pm \frac{n * A}{I_{xx}}$$

$$y = \frac{48.889 - 16.977}{27.378}$$

$$y = 1.166 \text{ m}$$

$$e = \frac{3.300}{2.000} - 1.166$$

$$e = 0.484 \text{ m}$$

$$M = 27.378 * 0.484$$

$$M = 13.262 \text{ t - m}$$

$$I_{xx} = \frac{1 * 3.3^3}{12.000}$$

$$I_{xx} = 2.995 \text{ m}^4$$

$$\sigma = \frac{27.378}{3.3 * 1} + \frac{13.262 * 1.65 * 1}{2.995}$$

$$\sigma = 15.603 \text{ t/m}^2 < 20.000 \text{ t/m}^2$$

OK

$$\sigma = 0.990 \text{ t/m}^2 < 20.000 \text{ t/m}^2$$

OK

Revisión grupo VII

Momentos con respecto a A

Carga	P (ton)	Brazo (m)		Momento (t -m)	
		X	Y	X	Z
Empuje (t)					
1	5.034		2.533		12.751
2	1.668		0.390		0.651
Sismo					
S1	1.348		3.400		4.583
S2	0.480		2.033		0.975
S3	1.711		0.400		0.684
SE1	2.026		3.000		6.079
Sumatoria	12.267	Sumatoria			25.723

$$M_t = 25.723 \quad t \cdot m$$

$$\text{Factor grupo VII: } 1.330$$

$$M = 25.723 \quad t \cdot m$$

$$F_{des} = \frac{0.55 \cdot 27.378}{12.267}$$

$$F_{des} = 1.228 > 1.128 \quad \text{OK}$$

$$F_{vol} = \frac{48.889}{25.723}$$

$$F_{vol} = 1.901 > 1.504 \quad \text{OK}$$

Revisión del esfuerzo del terreno

$$\sigma = \frac{n}{A} \pm \frac{n \cdot A}{I_{xx}}$$

$$y = \frac{48.889 - 25.723}{27.378}$$

$$y = 0.846 \quad m$$

$$e = \frac{3.300}{2.000} - 0.846$$

$$e = 0.804 \quad m$$

$$M = 27.378 \cdot 0.804$$

$$M = 22.008 \quad t \cdot m$$

$$I_{xx} = \frac{1 \cdot 3.3^3}{12.000}$$

$$I_{xx} = 2.995 \quad m^4$$

$$\sigma = \frac{27.378}{3.3 \cdot 1} + \frac{22.008 \cdot 1.65 \cdot 1}{2.995}$$

$$\sigma = 20.422 \quad t/m^2 < 26.600 \quad t/m^2 \quad \text{OK}$$

$$\sigma = -3.829 \quad t/m^2 < 26.600 \quad t/m^2 \quad \text{OK}$$

REVISIÓN POR SECCIÓN REDUCIDA

$$\sigma_{\max} = \frac{2 * 27.378}{3 * 0.846}$$

$$\sigma_{\max} = \mathbf{21.571} \quad \text{t/m}^2$$

$$\sigma_{\text{adm}} = 20 * 1.33$$

$$\sigma_{\text{adm}} = \mathbf{26.600} \quad \text{t/m}^2$$

>

$$21.571 \quad \text{t/m}^2$$

OK**DISEÑO DE LA ZAPATA****Grupo I**

Momentos con respecto a A

$$\Sigma FH = 1.3 * 7.596$$

$$\Sigma FH = \mathbf{9.875} \quad \text{ton}$$

$$\Sigma MH = 1.3 * 16.977$$

$$\Sigma MH = \mathbf{22.070} \quad \text{t - m}$$

$$y = \frac{48.889 - 22.07}{27.378}$$

$$y = \mathbf{0.980} \quad \text{m}$$

$$e = \frac{3.300}{2.000} - 0.98$$

$$e = \mathbf{0.670} \quad \text{m}$$

$$M = 27.378 * 0.67$$

$$M = \mathbf{18.355} \quad \text{t - m}$$

$$I_{xx} = \frac{1 * 3.3^3}{12.000}$$

$$I_{xx} = \mathbf{2.995} \quad \text{m}^4$$

$$\sigma = \frac{27.378}{3.3 * 1} + \frac{18.355 * 1.65}{2.995}$$

$$\sigma = \mathbf{18.409} \quad \text{t/m}^2$$

$$\sigma = \mathbf{-1.816} \quad \text{t/m}^2$$

REVISIÓN POR SECCIÓN REDUCIDA

$$\sigma_{\max} = \frac{2 * 27.378}{3 * 0.98}$$

$$\sigma_{\max} = \quad \mathbf{18.632} \quad \text{t/m}^2$$

DISEÑO Grupo VIIMomentos con respecto a **A**

$$E1 = 1.3 * 5.034$$

$$E1 = \quad \mathbf{6.544} \quad \text{ton}$$

$$E2 = 1.3 * 1.668$$

$$E2 = \quad \mathbf{2.169} \quad \text{t - m}$$

Momentos con respecto a **A**

Carga	E (ton)	Brazo (m)		Momento (t -m)	
		X	Y	X	Z
Empuje del suelo					
E1	6.544		2.533		16.577
E2	2.169		0.390		0.846
Sismo					
S1	1.348		3.400		4.583
S2	0.480		2.033		0.975
S3	1.711		0.400		0.684
SE1	2.026		3.000		6.079
Sumatoria	14.277	Sumatoria		0.000	29.744

$$y = \frac{48.889 - 29.744}{27.378}$$

$$y = \quad \mathbf{0.699} \quad \text{m}$$

$$e = \frac{3.300}{2.000} - 0.699$$

$$e = \quad \mathbf{0.951} \quad \text{m}$$

$$M = 27.378 * 0.951$$

$$M = \quad \mathbf{26.036} \quad \text{t - m}$$

$$I_{xx} = \frac{1 * 3.3^3}{12.000}$$

$$I_{xx} = \mathbf{2.995} \quad m^4$$

$$\sigma = \frac{27.378}{3.3 * 1} \quad + \quad \frac{26.036478 * 1.65}{2.995}$$

$$\sigma = \mathbf{22.642} \quad t/m^2$$

$$\sigma = \mathbf{-6.049} \quad t/m^2 \quad a$$

REVISIÓN POR SECCIÓN REDUCIDA

$$\sigma_{max} = \frac{2 * 27.378}{3 * 0.699}$$

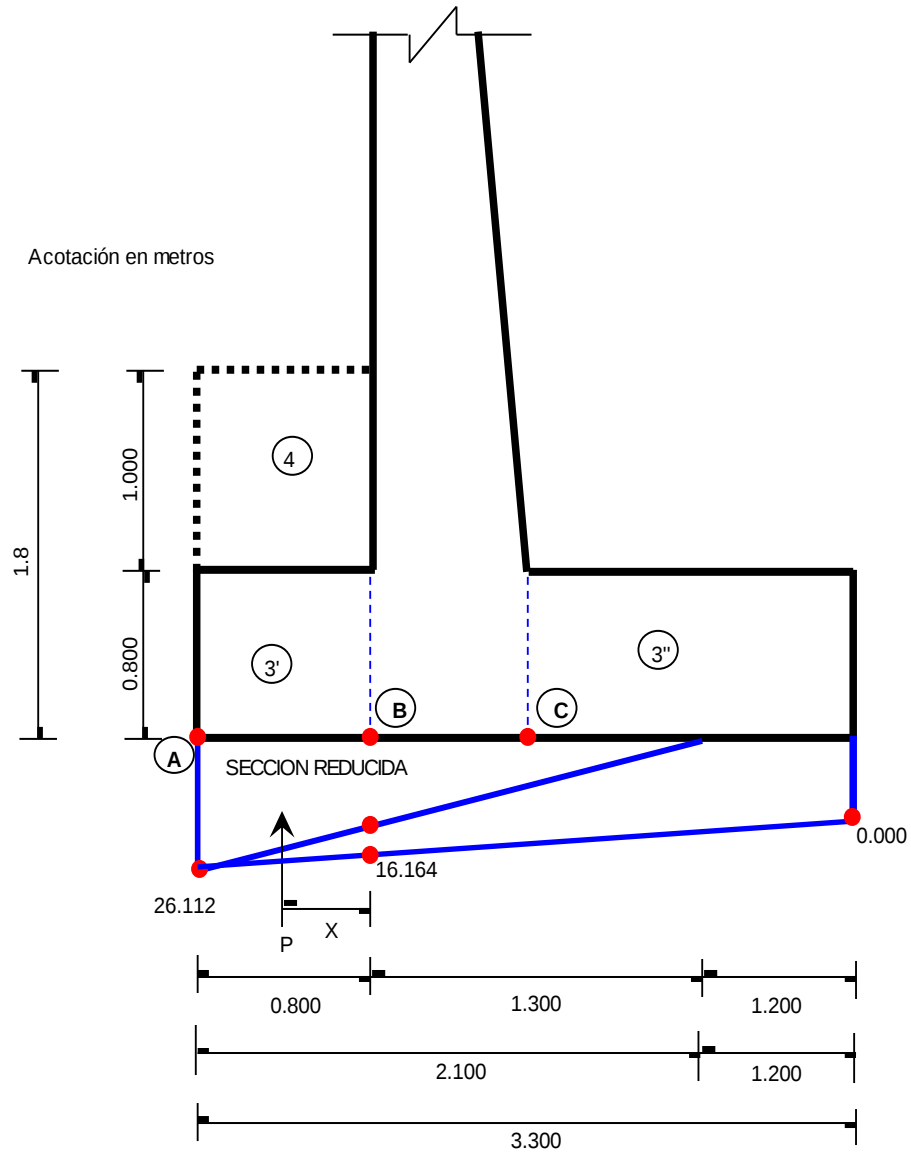
$$\sigma_{max} = \mathbf{26.112} \quad t/m^2$$

$$\sigma = \mathbf{18.632} \quad t/m^2$$

<

$$\sigma = \mathbf{26.112} \quad t/m^2$$

RIGE EL:
GPO. VII



$$P = \frac{26.112 + 16.164}{2.000} * 0.8$$

$$P = 16.910 \quad \text{ton}$$

$$X = \frac{(2(26.112)) + 16.164}{(26.112 + 16.164)3}$$

$$X = 0.431 \quad \text{m}$$

MOMENTO

$$M = 16.91 * 0.431$$

$$M = \mathbf{7.295}$$

Momento con respecto a **B**

Concepto	E (ton)	Brazo (m)		Momento (t -m)	
		X	Y	X	Z
Pie					
3'	1.536	0.400		0.614	
Suelo					
4	1.040	0.400		0.416	
Sumatoria	2.576	Sumatoria		1.030	

$$Mu = 1.3(7.295 - 1.03)$$

$$Mu = \mathbf{8.144} \quad \text{t - m}$$

$$Vu = 1.3(16.91 - 2.576)$$

$$Vu = \mathbf{18.635} \quad \text{ton}$$

$$I_{xx} = \frac{1 * 0.8^3}{12.000}$$

$$I_{xx} = \mathbf{4,266,666.667} \quad \text{cm}^4$$

$$fr = 2(\sqrt{(250)})$$

$$fr = \mathbf{31.623} \quad \text{km/cm}^2$$

$$yt = \mathbf{40.000} \quad \text{cm}$$

$$Mag = \frac{4266666.667 * 31.623}{40.000}$$

$$Mag = \mathbf{33.731} \quad \text{t - m}$$

$$1.2Mag = 1.2 * 33.731$$

$$1.2Mag = \mathbf{40.477} \quad \text{t - m}$$

$$1.33Mu = 1.33 * 8.144$$

$$1.33Mu = \mathbf{10.831} \quad \text{t - m}$$

Mu =	8.144	t - m	ESCOGER EL INTERMEDIO
1.2Mag =	40.477	t - m	
1.33Mu =	10.831	t - m	
Mu diseño =	10.831	t - m	

PROPONIENDO:

Barras del **4** C A = 1.270 cm²a cada **20** cm

$$As = \frac{100 * 1.27}{20.000}$$

As = **6.350** cm²/m

$$MR = \phi \left[As * fy * \left(d - \frac{a}{2} \right) \right]$$

$$a = \frac{As * fy}{0.85 * f_c * b}$$

$$a = \frac{6.35 * 4000}{0.85 * 250 * 100}$$

a = **1.195** cm

$$MR = 0.9 * ((6.35 * 4000 * (70 - (1.195 / 2)))$$

MR = **15.865** t - m > 10.831 t - m **OK**

$$VCR = \phi * 0.53 * \sqrt{f_c} * b * d$$

$$VCR = 0.85 * 0.53 * \sqrt{250 * 100 * 70}$$

VCR = **49.861** ton > 18.635 ton **OK**

DISEÑO DEL TALONMomentos con respecto a **C**

Concepto	E (ton)	Brazo (m)		Momento (t -m)	
		X	Y	X	Z
Talon					
3"	3.264	0.850		2.774	
Suelo					
7	11.492	0.850		9.768	
Sumatoria	14.756	Sumatoria		12.543	

$$1.3Mu = 1.3 * 12.543$$

$$1.3Mu = \mathbf{16.305} \quad t - m$$

$$1.3Vu = 1.3 * 14.756$$

$$1.3Vu = \mathbf{19.183} \quad ton$$

$$1.33Mu = 1.33 * 16.305$$

$$1.33Mu = \mathbf{21.686} \quad t - m$$

$$1.2Mag = \mathbf{40.477} \quad t - m$$

$$Mu = 16.305 \quad t - m$$

$$1.2Mag = 40.477 \quad t - m$$

$$1.33Mu = 21.686 \quad t - m$$

$$Mu = \mathbf{21.686} \quad t - m$$

ESCOGER EL
INTERMEDIO

PROPONIENDO:

Paquete con **1**Barras del **5** C

Y

$$A = 1.990 \quad cm^2$$

PAQUETE CON **0**Barras del **4** C

$$A = 1.270 \quad cm^2$$

a cada **15** cm

$$A_s = \frac{100 * 1.99}{15.000}$$

$$A_s = \mathbf{13.267} \quad \text{cm}^2/\text{m}$$

$$a = \frac{13.267 * 4000}{0.85 * 250 * 100}$$

$$a = \mathbf{2.497} \quad \text{cm}$$

$$MR = 0.9 * ((13.267 * 4000 * (70 - (2.497 / 2)))$$

$$MR = \mathbf{32.836} \quad \text{t - m} \quad > \quad 21.686 \quad \text{t - m} \quad \mathbf{OK}$$

$$VCR = 0.85 * 0.53 * \sqrt{250 * 100 * 70}$$

$$VCR = \mathbf{49.861} \quad \text{ton} \quad > \quad 19.183 \quad \text{ton} \quad \mathbf{OK}$$

DISEÑO DEL CUERPO

GRUPO I

Momentos con respecto a **D**

Carga	P (ton)	Brazo (m)		Momento (t -m)	
		X	Y	X	Z
Muro					
1	4.992	0.600			2.995
2	1.776	0.267			0.474
Suelo					
5	0.780	0.200			0.156
6	0.962	0.133			0.128
EMPUJES					
E1	6.544		1.733		11.344
E3	1.162		3.200		3.718
Sumatoria empujes	7.706	Sumatoria			18.814

$$Mu = 1.3 * 18.814$$

$$Mu = \mathbf{24.458} \quad \text{t - m}$$

$$Vu = 1.3 * 7.706$$

$$Vu = \mathbf{10.018} \quad \text{ton}$$

GRUPO VII

Momentos con respecto a D

Carga	P (ton)	Brazo (m)		Momento (t -m)	
		X	Y	X	Z
Muro					
1	4.992	0.600			2.995
2	1.776	0.267			0.474
Suelo					
5	0.780	0.200			0.156
6	0.962	0.133			0.128
EMPUJES					
E1	6.544		1.733		11.344
SISMO					
S1	1.348		2.600		3.504
S2	0.480		1.233		0.591
SE1	1.522		2.600		3.957
Sumatoria empujes	9.894	Sumatoria			23.150

$$Mu = 1.3 * 23.15$$

$$Mu = \mathbf{30.095} \quad t - m$$

$$Vu = 1.3 * 9.894$$

$$Vu = \mathbf{12.862} \quad ton$$

$$I_{xx} = \frac{1 * 0.8^3}{12.000}$$

$$I_{xx} = \mathbf{4,266,666.670} \quad cm^4$$

$$fr = 2(\sqrt{(250)})$$

$$fr = \mathbf{31.623} \quad km/cm^2$$

$$yt = \mathbf{40.000} \quad cm$$

$$Mag = \frac{4266666.67 * 31.623}{40.000}$$

$$Mag = \mathbf{33.731} \quad t - m$$

ANEXOS

GRUPO I:

Mu = **24.458** t - m

GRUPO VII:

30.095 t - m

RIGE EL:

GPO. VII

Mu = 30.095 t - m

1.2Mag = 40.477 t - m

1.33Mu = 40.026 t - m

Mu = **40.026** t - m

ESCOGER EL INTERMEDIO

PROPONIENDO:

Paquete con **1**
Barras del **6** C

A = 2.870 cm²

Y
PAQUETE CON **0**
Barras del **5** C

A = 1.990 cm²

a cada **15** cm

$$A_s = \frac{100 * 2.87}{15.000}$$

A_s = **19.133** cm²/m

$$MR = \phi \left[A_s * f_y * \left(d - \frac{a}{2} \right) \right]$$

$$a = \frac{A_s * f_y}{0.85 * f_c * b}$$

$$a = \frac{19.133 * 4000}{0.85 * 250 * 100}$$

a = 3.602 cm

$$MR = 0.9 * ((19.133 * 4000 * (72.5 - (3.602 / 2)))$$

MR = **48.697** t - m

>

40.026 t - m

OK

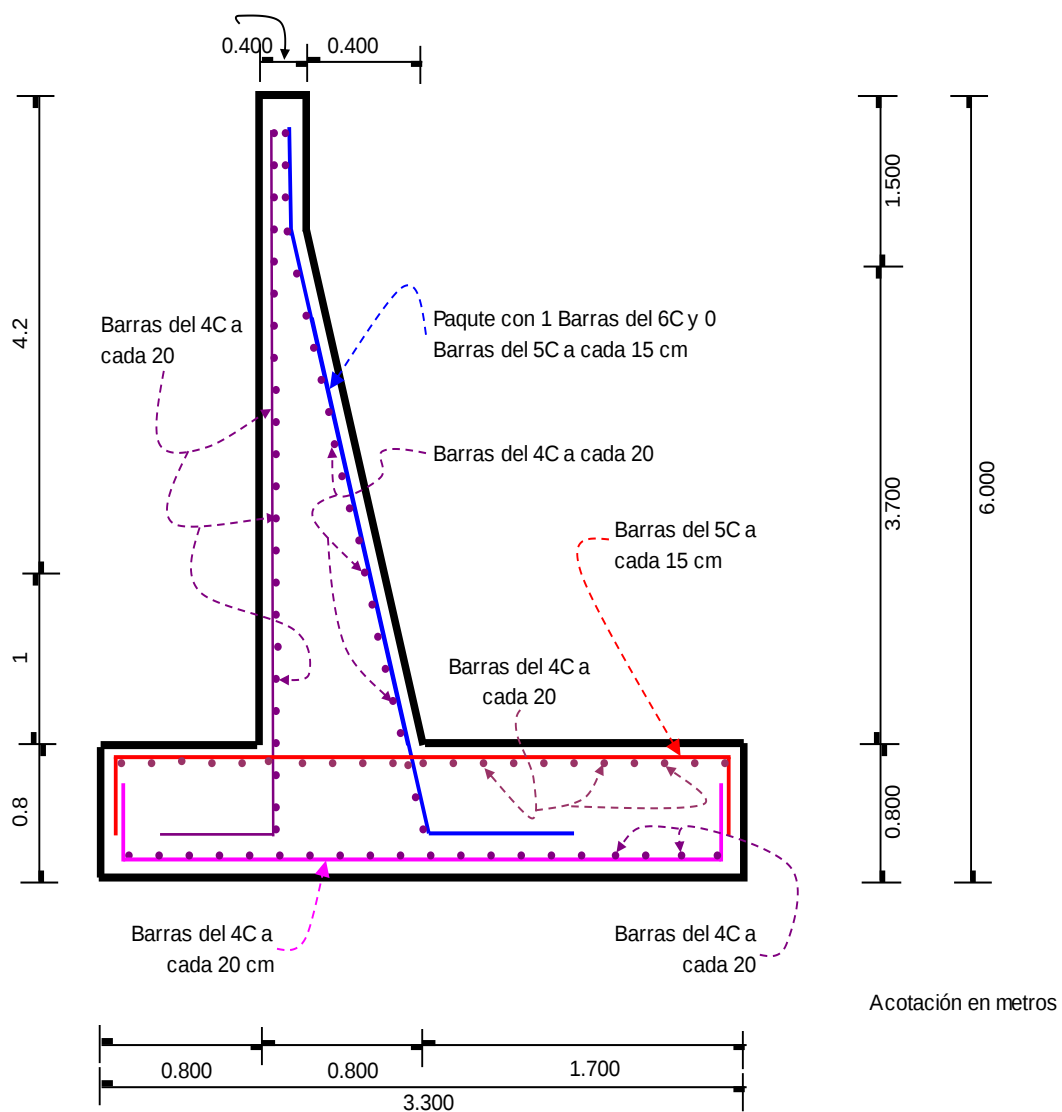
$$VCR = 0.85 * 0.53 * \sqrt{250 * 100 * 72.5}$$

VCR = **51.642** ton

>

12.862 ton

OK



ANEXO E. CATALOGO DE CONCEPTOS

No.	Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	P.U.	Importe
		MURO DE CONTENCIÓN PERIMETRAL DE CONCRETO REFORZADO Y GEOMEMBRANA				
		PRELIMINARES				
1	L-01	Limpieza, trazo y nivelación para propósitos de construcción del muro perimetral de contención, incluye: mano de obra, herramienta, materiales y todo lo necesario para su correcta ejecución.	m ²	1202.31		
2	C-00	Corte vertical con máquina en taludes de la parte baja del sitio de los trabajos, incluye: mano de obra, maquinaria y equipo, conservación del talud, acarreo y afine.	m ³	440.15		
3	C-01	Suministro e instalación de cisterna de PEAD prefabricada de 1100 L de capacidad para acopio de lixiviados, incluye: suministro, colocación, herramienta, equipo y todo lo necesario para su correcta ejecución.	pza	2.00		
4	A-01	Adecuación de camino provisional para paso de camiones recolectores de RSU, y acceso de góndola a la zona de carga.	p.g.	1.00		
		CIMENTACIÓN				
5	E-01	Excavación con equipo, para desplante de estructuras, en material tipo "II" húmedo y/o saturado con lixiviado de 0.0 a 2.00 m de profundidad, incluye: mano de obra, equipo, afine, afloje, extracción del material, limpieza del fondo de plantilla, afine de taludes, acopio del material para su posterior utilización en rellenos y carga directa a camión.	m ³	2669.51		
6	B-01	Bombeo de achique con bomba de 6" de diámetro para realizar el bombeo a la cisterna de PEAD de los lixiviados provenientes de la celda ocurridos durante el proceso de excavación.	h	240.00		
7	M-01	Mejoramiento de suelo para desplante de muro de contención a base de material de banco tepetate, compactado al 90% Proctor en espesor de 1.00 m, incluye: suministro de material, acarreo del banco a pie del sitio de los trabajos, descarga, acarreo horizontal y vertical, mano de obra, maquinaria, materiales necesarios para la correcta ejecución del trabajo y equipo.	m ³	1334.75		
8	CP-01	Suministro y colocación de plantilla de concreto $f_c = 100 \text{ kg/cm}^2$ de 20 cm de espesor TMA 3/4" de concreto premezclado hecho a base de cemento puzolánico, con acelerante de fraguado, incluye: material puesto en el sitio de los trabajos, desperdicios y colocación.	m ³	266.95		
9	A-02	Suministro, colocación, habilitado y armado de acero de refuerzo $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$, incluye: acarres totales, fletes del material, desperdicios, traslapes, silletas, separadores, ganchos, amarres, mano de obra, herramienta y equipo.	kg	52327.52		
10	C-02	Suministro y colocación de cimbra de madera común para acabados no aparentes en cimentaciones, incluye: mano de obra para la carga, descarga, acarreo horizontal y vertical, herramienta y materiales.	m ²	81.52		
11	CP-02	Suministro y colocación de concreto premezclado $f_c = 350 \text{ kg/cm}^2$, hecho a base de concreto puzolánico con acelerante de fraguado, TMA 3/4" en zapata corrida de muros de contención, incluye: material puesto en el sitio de los trabajos, desperdicios y colocación.	m ³	1059.00		
12	CF-01	Suministro e inyección de concreto fluido resistencia $f_c = 150 \text{ kg/cm}^2$, en parte baja de la celda para compensar los lixiviados extraídos durante la ejecución de los trabajos, incluye: acarreo de la planta al sitio de los trabajos, inyección, equipo, mano de obra, herramienta, desperdicios y equipo	m ³	2326.88		

No.	Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	P.U.	Importe
		ESTRUCTURA				
13	A-03	Suministro, colocación, habilitado y armado de acero de refuerzo $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$, incluye: acarres totales, elevaciones, andamios, fletes del material, desperdicios, traslapes, silletas, separadores, ganchos, amarres, mano de obra, herramienta y equipo.	kg	22400.49		
14	C-03	Suministro y colocación de cimbra de madera común para acabados no aparentes en muros hasta 6.00 m de altura, una cara, incluye: mano de obra para la carga, descarga, acarreo horizontales y verticales, andamios, elevaciones, herramienta y materiales.	m ²	531.91		
15	C-04	Suministro y colocación de cimbra de madera de triplay para acabados aparentes en muros hasta 6.00 m de altura, una cara, incluye: mano de obra para la carga, descarga, acarreo horizontales y verticales, andamios, elevaciones, herramienta y materiales.	m ²	529.82		
16	CP-03	Suministro y colocación de concreto premezclado $f_c = 350 \text{ kg/cm}^2$, hecho a base de concreto puzolánico, con acelerante de fraguado, TMA 3/4" en muros de contención de hasta 6.00 m de altura, incluye: material puesto en el sitio de los trabajos, desperdicios, bombeo y colocación.	m ³	282.25		
17	F-01	Suministro y colocación de material filtrante a base de grava de 3 a 5" de diámetro, previamente lavado para su utilización, incluye: acarreo total a pie del sitio de los trabajos, acarreo horizontales y verticales con carretilla, mano de obra, herramienta y equipo.	m ³	134.12		
18	T-01	Suministro e instalación de tubería de PVC de 2" de diámetro para drenaje, incluye: suministro de los materiales puestos en el sitio de los trabajos, mano de obra, herramienta y equipo.	m	412.00		
19	R-01	Relleno con material producto de excavación, para alcanzar niveles de corona de muro de contención, apisonado y compactado al 90% Proctor, incluye: acarreo del sitio de acopio al sitio de los trabajos, carga, descarga, mano de obra, herramienta y equipo.	m ³	452.38		
20	R-02	Relleno con material de banco tepetate, compactado al 90% Proctor, incluye: acarreo del banco al sitio de los trabajos, carga, descarga, mano de obra, herramienta y equipo.	m ³	183.41		
		GEOMEMBRANA				
21	L-02	Limpieza, trazo y nivelación para propósitos de colocación de geomembrana, incluye: mano de obra, herramienta, materiales, equipo y todo lo necesario para su correcta ejecución.	m ²	3150.54		
22	E-02	Excavación con equipo para apertura de caja en zona de acopio y descarga de RSU, en material tipo "II" y "III" o altamente compactado o cementado, húmedo con lixiviado y presencia de RSU, de 0.0 a 3.00 m de profundidad, incluye: mano de obra, equipo, afine, afloje, extracción del material, carga directa a camión, acopio para su posterior uso en relleno y limpieza del fondo de la caja.	m ³	9451.62		
23	C-05	Compactación al 90% Proctor en fondo de caja, incluye: materiales, mano de obra y maquinaria.	m ²	3150.54		
24	G-01	Suministro y colocación de geomembrana HDPE de 1 mm de espesor, colocada en caja abierta en la zona de acopio y descarga de RSU, incluye: materiales puestos a pie del sitio de los trabajos, acarreo horizontales y verticales, termofusionado, traslapes, cortes, desperdicios, mano de obra, herramienta y equipo.	m ²	3150.54		
25	R-03	Relleno con material producto de excavación, para alcanzar niveles de corona de muro de contención, apisonado y compactado con equipo manual, incluye: acarreo del sitio de acopio al sitio de los trabajos, carga, descarga, mano de obra y equipo.	m ³	9451.62		

ANEXOS

No.	Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	P.U.	Importe
		TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS				
26	L-03	Vaciado de cisterna de PEAD de 1100 L de capacidad a camión vactor para su disposición y tratamiento en Planta de Tratamiento de agua RECICLAGUA, incluye: vaciado de cisternas, maniobras, transporte y descarga en planta de tratamiento.	Evento	4.00		
		ACARREOS				
27	A-04	Acarreo de material producto de excavación al sitio indicado por la Dirección de Servicios Públicos del Municipio de Tianguistenco, incluye: carga, descarga, acarreo a primer kilómetro y kilómetros subsecuentes y enlonado de camiones para evitar la caída del material transportado.	m ³	2217.13		
TOTAL DEL PRESUPUESTO MOSTRADO SIN IVA: \$						-
IVA 16.00 % \$						-
TOTAL DEL PRESUPUESTO \$						-

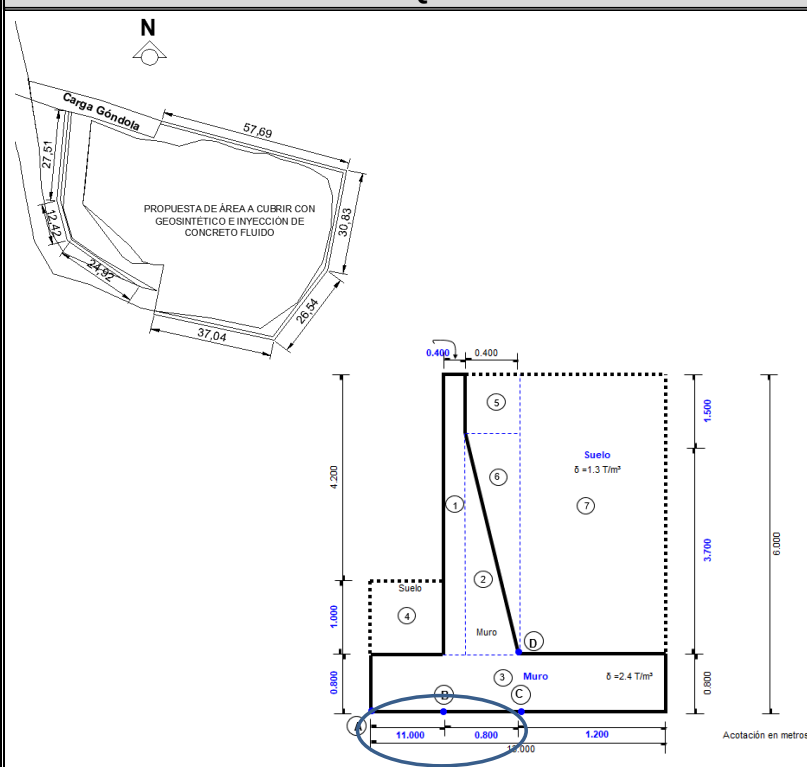
ANEXO F. NUMEROS GENERADORES

No.	CLAVE	DESCRIPCION DEL CONCEPTO
1	L-01	Limpieza, trazo y nivelación para propósitos de construcción del muro perimetral de contención, incluye: mano de obra, herramienta, materiales y todo lo necesario para su correcta ejecución.

[illegible]

PROPUESTA PARA MINIMIZAR LA AFECTACIÓN A MANTOS ACUÍFEROS POR LA INADECUADA DISPOSICIÓN DE RESIDUO SÓLIDOS

CROQUIS

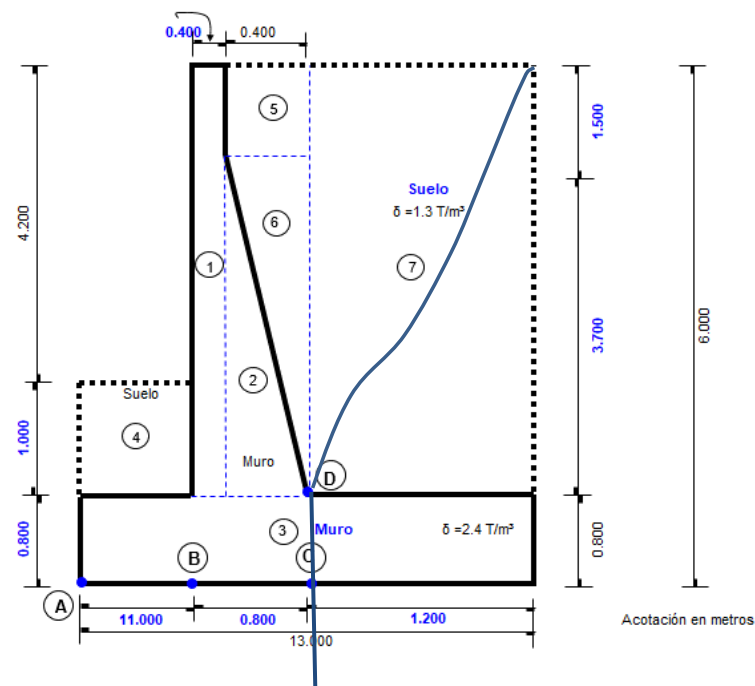


No.	CLAVE	DESCRIPCION DEL CONCEPTO
2	C-00	Corte vertical con máquina en taludes de la parte baja del sitio de los trabajos, incluye: mano de obra, maquinaria y equipo, conservación del talud, acarreo y afine.

[illegible]

PROPUESTA PARA MINIMIZAR LA AFECTACIÓN A MANTOS ACUÍFEROS POR LA INADECUADA DISPOSICIÓN DE RESIDUO SÓLIDOS

CROQUIS

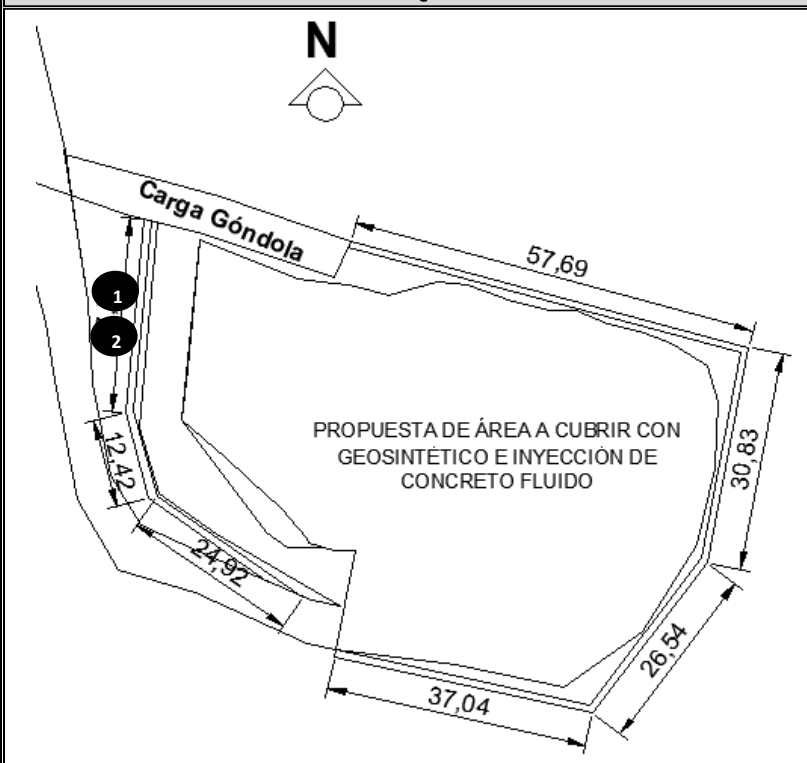


No.	CLAVE	DESCRIPCION DEL CONCEPTO
3	C-01	Suministro e instalacion de cisterna de PEAD preabricada de 1100 L de capacidad para acopio de lixiviados, incluye: suministro, colocación, herramienta, equipo y todo lo necesario para su correcta ejecución

NÚMERO GENERADOR					
UBICACIÓN	LONGITUD	ANCHO	PIEZAS	TOTAL	UNIDAD
1				1.00	PZA
2				1.00	PZA
TOTAL DEL CONCEPTO				2.00	PZA

PROPUESTA PARA MINIMIZAR LA AFECTACIÓN A MANTOS ACUÍFEROS POR LA INADECUADA DISPOSICIÓN DE RESIDUO SÓLIDOS

CROQUIS

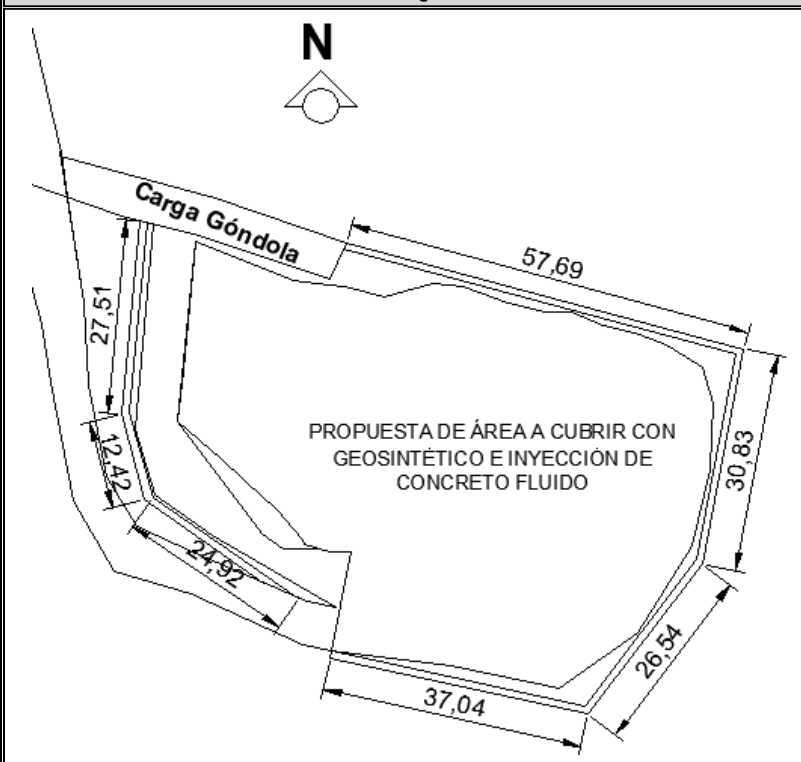


No.	CLAVE	DESCRIPCION DEL CONCEPTO
4	A-01	Adecuación de camino provisional para paso de camiones recolectores de RSU, y acceso de góndola a la zona de carga.

[illegible]

PROPUESTA PARA MINIMIZAR LA AFECTACIÓN A MANTOS ACUÍFEROS POR LA INADECUADA DISPOSICIÓN DE RESIDUO SÓLIDOS

CROQUIS

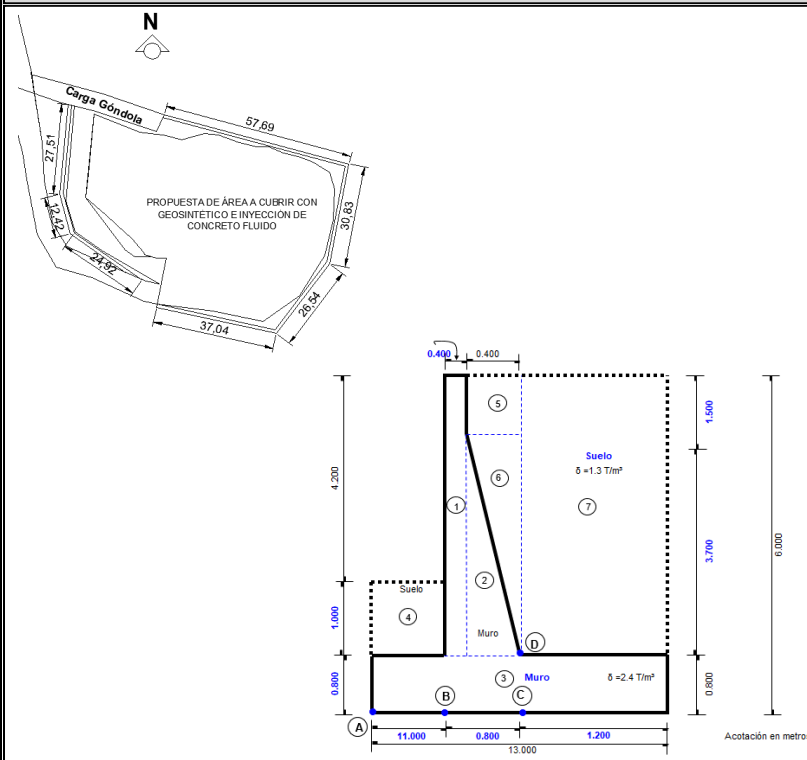


No.	CLAVE	DESCRIPCION DEL CONCEPTO
5	E-01	Excavación con equipo, para desplante de estructuras, en material tipo "II" húmedo y/o saturado con lixiviado de 0.0 a 2.00 m de profundidad, incluye: mano de obra, equipo, afine, afloje, extracción del material, limpieza del fondo de plantilla, afine de taludes, acopio del material para su posterior utilización en rellenos y carga directa a camión.

[illegible]

PROPUESTA PARA MINIMIZAR LA AFECTACIÓN A MANTOS ACUÍFEROS POR LA INADECUADA DISPOSICIÓN DE RESIDUO SÓLIDOS

CROQUIS

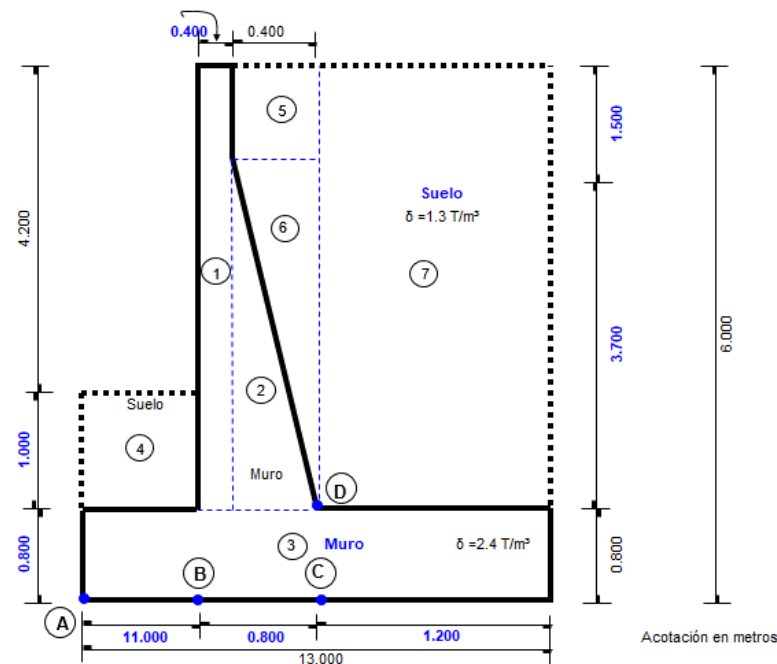


No.	CLAVE	DESCRIPCION DEL CONCEPTO
8	CP-01	Suministro y colocación de plantilla de concreto f'c = 100 kg/cm ² de 20 cm de espesor TMA 3/4" de concreto premezclado hecho a base de cemento puzolánico, con acelerante de fraguado, incluye: material puesto en el sitio de los trabajos, desperdicios y colocación.

[illegible]

PROPUESTA PARA MINIMIZAR LA AFECTACIÓN A MANTOS ACUÍFEROS POR LA INADECUADA DISPOSICIÓN DE RESIDUO SÓLIDOS

CROQUIS



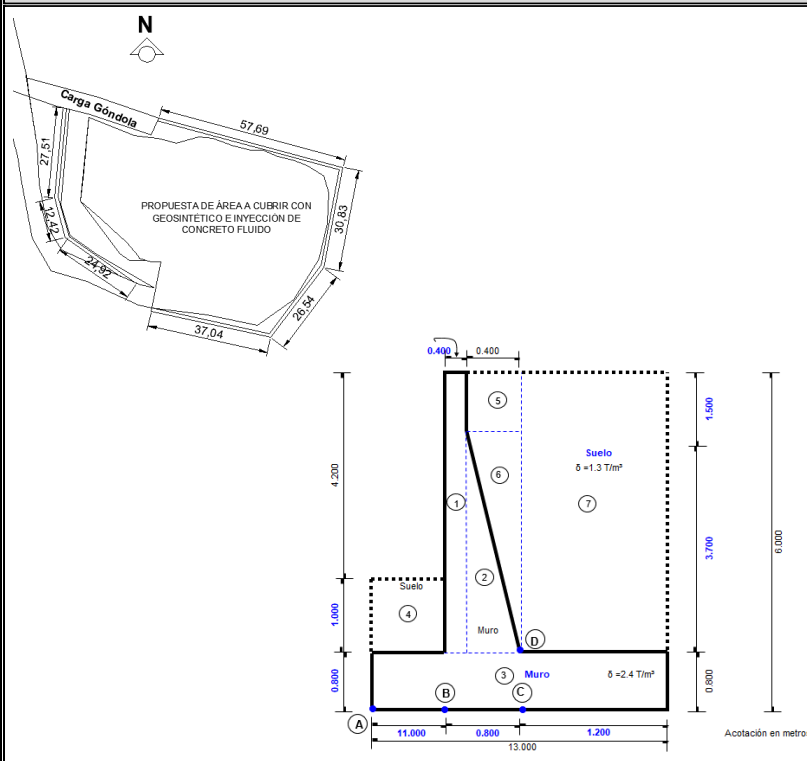
CONCEPTO		DIÁMETRO DE VARILLA	DISTRIBUCIÓN				CANTIDAD DE PIEZAS				CANTIDAD DE ELEMENTOS Y/O PARRILLAS	TIPO DE VARILLA (A-B-C-D)	LOCALIZACIÓN		DIMENSIONES DE LA VARILLA								LONGITUD TOTAL DE LAS VARILLAS							
Suministro, colocación, habilitado y armado de acero de refuerzo fy= 4200 kg/cm2, incluye: acarres to tales, fletes del material, desperdicios, traslapes, silletas, separadores, gancho s, amarres, mano de obra, herramienta y equipo .			ENTRE EJES		LONGITUD DEL CLARO	SEPARACIÓN @	POR DISTRIBUCIÓN	POR ELEMENTO	AJUSTE	TOTAL			ENTRE EJES		L	L'	L''	a	b	TRASLAPE c	LONGITUD TOTAL POR VARILLA	L T V								
			# 2	# 2.5	# 3	# 4	# 5	# 6	# 8																					
			EJE	EJE	m.	m.	CANT.	CANT.	CANT.	CANT.			EJE	EJE	m. xlados	m. xlados	m. xlados	m.	m.	m. xcant.	m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.		
A-02	ACERO LONGITUDINAL	# 6			27.510	0.150	183.4	+ 1	= 184	1	A			12.900 X 1			0.500	0.500	1.000 X 1	14.900	-	-	-	-	-	2,741.600	-			
A-02	ACERO TRANSVERSAL	# 4			13.000	0.200	65.0	+ 1	= 66	2	A			27.410 X 1			0.500	0.500	1.000 X 2	30.410	-	-	-	4,014.120	-	-	-			
A-02	ACERO LONGITUDINAL	# 5			27.510	0.150	183.4	+ 1	= 184	1	A			12.900 X 1			0.500	0.500	1.000 X 1	14.900	-	-	-	-	2,741.600	-	-			
							-		-											-	-	-	-	-	-	-				
A-02	ACERO LONGITUDINAL	# 6			37.040	0.150	246.9	+ 1	= 247	1	A			12.900 X 1			0.500	0.500	1.000 X 1	14.900	-	-	-	-	-	3,680.300	-			
A-02	ACERO TRANSVERSAL	# 4			13.000	0.200	65.0	+ 1	= 66	2	A			27.410 X 1			0.500	0.500	1.000 X 2	30.410	-	-	-	4,014.120	-	-	-			
A-02	ACERO LONGITUDINAL	# 5			37.040	0.150	246.9	+ 1	= 247	1	A			12.900 X 1			0.500	0.500	1.000 X 1	14.900	-	-	-	-	3,680.300	-	-			
							-		-											-	-	-	-	-	-	-				
A-02	ACERO LONGITUDINAL	# 6			12.420	0.150	82.8	+ 1	= 83	1	A			12.900 X 1			0.500	0.500	1.000 X 1	14.900	-	-	-	-	-	1,236.700	-			
A-02	ACERO TRANSVERSAL	# 4			13.000	0.200	65.0	+ 1	= 66	2	A			12.320 X 1			0.500	0.500	1.000 X 2	15.320	-	-	-	2,022.240	-	-	-			
A-02	ACERO LONGITUDINAL	# 5			12.420	0.150	82.8	+ 1	= 83	1	A			12.900 X 1			0.500	0.500	1.000 X 1	14.900	-	-	-	-	1,236.700	-	-			
							-		-											-	-	-	-	-	-	-				
A-02	ACERO LONGITUDINAL	# 6			24.920	0.150	166.1	+ 1	= 167	1	A			12.900 X 1			0.500	0.500	1.000 X 1	14.900	-	-	-	-	-	2,488.300	-			
A-02	ACERO TRANSVERSAL	# 4			13.000	0.200	65.0	+ 1	= 66	2	A			24.820 X 1			0.500	0.500	1.000 X 2	27.820	-	-	-	3,672.240	-	-	-			
A-02	ACERO LONGITUDINAL	# 5			24.920	0.150	166.1	+ 1	= 167	1	A			12.900 X 1			0.500	0.500	1.000 X 1	14.900	-	-	-	-	2,488.300	-	-			
							-		-											-	-	-	-	-	-	-				
							-		-											-	-	-	-	-	-	-				
							-		-											-	-	-	-	-	-	-				
							-		-											-	-	-	-	-	-	-				
							-		-											-	-	-	-	-	-	-				
							-		-											-	-	-	-	-	-	-				
							-		-											-	-	-	-	-	-	-				
							-		-											-	-	-	-	-	-	-				
							-		-											-	-	-	-	-	-	-				
							-		-											-	-	-	-	-	-	-				
							-		-											-	-	-	-	-	-	-				
							-		-											-	-	-	-	-	-	-				
							-		-											-	-	-	-	-	-	-				
							-		-											-	-	-	-	-	-	-				
							-		-											-	-	-	-	-	-	-				
							-		-											-	-	-	-	-	-	-				
							-		-											-	-	-	-	-	-	-				
							-		-											-	-	-	-	-	-	-				
							-		-											-	-	-	-	-	-	-				
							-		-											-	-	-	-	-	-	-				
							-		-											-	-	-	-	-	-	-				
							-		-											-	-	-	-	-	-	-				
							-		-											-	-	-	-	-	-	-				
							-		-											-	-	-	-	-	-	-				
							-		-											-	-	-	-	-	-	-				
							-		-											-	-	-	-	-	-	-				
							-		-											-	-	-	-	-	-	-				
							-		-											-	-	-	-	-	-	-				
							-		-											-	-	-	-	-	-	-				
							-		-											-	-	-	-	-	-	-				
							-		-											-	-	-	-	-	-	-				
							-		-											-	-	-	-	-	-	-				
							-		-											-	-	-	-	-	-	-				
							-		-											-	-	-	-	-	-	-				
							-		-											-	-	-	-	-	-	-				
							-		-											-	-	-	-	-	-	-				
							-		-											-	-	-	-	-	-	-				
							-		-											-	-	-	-	-	-	-				
							-		-											-	-	-	-	-	-	-				
							-		-											-	-	-	-	-	-	-				
							-		-											-	-	-	-	-	-	-				
							-		-											-	-	-	-	-	-	-				
							-		-											-	-	-	-	-	-	-				
							-		-											-	-	-	-	-	-	-				
							-		-											-	-	-	-	-	-	-				
							-		-											-	-	-	-	-	-	-				
							-		-											-	-	-	-	-	-	-				
							-		-											-	-	-	-	-	-	-				
							-		-											-	-	-	-	-	-	-				
							-		-											-	-	-	-	-	-	-				
							-		-											-	-	-	-	-	-	-				
							-		-											-	-	-	-	-	-	-				
							-		-											-	-	-	-	-	-	-				
							-		-											-	-	-	-	-	-	-				
							-		-											-	-	-	-	-	-	-				
							-		-											-	-	-	-	-	-	-				
							-		-											-	-	-	-	-	-	-				
							-		-																					

No.	CLAVE	DESCRIPCION DEL CONCEPTO
11	CP-02	Suministro y colocación de concreto premezclado f'c = 350 kg/cm ² , hecho a base de concreto puzolánico con acelerante de fraguado, TMA 3/4" en zapata corrida de muros de contención, incluye: material puesto en el sitio de los trabajos, desperdicios y colocación.

[illegible]

PROPUESTA PARA MINIMIZAR LA AFECTACIÓN A MANTOS ACUÍFEROS POR LA INADECUADA DISPOSICIÓN DE RESIDUO SÓLIDOS

CROQUIS

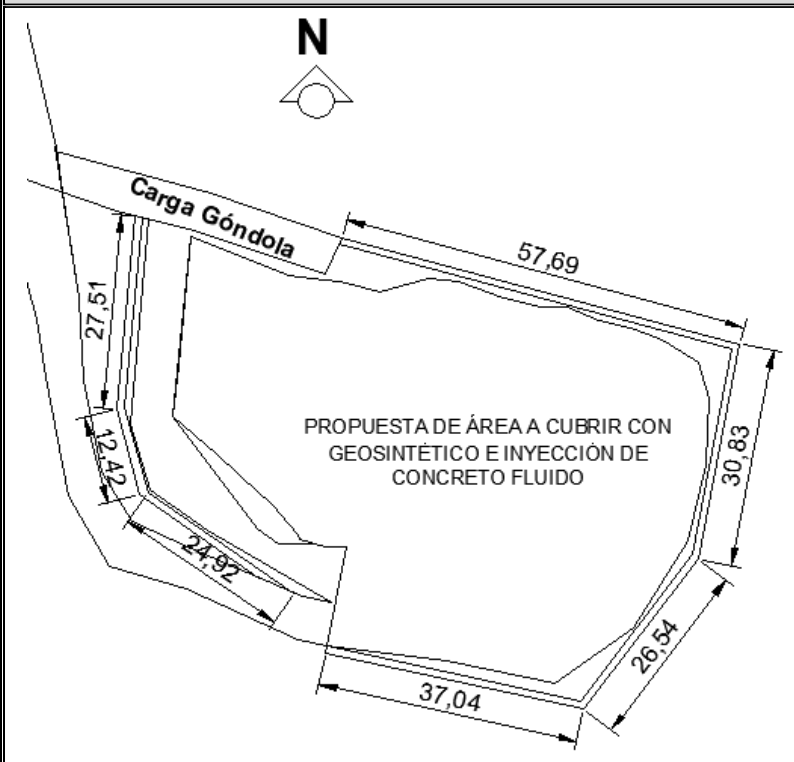


No.	CLAVE	DESCRIPCION DEL CONCEPTO
12	CF-01	Suministro e inyección de concreto fluido resistencia $f'c=150 \text{ kg/cm}^2$, en parte baje de la celda para compensar los livividos extraídos durante la ejecución de los trabajos, incluye: acarreo de la planta al sitio de los trabajos, inyección, equipo, mano de obra, herramienta, desperdicios y equipo.

[illegible]

PROPUESTA PARA MINIMIZAR LA AFECTACIÓN A MANTOS ACUÍFEROS POR LA INADECUADA DISPOSICIÓN DE RESIDUO SÓLIDOS

CROQUIS



ANEXOS

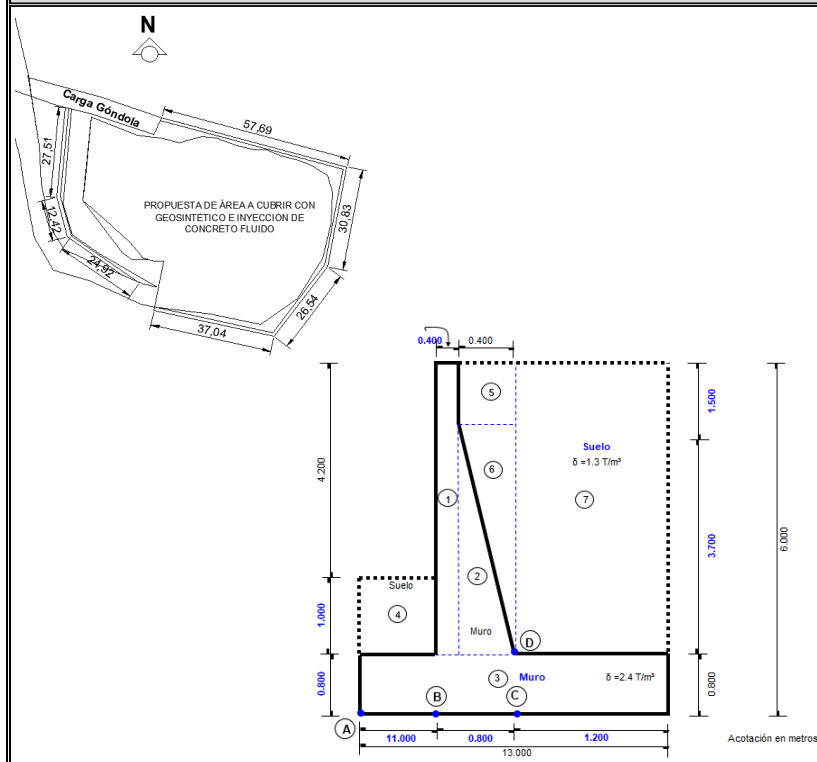
CONCEPTO		DIÁMETRO DE VARILLA	DISTRIBUCIÓN				CANTIDAD DE PIEZAS				CANTIDAD DE ELEMENTOS Y/O PARRILLAS	TIPO DE VARILLA (A-B-C-D)	LOCALIZACIÓN		DIMENSIONES DE LA VARILLA								LONGITUD TOTAL DE LAS VARILLAS							
Suministro, colocación, habilitado y armado de acero de refuerzo fy= 4200 kg/cm2, incluye: acarres totales, elevaciones, andamios, fletes del material, desperdicios, traslapes, silletas, separadores, ganchos, amarres, mano de obra, herramienta y			ENTRE EJES		LONGITUD DEL CLARO	SEPARACIÓN @	POR DISTRIBUCIÓN	POR ELEMENTO	AJUSTE	TOTAL			L	L'	L"	a	b	TRASLAPE c	LONGITUD TOTAL POR VARILLA	L T V										
			#	EJE	EJE	m.	m.	CANT.	CANT.	CANT.			CANT.	m. xlados	m. xlados	m. xlados	m.	m.	m. x cant.	m.	# 2	# 2.5	# 3	# 4	# 5	# 6	# 8			
CLAVE	DESCRIPCIÓN DEL ELEMENTO	#	EJE	EJE	m.	m.	CANT.	CANT.	CANT.	CANT.	CANT.	(A-B-C-D)	EJE	EJE	m. xlados	m. xlados	m. xlados	m.	m.	m. x cant.	m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.			
	ACERO VERTICAL	# 4			27.510	0.200	137.6	+1	= 138	1	A				5.500 X 1			0.200	5.000		10.700	-	-	-	1476.600	-	-	-		
	ACERO VERTICAL ESCARPIO	# 6			27.510	0.150	183.4	+1	= 184	1	B				4.220 X 1	1.450 X 1	1.000 X 1	0.200			6.870	-	-	-	-	-	1264.080	-		
	ACERO TRANSVERSAL	# 4			5.600	0.200	28.0	+1	= 29	1	A				27.410 X 1			0.200	0.200	1.000 X 2	29.810	-	-	-	864.490	-	-	-		
	ACERO TRANSVERSAL ESCARPIO	# 4			5.670	0.200	28.4	+1	= 29	1	A				27.410 X 1			0.200	0.200	1.000 X 2	29.810	-	-	-	864.490	-	-	-		
							-		-												-	-	-	-	-	-	-			
	ACERO VERTICAL	# 4			37.040	0.200	185.2	+1	= 186	1	A				5.500 X 1			0.200	5.000		10.700	-	-	-	1990.200	-	-	-		
	ACERO VERTICAL ESCARPIO	# 6			37.040	0.150	246.9	+1	= 247	1	B				4.220 X 1	1.450 X 1	1.000 X 1	0.200			6.870	-	-	-	-	-	1696.890	-		
	ACERO TRANSVERSAL	# 4			5.600	0.200	28.0	+1	= 29	1	A				36.940 X 1			0.200	0.200	1.000 X 2	39.340	-	-	-	1.140.860	-	-	-		
	ACERO TRANSVERSAL ESCARPIO	# 4			5.670	0.200	28.4	+1	= 29	1	A				36.940 X 1			0.200	0.200	1.000 X 2	39.340	-	-	-	1.140.860	-	-	-		
							-		-												-	-	-	-	-	-	-			
							-		-												-	-	-	-	-	-	-			
	ACERO VERTICAL	# 4			12.420	0.200	62.1	+1	= 63	1	A				5.500 X 1			0.200	5.000		10.700	-	-	-	674.100	-	-	-		
	ACERO VERTICAL ESCARPIO	# 6			12.420	0.150	82.8	+1	= 83	1	B				4.220 X 1	1.450 X 1	1.000 X 1	0.200			6.870	-	-	-	-	-	570.210	-		
	ACERO TRANSVERSAL	# 4			5.600	0.200	28.0	+1	= 29	1	A				12.320 X 1			0.200	0.200	1.000 X 2	14.720	-	-	-	426.880	-	-	-		
	ACERO TRANSVERSAL ESCARPIO	# 4			5.670	0.200	28.4	+1	= 29	1	A				12.320 X 1			0.200	0.200	1.000 X 2	14.720	-	-	-	426.880	-	-	-		
							-		-												-	-	-	-	-	-	-			
	ACERO VERTICAL	# 4			24.920	0.200	124.6	+1	= 125	1	A				5.500 X 1			0.200	5.000		10.700	-	-	-	1337.500	-	-	-		
	ACERO VERTICAL ESCARPIO	# 6			24.920	0.150	166.1	+1	= 167	1	B				4.220 X 1	1.450 X 1	1.000 X 1	0.200			6.870	-	-	-	-	-	1.147.290	-		
	ACERO TRANSVERSAL	# 4			5.600	0.200	28.0	+1	= 29	1	A				24.820 X 1			0.200	0.200	1.000 X 2	27.220	-	-	-	789.380	-	-	-		
	ACERO TRANSVERSAL ESCARPIO	# 4			5.670	0.200	28.4	+1	= 29	1	A				24.820 X 1			0.200	0.200	1.000 X 2	27.220	-	-	-	789.380	-	-	-		
							-		-												-	-	-	-	-	-	-			
							-		-												-	-	-	-	-	-	-			
							-		-												-	-	-	-	-	-	-			
							-		-												-	-	-	-	-	-	-			
							-		-												-	-	-	-	-	-	-			
							-		-												-	-	-	-	-	-	-			
							-		-												-	-	-	-	-	-	-			
							-		-												-	-	-	-	-	-	-			
							-		-												-	-	-	-	-	-	-			
							-		-												-	-	-	-	-	-	-			
							-		-												-	-	-	-	-	-	-			
							-		-												-	-	-	-	-	-	-			
							-		-												-	-	-	-	-	-	-			
							-		-												-	-	-	-	-	-	-			
							-		-												-	-	-	-	-	-	-			
							-		-												-	-	-	-	-	-	-			
							-		-												-	-	-	-	-	-	-			
							-		-												-	-	-	-	-	-	-			
							-		-												-	-	-	-	-	-	-			
							-		-												-	-	-	-	-	-	-			
							-		-												-	-	-	-	-	-	-			
							-		-												-	-	-	-	-	-	-			
							-		-												-	-	-	-	-	-	-			
							-		-												-	-	-	-	-	-	-			
							-		-												-	-	-	-	-	-	-			
							-		-												-	-	-	-	-	-	-			
							-		-												-	-	-	-	-	-	-			
							-		-												-	-	-	-	-	-	-			
							-		-												-	-	-	-	-	-	-			
							-		-												-	-	-	-	-	-	-			
							-		-												-	-	-	-	-	-	-			
							-		-												-	-	-	-	-	-	-			
							-		-												-	-	-	-	-	-	-			
							-		-												-	-	-	-	-	-	-			
							-		-												-	-	-	-	-	-	-			
							-		-												-	-	-	-	-	-	-			
							-		-												-	-	-	-	-	-	-			
							-		-												-	-	-	-	-	-	-			
							-		-												-	-	-	-	-	-	-			
							-		-												-	-	-	-	-	-	-			
							-		-												-	-	-	-	-	-	-			
							-		-												-	-	-	-	-	-	-			
							-		-												-	-	-	-	-	-	-			
							-		-												-	-	-	-	-	-	-			
							-		-												-	-	-	-	-	-	-			
							-		-												-	-	-	-	-	-	-			
							-		-												-	-	-	-	-	-	-			
							-		-												-	-	-	-	-	-	-			
							-		-												-	-	-	-	-	-	-			
							-		-												-	-	-	-	-	-	-			
							-		-												-	-	-	-	-	-	-			
							-		-												-	-	-	-	-	-	-			
							-		-												-	-	-	-	-	-	-			
							-		-												-	-	-	-	-	-	-			
							-		-												-	-	-	-	-	-	-			
							-		-												-	-	-	-	-	-	-			
							-		-												-	-	-	-	-	-	-			
							-		-												-	-	-	-	-	-	-			
							-		-												-	-	-	-	-	-	-			
							-		-												-	-	-	-	-	-	-			
							-		-												-	-	-	-	-	-	-			
							-		-												-	-	-	-	-	-	-			
							-		-												-	-	-	-	-	-	-			

No.	CLAVE	DESCRIPCION DEL CONCEPTO
14	C-03	Suministro y colocación de cimbra de madera común para acabados no aparentes en muros hasta 6.00 m de altura, una cara, incluye: mano de obra para la carga, descarga, acarreo horizontal y vertical, andamios, elevaciones, herramienta y materiales.

NÚMERO GENERADOR					
TRAMO	LONGITUD	ALTURA	PIEZAS	TOTAL	UNIDAD
A	27.51	1.50	1.00	41.27	M2
	27.51	3.72	1.00	102.34	M2
B	12.42	1.50	1.00	18.63	M2
	12.42	3.72	1.00	46.2	M2
C	24.92	1.50	1.00	37.38	M2
	24.92	3.72	1.00	92.7	M2
D	37.04	1.50	1.00	55.56	M2
	37.05	3.72	1.00	137.83	M2
TOTAL DEL CONCEPTO				531.91	M2

PROPUESTA PARA MINIMIZAR LA AFECTACIÓN A MANTOS ACUÍFEROS POR LA INADECUADA DISPOSICIÓN DE RESIDUO SÓLIDOS

CROQUIS

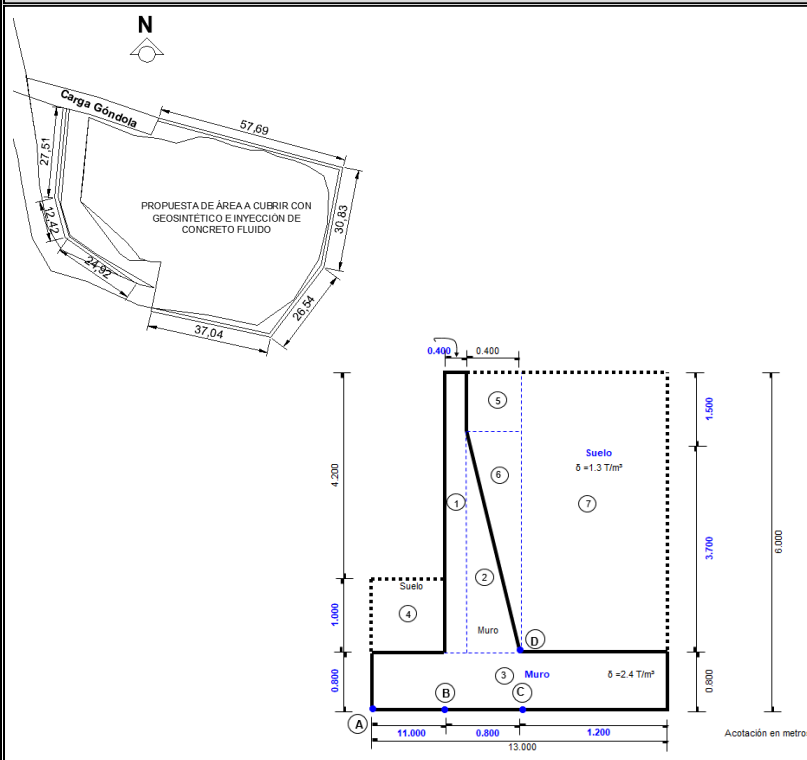


No.	CLAVE	DESCRIPCION DEL CONCEPTO
15	C-04	Suministro y colocación de cimbra de madera de triplay para acabados aparentes en muros hasta 6.00 m de altura, una cara, incluye: mano de obra para la carga, descarga, acarreo horizontales y verticales, andamios, elevaciones, herramienta y materiales.

[illegible]

PROPUESTA PARA MINIMIZAR LA AFECTACIÓN A MANTOS ACUÍFEROS POR LA INADECUADA DISPOSICIÓN DE RESIDUO SÓLIDOS

CROQUIS

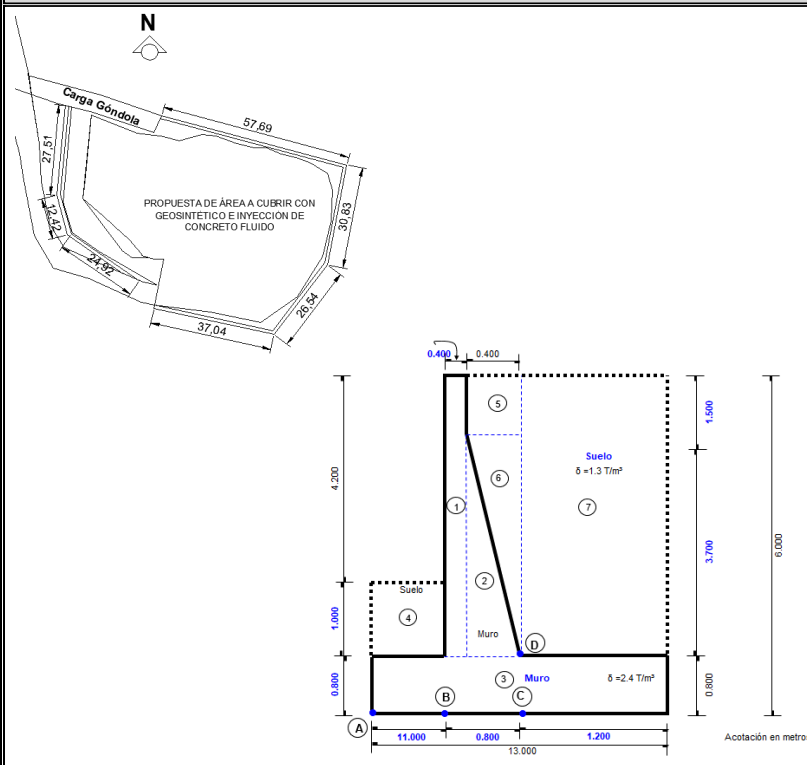


No.	CLAVE	DESCRIPCION DEL CONCEPTO
16	CP-03	Suministro y colocación de concreto premezclado f'c = 350 kg/cm2, hecho a base de concreto puzolánico, con acelerante de fraguado, TMA 3/4" en muros de contención de hasta 6.00 m de altura, incluye: material puesto en el sitio de los trabajos, desperdicios, bombeo y colocación.

NÚMERO GENERADOR					
SECCIÓN	LONGITUD	ANCHO	ALTURA	TOTAL	UNIDAD
TRAMO A					
1	25.71	0.40	5.20	53.48	M3
2	25.71	0.40	3.70	19.03	M3
TRAMO B					
1	12.42	0.40	5.20	25.83	M3
2	12.42	0.40	3.70	9.19	M3
TRAMO C					
1	24.92	0.40	5.20	51.83	M3
2	24.92	0.40	3.70	18.44	M3
TRAMO D					
1	37.04	0.40	5.20	77.04	M3
2	37.04	0.40	3.70	27.41	M3
TOTAL DEL CONCEPTO				282.25	M3

PROPUESTA PARA MINIMIZAR LA AFECTACIÓN A MANTOS ACUÍFEROS POR LA INADECUADA DISPOSICIÓN DE RESIDUO SÓLIDOS

CROQUIS

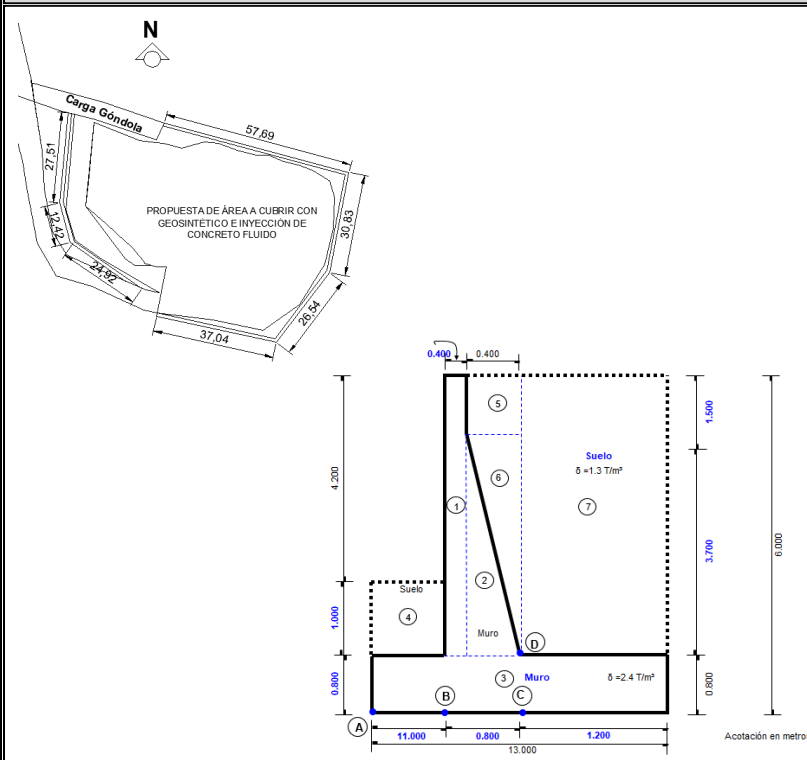


No.	CLAVE	DESCRIPCION DEL CONCEPTO
17	F-01	Suministro y colocación de material filtrante a base de grava de 3 a 5" de diámetro, previamente lavado para su utilización, incluye: acarrees totales a pie del sitio de los trabajos, acarrees horizontales y verticales con carretilla, mano de obra, herramienta y equipo.

NÚMERO GENERADOR					
SECCIÓN	LONGITUD	ANCHO	ALTURA	TOTAL	UNIDAD
TRAMO A					
5	25.71	0.40	1.50	15.43	M3
6	25.71	0.40	3.70	19.03	M3
TRAMO B					
5	12.42	0.40	1.50	7.45	M3
6	12.42	0.40	3.70	9.19	M3
TRAMO C					
5	24.92	0.40	1.50	14.95	M3
6	24.92	0.40	3.70	18.44	M3
TRAMO D					
5	37.04	0.40	1.50	22.22	M3
6	37.04	0.40	3.70	27.41	M3
TOTAL DEL CONCEPTO				134.12	M3

PROPUESTA PARA MINIMIZAR LA AFECTACIÓN A MANTOS ACUÍFEROS POR LA INADECUADA DISPOSICIÓN DE RESIDUO SÓLIDOS

CROQUIS

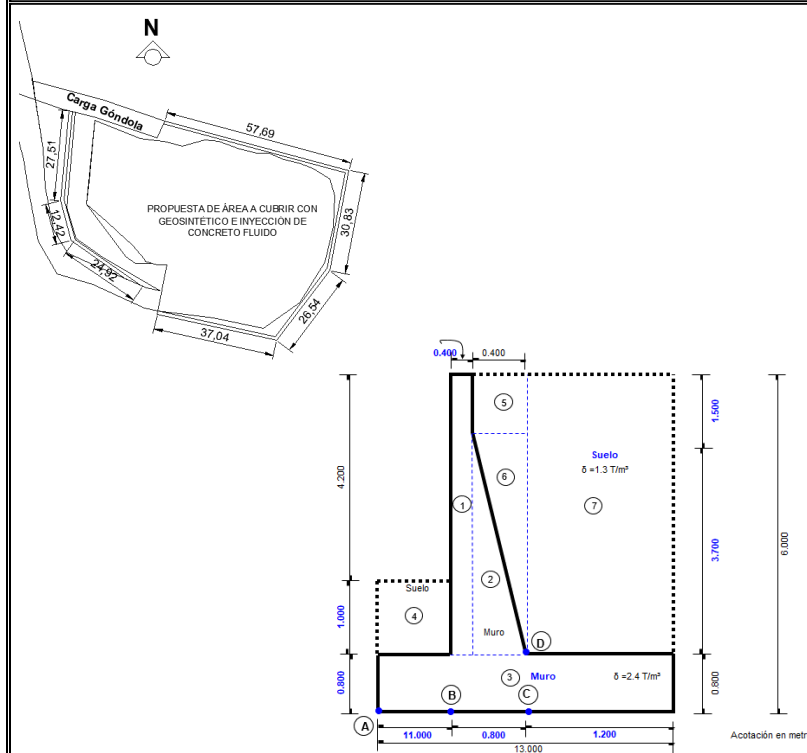


No.	CLAVE	DESCRIPCION DEL CONCEPTO
18	T-01	Suministro e instalación de tubería de PVC de 2" de diámetro para drenaje, incluye: suministro de los materiales puestos en el sitio de los trabajos, mano de obra, herramienta y equipo

[illegible]

PROPUESTA PARA MINIMIZAR LA AFECTACIÓN A MANTOS ACUÍFEROS POR LA INADECUADA DISPOSICIÓN DE RESIDUO SÓLIDOS

CROQUIS

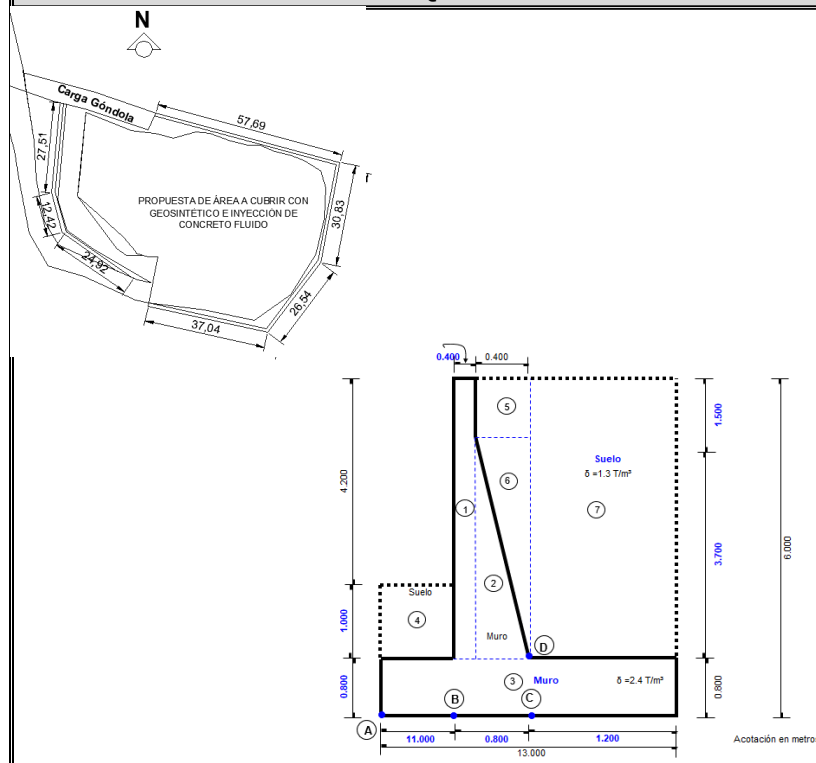


No.	CLAVE	DESCRIPCION DEL CONCEPTO
19	R-01	Relleno con material producto de excavación, para alcanzar niveles de corona de muro de contención, apisonado y compactado al 90% Proctor, incluye: acarrees del sitio de acopio al sitio de los trabajos, carga, descarga, mano de obra, herramienta y equipo.

[illegible]

PROPUESTA PARA MINIMIZAR LA AFECTACIÓN A MANTOS ACUÍFEROS POR LA INADECUADA DISPOSICIÓN DE RESIDUO SÓLIDOS

CROQUIS

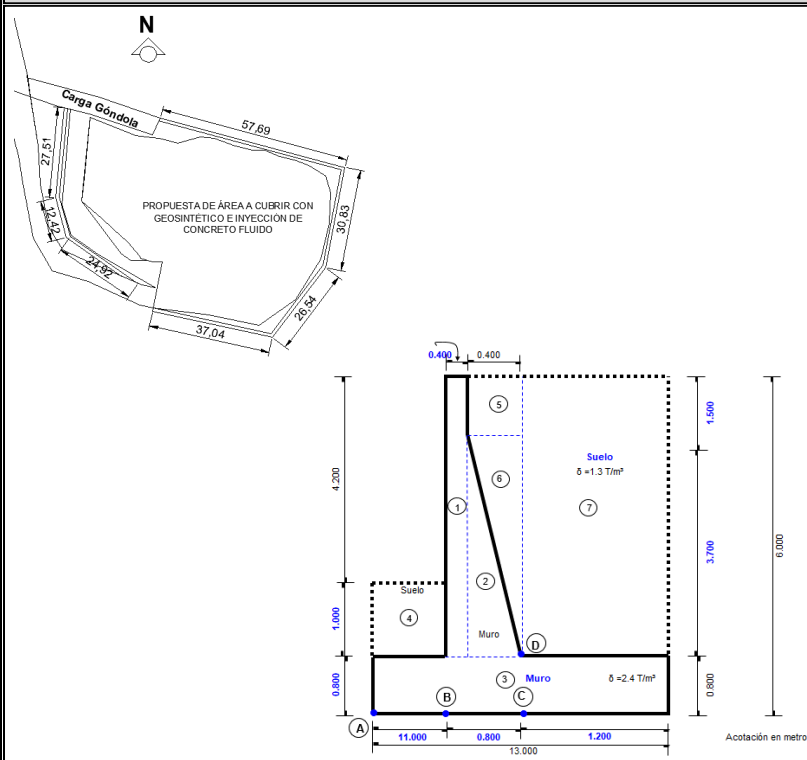


No.	CLAVE	DESCRIPCION DEL CONCEPTO
20	R-02	Relleno con material de banco tepetate, compactado al 90% Proctor, incluye: acarreo del banco al sitio de los trabajos, carga, descarga, mano de obra, herramienta y equipo.

NÚMERO GENERADOR					
TRAMO	LONGITUD	ANCHO	ALTURA	TOTAL	UNIDAD
ESPACIO LIBRE					
TRAMO A					
SECCIÓN 7	27.51	1.20	1.50	49.52	M3
TRAMO B					
SECCIÓN 7	12.42	1.20	1.50	22.36	M3
TRAMO C					
SECCIÓN 7	24.92	1.20	1.50	44.86	M3
TRAMO D					
SECCIÓN 7	37.04	1.20	1.50	66.67	M3
TOTAL DEL CONCEPTO				183.41	M3

PROPUESTA PARA MINIMIZAR LA AFECTACIÓN A MANTOS ACUÍFEROS POR LA INADECUADA DISPOSICIÓN DE RESIDUO SÓLIDOS

CROQUIS

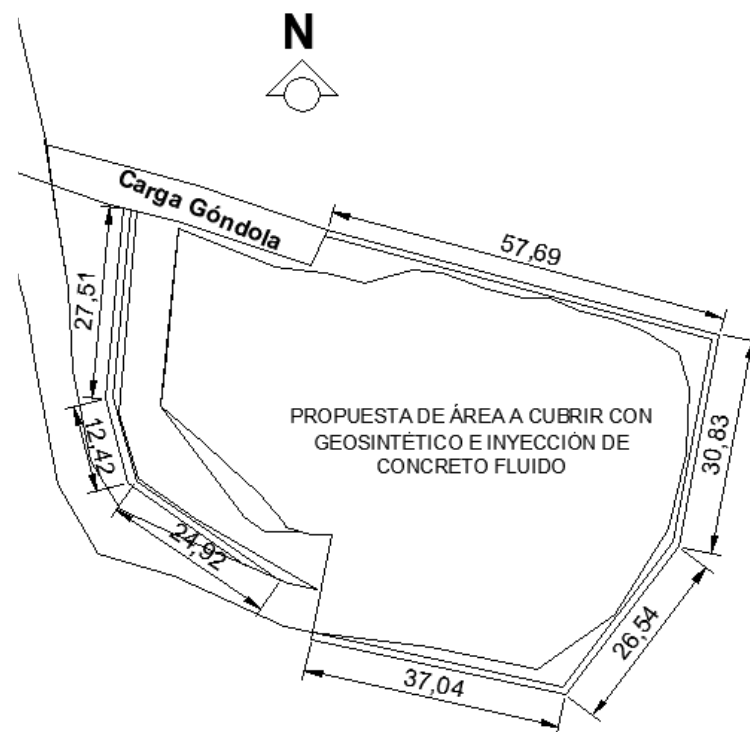


No.	CLAVE	DESCRIPCION DEL CONCEPTO
21	L-02	Limpieza, trazo y nivelación para propósitos de colocación de geomembrana, incluye: mano de obra, herramienta, materiales, equipo y todo lo necesario para su correcta ejecución.

[illegible]

PROPUESTA PARA MINIMIZAR LA AFECTACIÓN A MANTOS ACUÍFEROS POR LA INADECUADA DISPOSICIÓN DE RESIDUO SÓLIDOS

CROQUIS

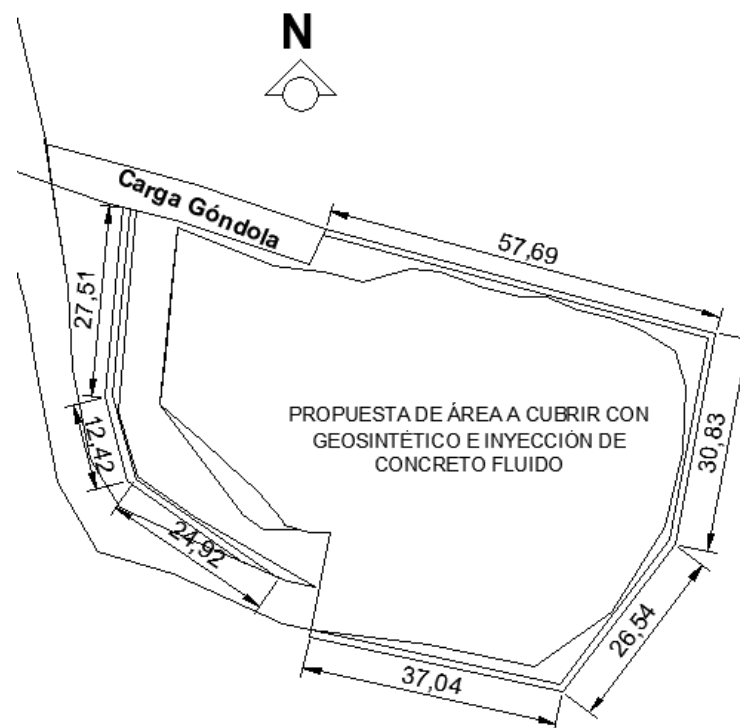


No.	CLAVE	DESCRIPCION DEL CONCEPTO
22	E-02	Excavación con equipo para apertura de caja en zona de acopio y descarga de RSU, en material tipo "I" y "II" o altamente compactado o cementado, húmedo con liviand y presión de RSU, de 0.0 a 3.00 m de profundidad , incluye: mano de obra, equipo, afine, afloje, extracción del material, carga directa a camión, acopio para su posterior uso en relleno y limpieza del fondo de la caja.

[illegible]

PROPUESTA PARA MINIMIZAR LA AFECTACIÓN A MANTOS ACUÍFEROS POR LA INADECUADA DISPOSICIÓN DE RESIDUO SÓLIDOS

CROQUIS

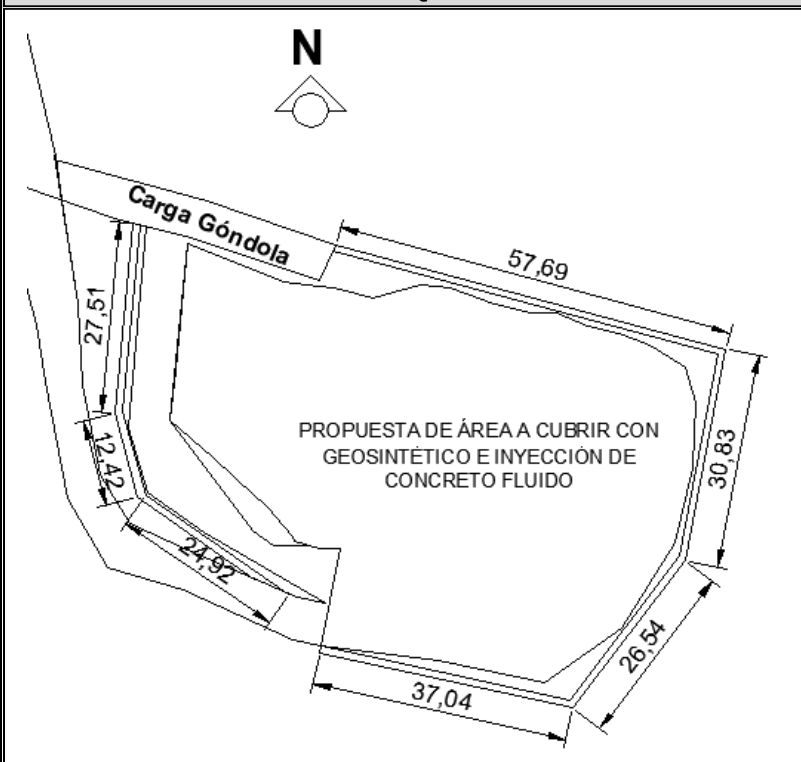


No.	CLAVE	DESCRIPCION DEL CONCEPTO
23	C-05	Compactación al 90% Proctor en fondo de caja, incluye: materiales, mano de obra y maquinaria.

NÚMERO GENERADOR					
TRAMO	LONGITUD	ANCHO	ESPESOR	TOTAL	UNIDAD
				3150.54	M2
TOTAL DEL CONCEPTO				3150.54	M2

PROPUESTA PARA MINIMIZAR LA AFECTACIÓN A MANTOS ACUÍFEROS POR LA INADECUADA DISPOSICIÓN DE RESIDUO SÓLIDOS

CROQUIS

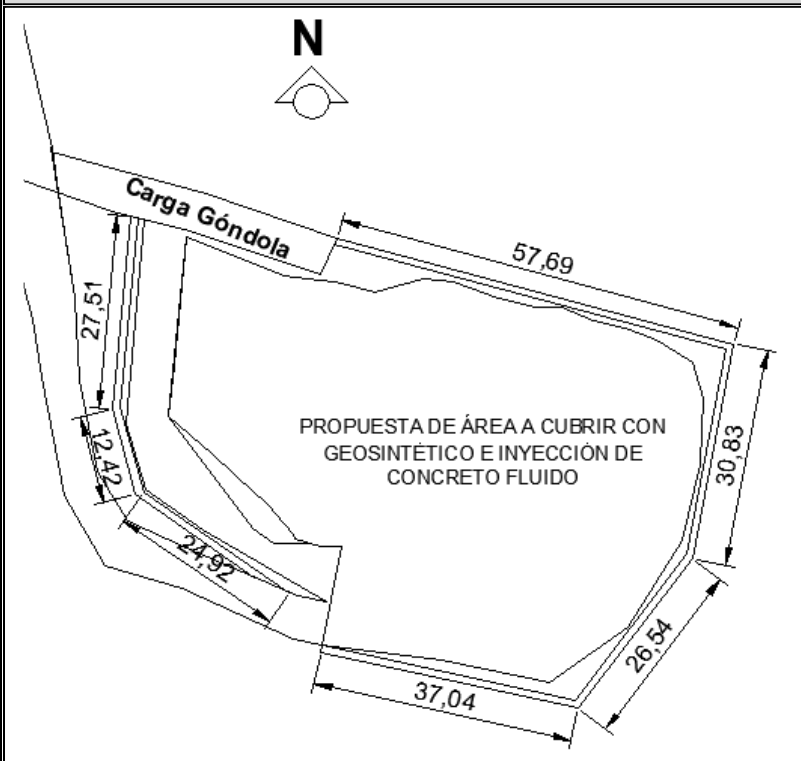


No.	CLAVE	DESCRIPCION DEL CONCEPTO
24	G-01	Suministro y colocación de geomembrana HDPE de 1mm de espesor, colocada en caja abierta en la zona de acopio y descarga de RSU, incluye: materiales puestos a pie del sitio de los trabajos, acarreo horizontal y verticales, termofusionado, traslapes, cortes, desperdicio, mano de obra, herramienta y equipo.

NÚMERO GENERADOR					
TRAMO	LONGITUD	ANCHO	ESPESOR	TOTAL	UNIDAD
				3150.54	M2
TOTAL DEL CONCEPTO				3150.54	M2

PROPUESTA PARA MINIMIZAR LA AFECTACIÓN A MANTOS ACUÍFEROS POR LA INADECUADA DISPOSICIÓN DE RESIDUO SÓLIDOS

CROQUIS

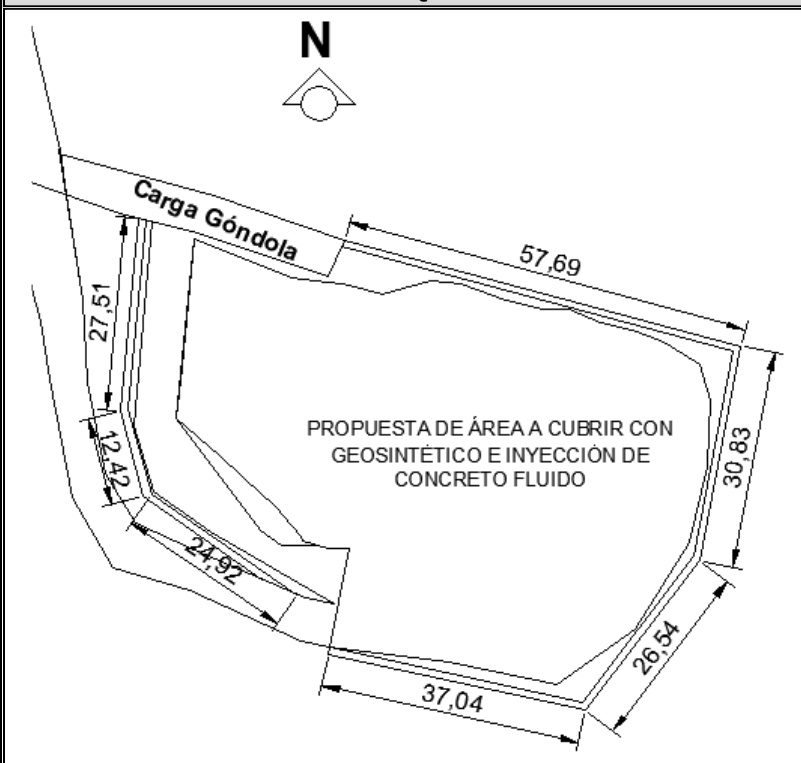


No.	CLAVE	DESCRIPCION DEL CONCEPTO
25	R-03	Relleno con material producto de excavación, para alcanzar niveles de corona de muro de contención, apisonado y compactado con equipo manual, incluye: acarrees del sitio de acopio al sitio de los trabajos, carga, descarga, mano de obra y equipo.

NÚMERO GENERADOR					
TRAMO	LONGITUD	ÁREA	ESPESOR	TOTAL	UNIDAD
		3150.54	3.00	9451.62	M3
TOTAL DEL CONCEPTO				9451.62	M3

PROPUESTA PARA MINIMIZAR LA AFECTACIÓN A MANTOS ACUÍFEROS POR LA INADECUADA DISPOSICIÓN DE RESIDUO SÓLIDOS

CROQUIS



ANEXO G. PRESUPUESTO DE OBRA

No.	Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	P.U.	Importe
		MURO DE CONTENCIÓN PERIMETRAL DE CONCRETO REFORZADO Y GEOMEMBRANA				
		PRELIMINARES				
1	L-01	Limpieza, trazo y nivelación para propósitos de construcción del muro perimetral de contención, incluye: mano de obra, herramienta, materiales y todo lo necesario para su correcta ejecución.	m ²	1202.31	\$ 7.16	\$ 8,608.54
2	C-00	Corte vertical con máquina en taludes de la parte baja del sitio de los trabajos, incluye: mano de obra, maquinaria y equipo, conservación del talud, acarreo y afine.	m ³	440.15	\$ 66.16	\$ 29,120.32
3	C-01	Suministro e instalación de cisterna de PEAD prefabricada de 1100 L de capacidad para acopio de lixiviados, incluye: suministro, colocación, herramienta, equipo y todo lo necesario para su correcta ejecución.	pza	2.00	\$ 7,871.49	\$ 15,742.98
4	A-01	Adecuación de camino provisional para paso de camiones recolectores de RSU, y acceso de góndola a la zona de carga.	p.g.	1.00	\$47,650.05	\$ 47,650.05
		CIMENTACIÓN				
5	E-01	Excavación con equipo, para desplante de estructuras, en material tipo "II" húmedo y/o saturado con lixiviado de 0.0 a 2.00 m de profundidad, incluye: mano de obra, equipo, afine, alojamiento, extracción del material, limpieza del fondo de plantilla, afine de taludes, acopio del material para su posterior utilización en rellenos y carga directa a camión.	m ³	2669.51	\$ 74.69	\$ 199,385.70
6	B-01	Bombeo de achique con bomba de 6" de diámetro para realizar el bombeo a la cisterna de PEAD de los lixiviados provenientes de la celda ocurridos durante el proceso de excavación.	h	240.00	\$ 252.07	\$ 60,496.80
7	M-01	Mejoramiento de suelo para desplante de muro de contención a base de material de banco tepetate, compactado al 90% Proctor en espesor de 1.00 m, incluye: suministro de material, acarreo del banco a pie del sitio de los trabajos, descarga, acarreo horizontal y verticales, mano de obra, maquinaria, materiales necesarios para la correcta ejecución del trabajo y equipo.	m ³	1334.75	\$ 790.49	\$ 1,055,106.53
8	CP-01	Suministro y colocación de plantilla de concreto $f_c = 100 \text{ kg/cm}^2$ de 20 cm de espesor TMA 3/4" de concreto premezclado hecho a base de cemento puzolánico, con acelerante de fraguado, incluye: material puesto en el sitio de los trabajos, desperdicios y colocación.	m ³	266.95	\$ 474.42	\$ 126,646.42
9	A-02	Suministro, colocación, habilitado y armado de acero de refuerzo $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$, incluye: acarres totales, fletes del material, desperdicios, traslapes, silletas, separadores, ganchos, amarres, mano de obra, herramienta y equipo.	kg	52327.52	\$ 36.77	\$ 1,924,082.91
10	C-02	Suministro y colocación de cimbra de madera común para acabados no aparentes en cimentaciones, incluye: mano de obra para la carga, descarga, acarreo horizontal y verticales, herramienta y materiales.	m ²	81.52	\$ 266.65	\$ 21,737.31
11	CP-02	Suministro y colocación de concreto premezclado $f_c = 350 \text{ kg/cm}^2$, hecho a base de concreto puzolánico con acelerante de fraguado, TMA 3/4" en zapata corrida de muros de contención, incluye: material puesto en el sitio de los trabajos, desperdicios y colocación.	m ³	1059.00	\$ 3,566.60	\$ 3,777,029.40
12	CF-01	Suministro e inyección de concreto fluido resistencia $f_c=150 \text{ kg/cm}^2$, en parte baja de la celda para compensar los lixiviados extraídos durante la ejecución de los trabajos, incluye: acarreo de la planta al sitio de los trabajos, inyección, equipo, mano de obra, herramienta, desperdicios y equipo	m ³	2326.88	\$ 2,364.59	\$ 5,502,119.12

No.	Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	P.U.	Importe
		ESTRUCTURA				
13	A-03	Suministro, colocación, habilitado y armado de acero de refuerzo $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$, incluye: acarres totales, elevaciones, andamios, fletes del material, desperdicios, traslapes, silletas, separadores, ganchos, amarres, mano de obra, herramienta y equipo.	kg	22400.49	\$ 37.04	\$ 829,714.15
14	C-03	Suministro y colocación de cimbra de madera común para acabados no aparentes en muros hasta 6.00 m de altura, una cara, incluye: mano de obra para la carga, descarga, acarreo horizontales y verticales, andamios, elevaciones, herramienta y materiales.	m ²	531.91	\$ 271.22	\$ 144,264.63
15	C-04	Suministro y colocación de cimbra de madera de triplay para acabados aparentes en muros hasta 6.00 m de altura, una cara, incluye: mano de obra para la carga, descarga, acarreo horizontales y verticales, andamios, elevaciones, herramienta y materiales.	m ²	529.82	\$ 485.80	\$ 257,386.56
16	CP-03	Suministro y colocación de concreto premezclado $f_c = 350 \text{ kg/cm}^2$, hecho a base de concreto puzolánico, con acelerante de fraguado, TMA 3/4" en muros de contención de hasta 6.00 m de altura, incluye: material puesto en el sitio de los trabajos, desperdicios, bombeo y colocación.	m ³	282.25	\$ 3,875.36	\$ 1,093,820.36
17	F-01	Suministro y colocación de material filtrante a base de grava de 3 a 5" de diámetro, previamente lavado para su utilización, incluye: acarreo total a pie del sitio de los trabajos, acarreo horizontales y verticales con carretilla, mano de obra, herramienta y equipo.	m ³	134.12	\$ 658.14	\$ 88,269.74
18	T-01	Suministro e instalación de tubería de PVC de 2" de diámetro para drenaje, incluye: suministro de los materiales puestos en el sitio de los trabajos, mano de obra, herramienta y equipo	m	412.00	\$ 86.09	\$ 35,469.08
19	R-01	Relleno con material producto de excavación, para alcanzar niveles de corona de muro de contención, apisonado y compactado al 90% Proctor, incluye: acarreo del sitio de acopio al sitio de los trabajos, carga, descarga, mano de obra, herramienta y equipo.	m ³	452.38	\$ 196.58	\$ 88,928.86
20	R-02	Relleno con material de banco tepetate, compactado al 90% Proctor, incluye: acarreo del banco al sitio de los trabajos, carga, descarga, mano de obra, herramienta y equipo.	m ³	183.41	\$ 632.33	\$ 115,975.65
		GEOMEMBRANA				
21	L-02	Limpieza, trazo y nivelación para propósitos de colocación de geomembrana, incluye: mano de obra, herramienta, materiales, equipo y todo lo necesario para su correcta ejecución.	m ²	3150.54	\$ 7.16	\$ 22,557.87
22	E-02	Excavación con equipo para apertura de caja en zona de acopio y descarga de RSU, en material tipo "II" y "III" o altamente compactado o cementado, húmedo con lixiviado y presencia de RSU, de 0.0 a 3.00 m de profundidad, incluye: mano de obra, equipo, afine, afloje, extracción del material, carga directa a camión, acopio para su posterior uso en relleno y limpieza del fondo de la caja.	m ³	9451.62	\$ 74.69	\$ 705,941.50
23	C-05	Compactación al 90% Proctor en fondo de caja, incluye: materiales, mano de obra y maquinaria.	m ²	3150.54	\$ 73.98	\$ 233,076.95
24	G-01	Suministro y colocación de geomembrana HDPE de 1 mm de espesor, colocada en caja abierta en la zona de acopio y descarga de RSU, incluye: materiales puestos a pie del sitio de los trabajos, acarreo horizontales y verticales, termofusionado, traslapes, cortes, desperdicios, mano de obra, herramienta y equipo.	m ²	3150.54	\$ 432.30	\$ 1,361,978.44
25	R-03	Relleno con material producto de excavación, para alcanzar niveles de corona de muro de contención, apisonado y compactado con equipo manual, incluye: acarreo del sitio de acopio al sitio de los trabajos, carga, descarga, mano de obra y equipo.	m ³	9451.62	\$ 266.70	\$ 2,520,747.05

ANEXOS

No.	Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	P.U.	Importe
		TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS				
26	L-03	Vaciado de cisterna de PEAD de 1100 L de capacidad a camión vactor para su disposición y tratamiento en Planta de Tratamiento de agua RECICLAGUA, incluye: vaciado de cisternas, maniobras, transporte y descarga en planta de tratamiento.	Evento	4.00	\$14,685.50	\$ 58,742.00
		ACARREOS				
27	A-04	Acarreo de material producto de excavación al sitio indicado por la Dirección de Servicios Públicos del Municipio de Tlanguistenco, incluye: carga, descarga, acarreo a primer kilómetro y kilómetros subsecuentes y enlonado de camiones para evitar la caída del material transportado.	m ³	2217.13	\$ 370.08	\$ 820,515.47
TOTAL DEL PRESUPUESTO MOSTRADO SIN IVA:						\$ 21,145,114.39
IVA 16.00 %						\$ 3,383,218.30
TOTAL DEL PRESUPUESTO						\$ 24,528,332.69

ANEXO H. ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Código	Concepto	Unidad	P. Unitario	Op.	Cantidad	Importe	%
Partida:	A1	Análisis No.:		10			
Análisis:	01	m2					
Limpieza, trazo y nivelación para propósitos de construcción del muro perimetral de contención, incluye: mano de obra, herramienta, materiales y todo lo necesario para su correcta ejecución.							
MATERIALES							
302-CAL-0102	CALHIDRA, TONELADA	TON	\$2,600.00	*	0.000200	\$0.52	8.54%
305-M3A-0101	DUELA DE PINO DE 3a DE 3/4x4x8' (0.019x0.10x2.44 m)	PZA	\$40.00	*	0.020000	\$0.80	13.14%
304-VAR-0101	HILO CAÑAMO ROLLO DE 100 M	PZA	\$35.90	*	0.001000	\$0.04	0.66%
303-ARF-0201	VARILLA CUALQUIER DIMENSION	kg	\$19.80	*	0.020000	\$0.40	6.57%
SUBTOTAL: MATERIALES						\$1.76	28.90%
MANO DE OBRA							
1T2E	CUADRILLA No 32 (1 TOPOGRAFO+2 AY.ESP.)	JOR	\$1,656.94	/	500.000000	\$3.31	54.35%
SUBTOTAL: MANO DE OBRA						\$3.31	54.35%
EQUIPO Y HERRAMIENTA							
EQUEST	ESTACION TOTAL STS5R DE 5" DE PREC ANGUL	HOR	\$22.27	/	50.000000	\$0.45	7.39%
%MO1	HERRAMIENTA MENOR	%	\$3.31	*	0.030000	\$0.10	1.64%
SUBTOTAL: EQUIPO Y HERRAMIENTA						\$0.55	9.03%
BASICOS							
302-CIM-01-291	CONCRETO DE Fc=100 KG/CM2. HECHO EN OBRA, T.M.A=19 MM, RESISTENCIA NORMAL	m3	\$1,577.65	*	0.000300	\$0.47	7.72%
SUBTOTAL: BASICOS						\$0.47	7.72%
(CD) COSTO DIRECTO						\$6.43	100.00%
(CI) INDIRECTOS					7.7969%	\$0.49	
SUBTOTAL1						\$6.58	
(CF) FINANCIAMIENTO					0.1438%	\$0.01	
SUBTOTAL2						\$6.59	
(CU) UTILIDAD					8.0645%	\$0.53	
SUBTOTAL3						\$7.12	
CARGOS ADICIONALES							
(CA) Cargos Adicionales x SUBTOTAL3					0.502500%	\$0.04	
PRECIO UNITARIO (CD+ CIO+CIC+CF+CU+CA)						\$7.16	
(* SIETE PESOS 16/100 M.N. *)							

Código	Concepto	Unidad	P. Unitario	Op.	Cantidad	Importe	%
--------	----------	--------	-------------	-----	----------	---------	---

Partida: A1 Análisis No.: 20

Análisis: 02 m3

Corte vertical con máquina en taludes de la parte baja del sitio de los trabajos, incluye: mano de obra, maquinaria y equipo, conservación del talud, acarreo y afine.

BASICOS

BASICO-01	Corte de terreno a maquina incluye: maquinaria, mano de obra equipo y herramienta.	m3	\$23.69	*	1.000000	\$23.69	42.06%
BASICO-02	Afine, nivelación y compactación del fondo de la excavación con bailarina, incluye: materiales, mano de obra, equipo y herramienta.	m3	\$32.63	*	1.000000	\$32.63	57.94%

SUBTOTAL:	BASICOS		\$56.32	100.00%
	(CD) COSTO DIRECTO		\$56.32	100.00%
	(CI) INDIRECTOS	7.7969%	\$4.51	
	SUBTOTAL1		\$60.83	
	(CF) FINANCIAMIENTO	0.1438%	\$0.09	
	SUBTOTAL2		\$60.92	
	(CU) UTILIDAD	8.0645%	\$4.91	
	SUBTOTAL3		\$65.83	
	CARGOS ADICIONALES			
	(CA) Cargos Adicionales x SUBTOTAL3	0.502500%	\$0.33	
	PRECIO UNITARIO (CD+ CIO+CIC+CF+CU+CA)		\$66.16	
	(* SESENTA Y SEIS PESOS 16/100 M.N. *)			

Código	Concepto				Unidad	P. Unitario	Op.	Cantidad	Importe	%
Partida:	A1				Análisis No.:		30			
Análisis:	03				PZA					
Suministro e instalación de cisterna de PEAD prefabricada de 1100 L de capacidad para acopio de lixiviados, incluye: suministro, colocación, herramienta, equipo y todo lo necesario para su correcta ejecución.										
MATERIALES										
341-ROT-0402	CISTERNA	1100L	C/BOMBA	S/ACC	PZA	\$5,950.00	*	1.000000	\$5950.00	88.81%
	ROTOPLAS									
SUBTOTAL: MATERIALES									\$5950.00	88.81%
MANO DE OBRA										
1P1E	CUADRILLA	No 20	(1 PLOMERO+	1	JOR	\$1,248.32	/	3.000000	\$416.11	6.21%
	A.Y.ESP.)									
1E1E	CUADRILLA	No 19	(1 ELECTRIC.+A.Y.ESP)		JOR	\$1,248.32	/	4.000000	\$312.08	4.66%
SUBTOTAL: MANO DE OBRA									\$728.19	10.87%
EQUIPO Y HERRAMIENTA										
%MO1	HERRAMIENTA MENOR				%	\$728.19	*	0.030000	\$21.85	0.33%
SUBTOTAL: EQUIPO Y HERRAMIENTA									\$21.85	0.33%
(CD) COSTO DIRECTO									\$6,700.04	100.00%
(CI) INDIRECTOS								7.7969%	\$536.39	
SUBTOTAL1									\$7,236.43	
(CF) FINANCIAMIENTO								0.1438%	\$11.21	
SUBTOTAL2									\$7,247.64	
(CU) UTILIDAD								8.0645%	\$584.49	
SUBTOTAL3									\$7,832.13	
CARGOS ADICIONALES										
(CA) Cargos Adicionales x SUBTOTAL3								0.502500%	\$39.36	
PRECIO UNITARIO (CD+ CIO+CIC+CF+CU+CA)									\$7,871.49	
(* SIETE MIL OCHOCIENTOS SETENTA Y UN PESOS 49/100 M.N. *)										

Código	Concepto	Unidad	P. Unitario	Op.	Cantidad	Importe	%
--------	----------	--------	-------------	-----	----------	---------	---

Partida: A1 Análisis No.: 40

Análisis: 04 p.g.

Adecuación de camino provisional para paso de camiones recolectores de RSU, y acceso de góndola a la zona de carga.

BASICOS

BASI-EXCV-01	EXCAVACIÓN CON MAQUINARÍA DE CEPAS EN MATERIA TIPO "A" SECO DE 0.00 A -2.00 M. INCLUYE CARGA A CAMIÓN, MANO DE OBRA, EQUIPO Y HERRAMIENTA.	m3	\$43.95	*	225.000000	\$9888.75	24.38%
BASI-RELL-01	RELLENO DE CEPAS CON MATERIAL PRODUCTO DE LA EXCAVACIÓN, ADICIONANDO AGUA COMPACTADO CON EQUIPO EN CAPAS DE 20 CM, INCLUYE SUMINISTRO DE MATERIALES, MANO DE OBRA, EQUIPO Y HERRAMIENTA.	m3	\$103.68	*	200.000000	\$20736.00	51.13%
BASI-COMPC-01	Formación y compactación de sub-rasante con material producto del corte, al 90 % de su pvsm, incluye: acamellonado, extendido del material, incorporación de agua, homogenizado, compactado en capas de 20 cm de espesor, maquinaria, mano de obra, equipo y herramienta.	m3	\$62.97	*	100.000000	\$6297.00	15.53%
BASI-ACARREO	CARGA MECANICA+ ACARREO 1 ER KILOMETRO + 1 KILOMETRO SUBSECUENTE	m3	\$36.37	*	100.000000	\$3637.00	8.97%

SUBTOTAL:	BASICOS		\$40558.75	100.00%
	(CD) COSTO DIRECTO		\$40,558.75	100.00%
	(CI) INDIRECTOS	7.7969%	\$3,247.01	
	SUBTOTAL1		\$43,805.76	
	(CF) FINANCIAMIENTO	0.1438%	\$67.86	
	SUBTOTAL2		\$43,873.62	
	(CU) UTILIDAD	8.0645%	\$3,538.19	
	SUBTOTAL3		\$47,411.81	
	CARGOS ADICIONALES			
	(CA) Cargos Adicionales x SUBTOTAL3	0.502500%	\$238.24	
	PRECIO UNITARIO (CD+ CIO+CIC+CF+CU+CA)		\$47,650.05	
	(* CUARENTA Y SIETE MIL SEISCIENTOS CINCUENTA PESOS 05/100 M.N. *)			

Código	Concepto	Unidad	P. Unitario	Op.	Cantidad	Importe	%
--------	----------	--------	-------------	-----	----------	---------	---

Partida: A2 Análisis No.: 10

Análisis: 05 m3

Excavación con equipo, para desplante de estructuras, en material tipo "I" húmedo y/o saturado con lixiviado de 0.0 a 2.00 m de profundidad, incluye: mano de obra, equipo, afine, afloje, extracción del material, limpieza del fondo de plantilla, afine de taludes, acopio del material para su posterior utilización en rellenos y carga directa a camión.

MANO DE OBRA

CUA-010	CUADRILLA 010 AYUDANTE + CABO DE JOR OF 1/20	\$405.85	/	50.000000	\$8.12	12.77%
---------	---	----------	---	-----------	--------	--------

SUBTOTAL: MANO DE OBRA		\$8.12	12.77%
------------------------	--	--------	--------

EQUIPO Y HERRAMIENTA

EQUIPO/06	Retroexcavadora marca "Yumbo", modelo 630 L (antes Y-90) sobre orugas, con motor diesel "International" D-358 de 103 H.P., carter de 11.50 litros.	HOR	\$763.05	*	0.025000	\$19.08	30.01%
-----------	--	-----	----------	---	----------	---------	--------

SUBTOTAL: EQUIPO Y HERRAMIENTA		\$19.08	30.01%
--------------------------------	--	---------	--------

BASICOS

BASI-ACARREO CARGA MECANICA+	ACARREO 1 ER	m3	\$36.37	*	1.000000	\$36.37	57.21%
KILOMETRO +	1 KILOMETRO						
SUBSECUENTE							

SUBTOTAL: BASICOS		\$36.37	57.21%
-------------------	--	---------	--------

(CD) COSTO DIRECTO	\$63.57	100.00%
--------------------	---------	---------

(C) INDIRECTOS	7.7969%	\$5.09
----------------	---------	--------

SUBTOTAL1	\$68.66
-----------	---------

(CF) FINANCIAMIENTO	0.1438%	\$0.11
---------------------	---------	--------

SUBTOTAL2	\$68.77
-----------	---------

(CU) UTILIDAD	8.0645%	\$5.55
---------------	---------	--------

SUBTOTAL3	\$74.32
-----------	---------

CARGOS ADICIONALES

(CA) Cargos Adicionales x SUBTOTAL3	0.502500%	\$0.37
-------------------------------------	-----------	--------

PRECIO UNITARIO (CD+ CIO+CIC+CF+CU+CA)	\$74.69
--	---------

(* SETENTA Y CUATRO PESOS 69/100 M.N. *)

Código	Concepto	Unidad	P. Unitario	Op.	%	Cantidad	Importe	%
Partida:	A2	Análisis No.:		20				
Análisis:	06	h						
Bombeo de achique con bomba de 6" de diámetro para realizar el bombeo a la cisterna de PEAD de los lixiviados provenientes de la celda ocurridos durante el proceso de excavación.								
MANO DE OBRA								
1A-U	CUADRILLA No. 72 (1 AYUDANTE)	JOR	\$506.18	*		0.125000	\$63.27	29.49%
	URBANIZACION							
SUBTOTAL: MANO DE OBRA							\$63.27	29.49%
EQUIPO Y HERRAMIENTA								
%MO1	HERRAMIENTA MENOR	%	\$63.27	*		0.030000	\$1.90	0.89%
EQBOMBA2	Bomba de agua autocebante tipo caracol barnes de 18 hp de 6" motor Briggs-Straton gasolina manguera de succion 6" x 6.1m descargada 6" x 15.24 m. rueda	HOR	\$149.38	*		1.000000	\$149.38	69.62%
SUBTOTAL: EQUIPO Y HERRAMIENTA							\$151.28	70.51%
(CD) COSTO DIRECTO							\$214.55	100.00%
(CI) INDIRECTOS						7.7969%	\$17.18	
SUBTOTAL1							\$231.73	
(CF) FINANCIAMIENTO						0.1438%	\$0.36	
SUBTOTAL2							\$232.09	
(CU) UTILIDAD						8.0645%	\$18.72	
SUBTOTAL3							\$250.81	
CARGOS ADICIONALES								
(CA) Cargos Adicionales x SUBTOTAL3						0.502500%	\$1.26	
PRECIO UNITARIO (CD+ CIO+CIC+CF+CU+CA)							\$252.07	
(* DOSCIENTOS CINCUENTA Y DOS PESOS 07/100 M.N. *)								

Código	Concepto	Unidad	P. Unitario	Op.	Cantidad	Importe	%
Partida:	A2	Análisis No.:		30			
Análisis:	07	m3					
Mejoramiento de suelo para desplante de muro de contención a base de material de banco tepetate, compactado al 90% Proctor en espesor de 1.00 m, incluye: suministro de material, acarreo del banco a pie del sitio de los trabajos, descarga, acarreo horizontal y vertical, mano de obra, maquinaria, materiales necesarios para la correcta ejecución del trabajo y equipo.							
MATERIALES							
301-TEP-0103	TEPETATE PUESTO EN OBRA, M3	m3	\$290.00	*	1.300000	\$377.00	56.03%
358-AGU-0201	AGUA DE PIPA	m3	\$90.89	*	0.150000	\$13.63	2.03%
SUBTOTAL: MATERIALES						\$390.63	58.06%
MANO DE OBRA							
1P-U	CUADRILLA No 71 (1 PEON) JOR		\$479.02	*	0.330000	\$158.08	23.49%
URBANIZACION							
SUBTOTAL: MANO DE OBRA						\$158.08	23.49%
EQUIPO Y HERRAMIENTA							
EQBAILAR	BAILARINA DE 4.5 HP	HOR	\$119.39	*	1.000000	\$119.39	17.74%
%MO1	HERRAMIENTA MENOR	%	\$158.08	*	0.030000	\$4.74	0.70%
SUBTOTAL: EQUIPO Y HERRAMIENTA						\$124.13	18.45%
(CD) COSTO DIRECTO						\$672.84	100.00%
(CI) INDIRECTOS					7.7969%	\$53.87	
SUBTOTAL1						\$726.71	
(CF) FINANCIAMIENTO					0.1438%	\$1.13	
SUBTOTAL2						\$727.84	
(CU) UTILIDAD					8.0645%	\$58.70	
SUBTOTAL3						\$786.54	
CARGOS ADICIONALES							
(CA) Cargos Adicionales x SUBTOTAL3					0.502500%	\$3.95	
PRECIO UNITARIO (CD+ CIO+CIC+CF+CU+CA)						\$790.49	
(* SETECIENTOS NOVENTA PESOS 49/100 M.N. *)							

Código	Concepto	Unidad	P. Unitario	Op.	Cantidad	Importe	%
Partida:	A2	Análisis No.:		40			
Análisis:	08	m3					
Suministro y colocación de plantilla de concreto f'c = 100 kg/cm2 de 20 cm de espesor TMA 3/4" de concreto premezclado hecho a base de cemento puzolánico, con acelerante de fraguado, incluye: material puesto en el sitio de los trabajos, desperdicios y colocación.							
MATERIALES							
307-CON-0201	CONCRETO PREMEZCLADO Fc=100 KG/CM2, A 14 DIAS	m3	\$1,712.16	*	0.210000	\$359.55	89.04%
SUBTOTAL: MATERIALES						\$359.55	89.04%
MANO DE OBRA							
1A1P	CUADRILLA No 5 (1 ALBAÑIL+1 PEON)	JOR	\$1,160.18	/	27.000000	\$42.97	10.64%
SUBTOTAL: MANO DE OBRA						\$42.97	10.64%
EQUIPO Y HERRAMIENTA							
%MO1	HERRAMIENTA MENOR	%	\$42.97	*	0.030000	\$1.29	0.32%
SUBTOTAL: EQUIPO Y HERRAMIENTA						\$1.29	0.32%
(CD) COSTO DIRECTO						\$403.81	100.00%
(CI) INDIRECTOS					7.7969%	\$32.33	
SUBTOTAL1						\$436.14	
(CF) FINANCIAMIENTO					0.1438%	\$0.68	
SUBTOTAL2						\$436.82	
(CU) UTILIDAD					8.0645%	\$35.23	
SUBTOTAL3						\$472.05	
CARGOS ADICIONALES							
(CA) Cargos Adicionales x SUBTOTAL3					0.502500%	\$2.37	
PRECIO UNITARIO (CD+ CIO+CIC+CF+CU+CA)						\$474.42	
(* CUATROCIENTOS SETENTA Y CUATRO PESOS 42/100 M.N. *)							

Código	Concepto	Unidad	P. Unitario	Op.	Cantidad	Importe	%
Partida:	A2						
				Análisis No.:	50		
Análisis:	09			kg			
Suministro, colocación, habilitado y armado de acero de refuerzo fy = 4200 kg/cm2, incluye: acarres totales, fletes del material, desperdicios, traslapes, silletas, separadores, ganchos, amarres, mano de obra, herramienta y equipo.							
MATERIALES							
303-ARF-1101	ALAMBRE RECOCIDO CAL. 16, (1.59 mm Ø), KG, 0.016 KG/M	kg	\$39.50	*	0.050000	\$1.98	6.33%
303-ARF-0201	VARILLA CUALQUIER DIMENSION	kg	\$19.80	*	1.090000	\$21.58	68.95%
SUBTOTAL:	MATERIALES					\$23.56	75.27%
MANO DE OBRA							
1F1A	CUADRILLA No 6 (1 FIERRERO + 1 JOR AYUDANTE)		\$1,201.47	/	160.000000	\$7.51	23.99%
SUBTOTAL:	MANO DE OBRA					\$7.51	23.99%
EQUIPO Y HERRAMIENTA							
%MO1	HERRAMIENTA MENOR	%	\$7.51	*	0.030000	\$0.23	0.73%
SUBTOTAL:	EQUIPO Y HERRAMIENTA					\$0.23	0.73%
	(CD) COSTO DIRECTO					\$31.30	100.00%
	(CI) INDIRECTOS				7.7969%	\$2.51	
	SUBTOTAL1					\$33.81	
	(CF) FINANCIAMIENTO				0.1438%	\$0.05	
	SUBTOTAL2					\$33.86	
	(CU) UTILIDAD				8.0645%	\$2.73	
	SUBTOTAL3					\$36.59	
	CARGOS ADICIONALES						
	(CA) Cargos Adicionales x SUBTOTAL3				0.502500%	\$0.18	
	PRECIO UNITARIO (CD+ CIO+CIC+CF+CU+CA)					\$36.77	
	(* TRENTA Y SEIS PESOS 77/100 M.N. *)						

Código	Concepto	Unidad	P. Unitario	Op.	Cantidad	Importe	%
Partida:	A2	Análisis No.:		60			
Análisis:	10	m2					
Suministro y colocación de cimbra de madera común para acabados no aparentes en cimentaciones, incluye: mano de obra para la carga, descarga, acarreos horizontales y verticales, herramienta y materiales.							
MATERIALES							
305-M3A-0101	DUELA DE PINO DE 3a DE 3/4x4x8' (0.019x0.10x2.44 m)	PZA	\$40.00	*	1.000000	\$40.00	17.62%
305-M3A-0201	BARROTE DE PINO DE 3a, DE 1 1/2x3 1/2x8'	PZA	\$65.00	*	0.300000	\$19.50	8.59%
305-M3A-0301	POLIN DE PINO DE 3a, DE 3 1/2x3 1/2x8'	PZA	\$125.00	*	0.100000	\$12.50	5.51%
303-ARF-1101	ALAMBRE RECOCIDO CAL. 16, (1.59 mm Ø), KG, 0.016 KG/M	kg	\$39.50	*	0.200000	\$7.90	3.48%
359-CMB-0101	DIESEL	LT	\$21.80	*	0.300000	\$6.54	2.88%
305-CLA-1301	CLAVOS PARA MADERA DE 2 1/2 (260 pzas/kg) CAJA DE 25 KG	kg	\$33.00	*	0.110000	\$3.63	1.60%
305-CLA-1401	CLAVOS PARA MADERA DE 4 (77 pzas/kg) CAJA DE 25 KG	kg	\$33.00	*	0.110000	\$3.63	1.60%
SUBTOTAL: MATERIALES						\$93.70	41.28%
MANO DE OBRA							
1C1A	CUADRILLA No 7 (1 CARP. O.N. + AYUDANTE)	JOR	\$1,229.17	/	9.500000	\$129.39	57.01%
SUBTOTAL: MANO DE OBRA						\$129.39	57.01%
EQUIPO Y HERRAMIENTA							
%MO1	HERRAMIENTA MENOR	%	\$129.39	*	0.030000	\$3.88	1.71%
SUBTOTAL: EQUIPO Y HERRAMIENTA						\$3.88	1.71%
(CD) COSTO DIRECTO						\$226.97	100.00%
(CI) INDIRECTOS					7.7969%	\$18.17	
SUBTOTAL1						\$245.14	
(CF) FINANCIAMIENTO					0.1438%	\$0.38	
SUBTOTAL2						\$245.52	
(CU) UTILIDAD					8.0645%	\$19.80	
SUBTOTAL3						\$265.32	
CARGOS ADICIONALES							
(CA) Cargos Adicionales x SUBTOTAL3					0.502500%	\$1.33	
PRECIO UNITARIO (CD+ CIO+CIC+CF+CU+CA)						\$266.65	
(* DOSCIENTOS SESENTA Y SEIS PESOS 65/100 M.N. *)							

Código	Concepto	Unidad	P. Unitario	Op.	Cantidad	Importe	%
Partida:	A2	Análisis No.:		70			
Análisis:	11	m3					
Suministro y colocación de concreto premezclado f'c = 350 kg/cm2, hecho a base de concreto puzolánico con acelerante de fraguado, TMA 3/4" en zapata corrida de muros de contención, incluye: material puesto en el sitio de los trabajos, desperdicios y colocación.							
MATERIALES							
307-CON-0103	CONCRETO PREMEZCLADO Fc=350 KG/CM2, 14 DIAS	m3	\$2,276.60	*	1.050000	\$2390.43	78.74%
SUBTOTAL: MATERIALES						\$2390.43	78.74%
MANO DE OBRA							
1A5P	CUADRILLA No 22 (1 ALBAÑIL + 5 PEONES)	JOR	\$3,076.24	/	5.500000	\$559.32	18.42%
SUBTOTAL: MANO DE OBRA						\$559.32	18.42%
EQUIPO Y HERRAMIENTA							
EQVIB	VIBRADOR PARA CONCRETO	HOR	\$92.39	*	0.750000	\$69.29	2.28%
%MO1	HERRAMIENTA MENOR	%	\$559.32	*	0.030000	\$16.78	0.55%
SUBTOTAL: EQUIPO Y HERRAMIENTA						\$86.07	2.84%
(CD) COSTO DIRECTO						\$3,035.82	100.00%
(CI) INDIRECTOS					7.7969%	\$243.04	
SUBTOTAL1						\$3,278.86	
(CF) FINANCIAMIENTO					0.1438%	\$5.08	
SUBTOTAL2						\$3,283.94	
(CU) UTILIDAD					8.0645%	\$264.83	
SUBTOTAL3						\$3,548.77	
CARGOS ADICIONALES							
(CA) Cargos Adicionales x SUBTOTAL3					0.502500%	\$17.83	
PRECIO UNITARIO (CD+ CIO+CIC+CF+CU+CA)						\$3,566.60	
(* TRES MIL QUINIENTOS SESENTA Y SEIS PESOS 60/100 M.N. *)							

Código	Concepto	Unidad	P. Unitario	Op.	Cantidad	Importe	%
Partida:	A2	Análisis No.:		80			
Análisis:	12	m3					
Suministro e inyección de concreto fluido resistencia f'c=150 kg/cm2, en parte baje de la celda para compensar los lixiviados extraídos durante la ejecución de los trabajos, incluye: acarreo de la planta al sitio de los trabajos, inyección, equipo, mano de obra, herramienta, desperdicios y equipo							
MATERIALES							
19CON3215	CONCRETO PREMEZ F' C= 150 KG/CM2, TIPO RELLENO FLUIDO	m3	\$1,712.00	*	1.050000	\$1797.60	89.31%
SUBTOTAL: MATERIALES						\$1797.60	89.31%
MANO DE OBRA							
1A1P	CUADRILLA No 5 (1 ALBAÑIL+1 PEON)	JOR	\$1,160.18	*	0.180000	\$208.83	10.38%
SUBTOTAL: MANO DE OBRA						\$208.83	10.38%
EQUIPO Y HERRAMIENTA							
%MO1	HERRAMIENTA MENOR	%	\$208.83	*	0.030000	\$6.26	0.31%
SUBTOTAL: EQUIPO Y HERRAMIENTA						\$6.26	0.31%
(CD) COSTO DIRECTO						\$2,012.69	100.00%
<i>(CI) INDIRECTOS</i>					7.7969%	\$161.13	
SUBTOTAL1						\$2,173.82	
<i>(CF) FINANCIAMIENTO</i>					0.1438%	\$3.37	
SUBTOTAL2						\$2,177.19	
<i>(CU) UTILIDAD</i>					8.0645%	\$175.58	
SUBTOTAL3						\$2,352.77	
CARGOS ADICIONALES							
<i>(CA) Cargos Adicionales x SUBTOTAL3</i>					0.502500%	\$11.82	
PRECIO UNITARIO (CD+ CIO+CIC+CF+CU+CA)						\$2,364.59	
(* DOS MIL TRESCIENTOS SESENTA Y CUATRO PESOS 59/100 M.N. *)							

ANEXOS

Código	Concepto	Unidad	P. Unitario	Op.	Cantidad	Importe	%
Partida:	A3	Análisis No.:		10			
Análisis:	13			kg			
Suministro, colocación, habilitado y armado de acero de refuerzo fy = 4200 kg/cm2, incluye: acarres totales, elevaciones, andamios, fletes del material, desperdicios, traslapes, silletas, separadores, ganchos, amarres, mano de obra, herramienta y equipo.							
MATERIALES							
303-ARF-1101	ALAMBRE RECOCIDO CAL. 16, (1.59 mm Ø), KG, 0.016 KG/M	kg	\$39.50	*	0.050000	\$1.98	6.28%
303-ARF-0201	VARILLA CUALQUIER DIMENSION	kg	\$19.80	*	1.090000	\$21.58	68.44%
SUBTOTAL: MATERIALES						\$23.56	74.72%
MANO DE OBRA							
1F1A	CUADRILLA No 6 (1 FIERRERO + 1 AYUDANTE)	JOR	\$1,201.47	/	160.000000	\$7.51	23.82%
SUBTOTAL: MANO DE OBRA						\$7.51	23.82%
EQUIPO Y HERRAMIENTA							
%MO1	HERRAMIENTA MENOR	%	\$7.51	*	0.030000	\$0.23	0.73%
%MO2	ANDAMIOS	%	\$7.51	*	0.030000	\$0.23	0.73%
SUBTOTAL: EQUIPO Y HERRAMIENTA						\$0.46	1.46%
(CD) COSTO DIRECTO						\$31.53	100.00%
<i>(CI) INDIRECTOS</i>					7.7969%	\$2.52	
SUBTOTAL1						\$34.05	
<i>(CF) FINANCIAMIENTO</i>					0.1438%	\$0.05	
SUBTOTAL2						\$34.10	
<i>(CU) UTILIDAD</i>					8.0645%	\$2.75	
SUBTOTAL3						\$36.85	
CARGOS ADICIONALES							
<i>(CA) Cargos Adicionales x SUBTOTAL3</i>					0.502500%	\$0.19	
PRECIO UNITARIO (CD+ CIO+CIC+CF+CU+CA)						\$37.04	
(* TRENTA Y SIETE PESOS 04/100 M.N. *)							

Código	Concepto	Unidad	P. Unitario	Op.	Cantidad	Importe	%
Partida:	A3	Análisis No.:		20			
Análisis:	14	m2					
Suministro y colocación de cimbra de madera común para acabados no aparentes en muros hasta 6.00 m de altura, una cara, incluye: mano de obra para la carga, descarga, acarreos horizontales y verticales, andamios, elevaciones, herramienta y materiales.							
MATERIALES							
305-M3A-0101	DUELA DE PINO DE 3a DE 3/4x4x8' (0.019x0.10x2.44 m)	PZA	\$40.00	*	1.000000	\$40.00	17.33%
305-M3A-0201	BARROTE DE PINO DE 3a, DE 1 1/2x3 1/2x8'	PZA	\$65.00	*	0.300000	\$19.50	8.45%
305-M3A-0301	POLIN DE PINO DE 3a, DE 3 1/2x3 1/2x8'	PZA	\$125.00	*	0.100000	\$12.50	5.41%
303-ARF-1101	ALAMBRE RECOCIDO CAL. 16, (1.59 mm Ø), KG, 0.016 KG/M	kg	\$39.50	*	0.200000	\$7.90	3.42%
359-CMB-0101	DIESEL	LT	\$21.80	*	0.300000	\$6.54	2.83%
305-CLA-1301	CLAVOS PARA MADERA DE 2 1/2 (260 pzas/kg) CAJA DE 25 KG	kg	\$33.00	*	0.110000	\$3.63	1.57%
305-CLA-1401	CLAVOS PARA MADERA DE 4 (77 pzas/kg) CAJA DE 25 KG	kg	\$33.00	*	0.110000	\$3.63	1.57%
SUBTOTAL: MATERIALES						\$93.70	40.59%
MANO DE OBRA							
1C1A	CUADRILLA No 7 (1 CARP. O.N. + JOR AYUDANTE)		\$1,229.17	/	9.500000	\$129.39	56.05%
SUBTOTAL: MANO DE OBRA						\$129.39	56.05%
EQUIPO Y HERRAMIENTA							
%MO1	HERRAMIENTA MENOR	%	\$129.39	*	0.030000	\$3.88	1.68%
%MO2	ANDAMIOS	%	\$129.39	*	0.030000	\$3.88	1.68%
SUBTOTAL: EQUIPO Y HERRAMIENTA						\$7.76	3.36%
(CD) COSTO DIRECTO						\$230.85	100.00%
(CI) INDIRECTOS					7.7969%	\$18.48	
SUBTOTAL1						\$249.33	
(CF) FINANCIAMIENTO					0.1438%	\$0.39	
SUBTOTAL2						\$249.72	
(CU) UTILIDAD					8.0645%	\$20.14	
SUBTOTAL3						\$269.86	
CARGOS ADICIONALES							
(CA) Cargos Adicionales x SUBTOTAL3					0.502500%	\$1.36	
PRECIO UNITARIO (CD+ CIO+CIC+CF+CU+CA)						\$271.22	
(* DOSCIENTOS SETENTA Y UN PESOS 22/100 M.N. *)							

Código	Concepto	Unidad	P. Unitario	Op.	Cantidad	Importe	%
Partida:	A3	Análisis No.:		30			
Análisis:	15			m2			
Suministro y colocación de cimbra de madera de triplay para acabados aparentes en muros hasta 6.00 m de altura, una cara, incluye: mano de obra para la carga, descarga, acarreos horizontales y verticales, andamios, elevaciones, herramienta y materiales.							
MATERIALES							
305-M3A-0101	DUELA DE PINO DE 3a DE 3/4x4x8' (0.019x0.10x2.44 m)	PZA	\$40.00	*	0.200000	\$8.00	1.93%
305-M3A-0201	BARROTE DE PINO DE 3a, DE 1 1/2x3 1/2x8'	PZA	\$65.00	*	0.300000	\$19.50	4.72%
305-M3A-0301	POLIN DE PINO DE 3a, DE 3 1/2x3 1/2x8'	PZA	\$125.00	*	0.300000	\$37.50	9.07%
303-ARF-1101	ALAMBRE RECOCIDO CAL. 16, (1.59 mm Ø), KG, 0.016 KG/M	kg	\$39.50	*	0.200000	\$7.90	1.91%
359-CMB-0101	DIESEL	LT	\$21.80	*	0.300000	\$6.54	1.58%
305-CLA-1301	CLAVOS PARA MADERA DE 2 1/2 (260 pzas/kg) CAJA DE 25 KG	kg	\$33.00	*	0.150000	\$4.95	1.20%
305-M3A-0503	TRIPLAY DE PINO P/CIMBRA DE 16 MM, HOJA DE 1.22x2.44 M.	PZA	\$590.00	*	0.083000	\$48.97	11.84%
305-M3A-0401	CHAFLAN DE PINO DE 1x1x8'	PZA	\$22.00	*	1.000000	\$22.00	5.32%
305-CLA-1401	CLAVOS PARA MADERA DE 4 (77 pzas/kg) CAJA DE 25 KG	kg	\$33.00	*	0.150000	\$4.95	1.20%
SUBTOTAL: MATERIALES						\$160.31	38.77%
MANO DE OBRA							
1C1A	CUADRILLA No 7 (1 CARP. O.N. + JOR AYUDANTE)	JOR	\$1,229.17	/	5.000000	\$245.83	59.45%
SUBTOTAL: MANO DE OBRA						\$245.83	59.45%
EQUIPO Y HERRAMIENTA							
%MO1	HERRAMIENTA MENOR	%	\$245.83	*	0.030000	\$7.37	1.78%
SUBTOTAL: EQUIPO Y HERRAMIENTA						\$7.37	1.78%
(CD) COSTO DIRECTO						\$413.51	100.00%
(CI) INDIRECTOS					7.7969%	\$33.10	
SUBTOTAL1						\$446.61	
(CF) FINANCIAMIENTO					0.1438%	\$0.69	
SUBTOTAL2						\$447.30	
(CU) UTILIDAD					8.0645%	\$36.07	
SUBTOTAL3						\$483.37	
CARGOS ADICIONALES							
(CA) Cargos Adicionales x SUBTOTAL3					0.502500%	\$2.43	
PRECIO UNITARIO (CD+ CIO+CIC+CF+CU+CA)						\$485.80	
(* CUATROCIENTOS OCHENTA Y CINCO PESOS 80/100 M.N. *)							

ANEXOS

Código	Concepto	Unidad	P. Unitario	Op.	Cantidad	Importe	%
Partida:	A3	Análisis No.:		40			
Análisis:	16	m3					
Suministro y colocación de concreto premezclado f'c = 350 kg/cm2, hecho a base de concreto puzolánico, con acelerante de fraguado, TMA 3/4" en muros de contención de hasta 6.00 m de altura, incluye: material puesto en el sitio de los trabajos, desperdicios, bombeo y colocación.							
MATERIALES							
307-CON-0103	CONCRETO PREMEZCLADO F'c=350 KG/CM2, 14 DIAS	m3	\$2,276.60	*	1.050000	\$2390.43	72.47%
358-AGU-0101	AGUA DE TOMA	m3	\$28.61	*	0.100000	\$2.86	0.09%
307-CON-0304	MUESTREO Y ANALISIS DEL CONCRETO	m3	\$400.00	/	6.000000	\$66.67	2.02%
307-CON-0401	BOMBEO DE CONCRETO	m3	\$180.00	*	1.050000	\$189.00	5.73%
SUBTOTAL: MATERIALES						\$2648.96	80.30%
MANO DE OBRA							
1A5P	CUADRILLA No 22 (1 ALBAÑIL + 5 PEONES)	JOR	\$3,076.24	/	6.000000	\$512.71	15.54%
SUBTOTAL: MANO DE OBRA						\$512.71	15.54%
EQUIPO Y HERRAMIENTA							
%MO1	HERRAMIENTA MENOR	%	\$512.71	*	0.030000	\$15.38	0.47%
EQVIB	VIBRADOR PARA CONCRETO	HOR	\$92.39	/	0.760000	\$121.57	3.69%
SUBTOTAL: EQUIPO Y HERRAMIENTA						\$136.95	4.15%
(CD) COSTO DIRECTO						\$3,298.62	100.00%
(CI) INDIRECTOS					7.7969%	\$264.08	
SUBTOTAL1						\$3,562.70	
(CF) FINANCIAMIENTO					0.1438%	\$5.52	
SUBTOTAL2						\$3,568.22	
(CU) UTILIDAD					8.0645%	\$287.76	
SUBTOTAL3						\$3,855.98	
CARGOS ADICIONALES							
(CA) Cargos Adicionales x SUBTOTAL3					0.502500%	\$19.38	
PRECIO UNITARIO (CD+ CIO+CIC+CF+CU+CA)						\$3,875.36	
(* TRES MIL OCHOCIENTOS SETENTA Y CINCO PESOS 36/100 M.N. *)							

ANEXOS

Código	Concepto	Unidad	P. Unitario	Op.	Cantidad	Importe	%
Partida:	A3	Análisis No.:		50			
Análisis:	17	m3					
Suministro y colocación de material filtrante a base de grava de 3 a 5" de diámetro, previamente lavado para su utilización, incluye: acarreos totales a pie del sitio de los trabajos, acarreos horizontales y verticales con carretilla, mano de obra, herramienta y equipo.							
MATERIALES							
301-GRC-0101	GRAVA CONTROLADA, M3	m3	\$310.00	*	1.050000	\$325.50	58.11%
SUBTOTAL: MATERIALES						\$325.50	58.11%
MANO DE OBRA							
2A	CUADRILLA No 4 (2 AYUDANTE GENERAL)	JOR	\$985.25	/	6.000000	\$164.21	29.31%
SUBTOTAL: MANO DE OBRA						\$164.21	29.31%
BASICOS							
302-CIM-01-106	Acarreo en carretilla 1a estación de 20 m., incluye: mano de obra, equipo y herramienta.	m3	\$70.48	*	1.000000	\$70.48	12.58%
SUBTOTAL: BASICOS						\$70.48	12.58%
(CD) COSTO DIRECTO						\$560.19	100.00%
(CI) INDIRECTOS					7.7969%	\$44.85	
SUBTOTAL1						\$605.04	
(CF) FINANCIAMIENTO					0.1438%	\$0.94	
SUBTOTAL2						\$605.98	
(CU) UTILIDAD					8.0645%	\$48.87	
SUBTOTAL3						\$654.85	
CARGOS ADICIONALES							
(CA) Cargos Adicionales x SUBTOTAL3					0.502500%	\$3.29	
PRECIO UNITARIO (CD+ CIO+CIC+CF+CU+CA)						\$658.14	
(* SEISCIENTOS CINCUENTA Y OCHO PESOS 14/100 M.N. *)							

ANEXOS

Código	Concepto	Unidad	P. Unitario	Op.	Cantidad	Importe	%
Partida:	A3	Análisis No.:		60			
Análisis:	18	m					
Suministro e instalación de tubería de PVC de 2" de diámetro para drenaje, incluye: suministro de los materiales puestos en el sitio de los trabajos, mano de obra, herramienta y equipo							
MATERIALES							
346-PSD-0102	TUBO PVC SANITARIO DE 50 MM, DE 6.00 M EXTREMOS LISOS	PZA	\$173.80	*	0.175000	\$30.42	41.51%
SUBTOTAL: MATERIALES						\$30.42	41.51%
MANO DE OBRA							
1P1E	CUADRILLA No 20 (1 PLOMERO+ 1 AY.ESP.)	JOR	\$1,248.32	/	30.000000	\$41.61	56.78%
SUBTOTAL: MANO DE OBRA						\$41.61	56.78%
EQUIPO Y HERRAMIENTA							
%MO1	HERRAMIENTA MENOR	%	\$41.61	*	0.030000	\$1.25	1.71%
SUBTOTAL: EQUIPO Y HERRAMIENTA						\$1.25	1.71%
(CD) COSTO DIRECTO						\$73.28	100.00%
(CI) INDIRECTOS					7.7969%	\$5.87	
SUBTOTAL1						\$79.15	
(CF) FINANCIAMIENTO					0.1438%	\$0.12	
SUBTOTAL2						\$79.27	
(CU) UTILIDAD					8.0645%	\$6.39	
SUBTOTAL3						\$85.66	
CARGOS ADICIONALES							
(CA) Cargos Adicionales x SUBTOTAL3					0.502500%	\$0.43	
PRECIO UNITARIO (CD+ CIO+CIC+CF+CU+CA)						\$86.09	
(* OCHENTA Y SEIS PESOS 09/100 M.N. *)							

ANEXOS

Código	Concepto	Unidad	P. Unitario	Op.	Cantidad	Importe	%
Partida:	A3		Análisis No.:	70			
Análisis:	19		m3				
Relleno con material producto de excavación, para alcanzar niveles de corona de muro de contención, apisonado y compactado al 90% Proctor, incluye: acarreo del sitio de acopio al sitio de los trabajos, carga, descarga, mano de obra, herramienta y equipo.							
MATERIALES							
358-AGU-0101	AGUA DE TOMA	m3	\$28.61	*	0.100000	\$2.86	1.71%
SUBTOTAL:	MATERIALES					\$2.86	1.71%
MANO DE OBRA							
1P	CUADRILLA No 1 (1 PEON)	JOR	\$479.02	/	3.000000	\$159.67	95.43%
SUBTOTAL:	MANO DE OBRA					\$159.67	95.43%
EQUIPO Y HERRAMIENTA							
%MO1	HERRAMIENTA MENOR	%	\$159.67	*	0.030000	\$4.79	2.86%
SUBTOTAL:	EQUIPO Y HERRAMIENTA					\$4.79	2.86%
	(CD) COSTO DIRECTO					\$167.32	100.00%
	<i>(CI) INDIRECTOS</i>				7.7969%	\$13.40	
	SUBTOTAL1					\$180.72	
	<i>(CF) FINANCIAMIENTO</i>				0.1438%	\$0.28	
	SUBTOTAL2					\$181.00	
	<i>(CU) UTILIDAD</i>				8.0645%	\$14.60	
	SUBTOTAL3					\$195.60	
	<i>CARGOS ADICIONALES</i>						
	<i>(CA) Cargos Adicionales x SUBTOTAL3</i>				0.502500%	\$0.98	
	PRECIO UNITARIO (CD+ CIO+CIC+CF+CU+CA)					\$196.58	
	(* CIENTO NOVENTA Y SEIS PESOS 58/100 M.N. *)						

Código	Concepto	Unidad	P. Unitario	Op.	Cantidad	Importe	%
Partida:	A3	Análisis No.:		80			
Análisis:	20	m3					
Relleno con material de banco tepetate, compactado al 90% Proctor, incluye: acarreos del banco al sitio de los trabajos, carga, descarga, mano de obra, herramienta y equipo.							
MATERIALES							
358-AGU-0101	AGUA DE TOMA	m3	\$28.61	*	0.100000	\$2.86	0.53%
301-TEP-0103	TEPETA TE PUESTO EN OBRA, M3	m3	\$290.00	*	1.300000	\$377.00	70.04%
SUBTOTAL: MATERIALES						\$379.86	70.58%
MANO DE OBRA							
1P	CUADRILLA No 1 (1 PEON)	JOR	\$479.02	/	5.000000	\$95.80	17.80%
SUBTOTAL: MANO DE OBRA						\$95.80	17.80%
EQUIPO Y HERRAMIENTA							
EQBAILAR	BAILARINA DE 4.5 HP	HOR	\$119.39	/	2.000000	\$59.70	11.09%
%MO1	HERRAMIENTA MENOR	%	\$95.80	*	0.030000	\$2.87	0.53%
SUBTOTAL: EQUIPO Y HERRAMIENTA						\$62.57	11.63%
(CD) COSTO DIRECTO						\$538.23	100.00%
(CI) INDIRECTOS					7.7969%	\$43.09	
SUBTOTAL1						\$581.32	
(CF) FINANCIAMIENTO					0.1438%	\$0.90	
SUBTOTAL2						\$582.22	
(CU) UTILIDAD					8.0645%	\$46.95	
SUBTOTAL3						\$629.17	
CARGOS ADICIONALES							
(CA) Cargos Adicionales x SUBTOTAL3					0.502500%	\$3.16	
PRECIO UNITARIO (CD+ CIO+CIC+CF+CU+CA)						\$632.33	
(* SEISCIENTOS TREINTA Y DOS PESOS 33/100 M.N. *)							

Código	Concepto	Unidad	P. Unitario	Op.	Cantidad	Importe	%
Partida:	A4	Análisis No.:		10			
Análisis:	21			m2			
Limpieza, trazo y nivelación para propósitos de colocación de geomembrana, incluye: mano de obra, herramienta, materiales, equipo y todo lo necesario para su correcta ejecución.							
MATERIALES							
302-CAL-0102	CALHIDRA, TONELADA	TON	\$2,600.00	*	0.000200	\$0.52	8.54%
305-M3A-0101	DUELA DE PINO DE 3a DE 3/4x4x8' (0.019x0.10x2.44 m)	PZA	\$40.00	*	0.020000	\$0.80	13.14%
304-VAR-0101	HILO CAÑAMO ROLLO DE 100 M	PZA	\$35.90	*	0.001000	\$0.04	0.66%
303-ARF-0201	VARILLA CUALQUIER DIMENSION	kg	\$19.80	*	0.020000	\$0.40	6.57%
SUBTOTAL: MATERIALES						\$1.76	28.90%
MANO DE OBRA							
1T2E	CUADRILLA No 32 (1 TOPOGRAFO+2 AY.ESP.)	JOR	\$1,656.94	/	500.000000	\$3.31	54.35%
SUBTOTAL: MANO DE OBRA						\$3.31	54.35%
EQUIPO Y HERRAMIENTA							
EQUEST	ESTACION TOTAL STS5R DE 5" DE PREC ANGUL	HOR	\$22.27	/	50.000000	\$0.45	7.39%
%MO1	HERRAMIENTA MENOR	%	\$3.31	*	0.030000	\$0.10	1.64%
SUBTOTAL: EQUIPO Y HERRAMIENTA						\$0.55	9.03%
BASICOS							
302-CIM-01-291	CONCRETO DE Fc=100 KG/CM2. HECHO EN OBRA, T.M.A=19 MM, RESISTENCIA NORMAL	m3	\$1,577.65	*	0.000300	\$0.47	7.72%
SUBTOTAL: BASICOS						\$0.47	7.72%
(CD) COSTO DIRECTO						\$6.09	100.00%
(CI) INDIRECTOS					7.7969%	\$0.49	
SUBTOTAL1						\$6.58	
(CF) FINANCIAMIENTO					0.1438%	\$0.01	
SUBTOTAL2						\$6.59	
(CU) UTILIDAD					8.0645%	\$0.53	
SUBTOTAL3						\$7.12	
CARGOS ADICIONALES							
(CA) Cargos Adicionales x SUBTOTAL3					0.502500%	\$0.04	
PRECIO UNITARIO (CD+ CIO+CIC+CF+CU+CA)						\$7.16	
(* SIETE PESOS 16/100 M.N. *)							

ANEXOS

Código	Concepto	Unidad	P. Unitario	Op.	Cantidad	Importe	%
Partida:	A4	Análisis No.:			20		
Análisis:	22		m3				
Excavación con equipo para apertura de caja en zona de acopio y descarga de RSU, en material tipo "II" y "III" o altamente compactado o cementado, húmedo con lixiviado y presencia de RSU, de 0.0 a 3.00 m de profundidad , incluye: mano de obra, equipo, afine, afloje, extracción del material, carga directa a camión, acopio para su posterior uso en relleno y limpieza del fondo de la caja.							
MANO DE OBRA							
CUA-010	CUADRILLA 010 AYUDANTE + CABO DE OF 1/20	JOR	\$405.85	/	50.000000	\$8.12	12.77%
SUBTOTAL:	MANO DE OBRA					\$8.12	12.77%
EQUIPO Y HERRAMIENTA							
EQUIPO/06	Retroexcavadora marca "Yumbo", modelo 630 L (antes Y-90) sobre orugas, con motor diesel "International" D-358 de 103 H.P., carter de 11.50 litros.	HOR	\$763.05	*	0.025000	\$19.08	30.01%
SUBTOTAL:	EQUIPO Y HERRAMIENTA					\$19.08	30.01%
BASICOS							
BASI-ACARREO CARGA MECANICA+	ACARREO 1 ER KILOMETRO + 1 KILOMETRO SUBSECUENTE	m3	\$36.37	*	1.000000	\$36.37	57.21%
SUBTOTAL:	BASICOS					\$36.37	57.21%
(CD) COSTO DIRECTO						\$63.57	100.00%
<i>(CI) INDIRECTOS</i>					7.7969%	\$5.09	
SUBTOTAL1						\$68.66	
<i>(CF) FINANCIAMIENTO</i>					0.1438%	\$0.11	
SUBTOTAL2						\$68.77	
<i>(CU) UTILIDAD</i>					8.0645%	\$5.55	
SUBTOTAL3						\$74.32	
CARGOS ADICIONALES							
<i>(CA) Cargos Adicionales x SUBTOTAL3</i>					0.502500%	\$0.37	
PRECIO UNITARIO (CD+ CIO+CIC+CF+CU+CA)						\$74.69	
(* SETENTA Y CUATRO PESOS 69/100 M.N. *)							

ANEXOS

Código	Concepto					Unidad	P. Unitario	Op.	Cantidad	Importe	%
Partida:	A4					Análisis No.:		30			
Análisis:	23					m2					
Compactación al 90% Proctor en fondo de caja, incluye: materiales, mano de obra y maquinaria.											
MATERIALES											
358-AGU-0101	AGUA DE TOMA					m3	\$28.61	*	0.140000	\$4.01	6.37%
SUBTOTAL: MATERIALES										\$4.01	6.37%
MANO DE OBRA											
1P-U	CUADRILLA No 71 (1 PEON) URBANIZACION					JOR	\$479.02	*	0.010000	\$4.79	7.61%
SUBTOTAL: MANO DE OBRA										\$4.79	7.61%
EQUIPO Y HERRAMIENTA											
EQMOTO14H	MOTONIVELADORA CAT. 140H DE 215 HP					HOR	\$1,732.78	*	0.018000	\$31.19	49.53%
EQPIPA	CAMION PIPA DE 9 M3					HOR	\$569.79	*	0.009000	\$5.13	8.15%
EQ815F	COMPACTADOR DE TAMBOR DE PISONES 815F					HOR	\$1,274.79	*	0.014000	\$17.85	28.35%
SUBTOTAL: EQUIPO Y HERRAMIENTA										\$54.17	86.03%
(CD) COSTO DIRECTO										\$62.97	100.00%
(CI) INDIRECTOS									7.7969%	\$5.04	
SUBTOTAL1									\$68.01		
(CF) FINANCIAMIENTO									0.1438%	\$0.11	
SUBTOTAL2									\$68.12		
(CU) UTILIDAD									8.0645%	\$5.49	
SUBTOTAL3									\$73.61		
CARGOS ADICIONALES											
(CA) Cargos Adicionales x SUBTOTAL3									0.502500%	\$0.37	
PRECIO UNITARIO (CD+ CIO+CIC+CF+CU+CA)										\$73.98	
(* SETENTA Y TRES PESOS 98/100 M.N. *)											

Código	Concepto	Unidad	P. Unitario	Op.	Cantidad	Importe	%
Partida:	A4	Análisis No.:		40			
Análisis:	24	m 2					
Suministro y colocación de geomembrana HDPE de 1 mm de espesor, colocada en caja abierta en la zona de acopio y descarga de RSU, incluye: materiales puestos a pie del sitio de los trabajos, acarreos horizontales y verticales, termofusionado, traslapes, cortes, desperdicios, mano de obra, herramienta y equipo.							
MATERIALES							
MAT036	GEOMEMBRANA HDPE 1.00MM GM13-PQA	m2	\$88.00	*	1.100000	\$96.80	26.31%
	ROLLO DE 7.00 X 225M						
SUBTOTAL: MATERIALES						\$96.80	26.31%
MANO DE OBRA							
CUA-025	CUADRILLA 025 TECNICO ESP + JOR		\$1,401.06	/	6.000000	\$233.51	63.46%
	AYUDANTE						
SUBTOTAL: MANO DE OBRA						\$233.51	63.46%
EQUIPO Y HERRAMIENTA							
%MO1	HERRAMIENTA MENOR	%	\$233.51	*	0.060000	\$14.01	3.81%
SUBTOTAL: EQUIPO Y HERRAMIENTA						\$14.01	3.81%
BASICOS							
BASI-ACARREO CARGA MECANICA+	ACARREO 1 ER	m3	\$36.37	*	0.650000	\$23.64	6.42%
	KILOMETRO + 1 KILOMETRO						
	SUBSECUENTE						
SUBTOTAL: BASICOS						\$23.64	6.42%
(CD) COSTO DIRECTO						\$367.96	100.00%
(CI) INDIRECTOS					7.7969%	\$29.46	
SUBTOTAL1						\$397.42	
(CF) FINANCIAMIENTO					0.1438%	\$0.62	
SUBTOTAL2						\$398.04	
(CU) UTILIDAD					8.0645%	\$32.10	
SUBTOTAL3						\$430.14	
CARGOS ADICIONALES							
(CA) Cargos Adicionales x SUBTOTAL3					0.502500%	\$2.16	
PRECIO UNITARIO (CD+ CIO+CIC+CF+CU+CA)						\$432.30	
(* CUATROCIENTOS TRENTA Y DOS PESOS 30/100 M.N. *)							

Código	Concepto	Unidad	P. Unitario	Op.	Cantidad	Importe	%
Partida:	A4	Análisis No.:		50			
Análisis:	25	m3					
Relleno con material producto de excavación, para alcanzar niveles de corona de muro de contención, apisonado y compactado con equipo manual, incluye: acarreos del sitio de acopio al sitio de los trabajos, carga, descarga, mano de obra y equipo.							
MATERIALES							
358-AGU-0101	AGUA DE TOMA	m3	\$28.61	*	0.100000	\$2.86	1.26%
SUBTOTAL: MATERIALES						\$2.86	1.26%
MANO DE OBRA							
2P	CUADRILLA No 2 (2 PEONES)	JOR	\$958.03	/	6.000000	\$159.67	70.33%
SUBTOTAL: MANO DE OBRA						\$159.67	70.33%
EQUIPO Y HERRAMIENTA							
%MO1	HERRAMIENTA MENOR	%	\$159.67	*	0.030000	\$4.79	2.11%
EQBAILAR	BAILARINA DE 4.5 HP	HOR	\$119.39	/	2.000000	\$59.70	26.30%
SUBTOTAL: EQUIPO Y HERRAMIENTA						\$64.49	28.41%
(CD) COSTO DIRECTO						\$227.02	100.00%
(CI) INDIRECTOS					7.7969%	\$18.17	
SUBTOTAL1						\$245.19	
(CF) FINANCIAMIENTO					0.1438%	\$0.38	
SUBTOTAL2						\$245.57	
(CU) UTILIDAD					8.0645%	\$19.80	
SUBTOTAL3						\$265.37	
CARGOS ADICIONALES							
(CA) Cargos Adicionales x SUBTOTAL3					0.502500%	\$1.33	
PRECIO UNITARIO (CD+ CIO+CIC+CF+CU+CA)						\$266.70	
(* DOSCIENTOS SESENTA Y SEIS PESOS 70/100 M.N. *)							

Código	Concepto	Unidad	P. Unitario	Op.	Cantidad	Importe	%
--------	----------	--------	-------------	-----	----------	---------	---

Partida:	A5	Análisis No.:	10
----------	----	---------------	----

Análisis:  **26** **Evento**

Vaciado de cisterna de PEAD de 1100 L de capacidad a camión vector para su disposición y tratamiento en Planta de Tratamiento de agua RECICLAGUA, incluye: vaciado de cisternas, maniobras, transporte y descarga en planta de tratamiento.

MATERIALES

SERV-01	VACIADO DE CISTERNA PEAD VIAJE	\$12,500.00	*	1.000000	\$12500.00	100.00%
	DEZASOLVE INCLUYE: VACIADO, TRANSPORTE Y DESCARGA					

SUBTOTAL:	MATERIALES		\$12500.00	100.00%
	(CD) COSTO DIRECTO		\$12,500.00	100.00%
	(CI) INDIRECTOS	7.7969%	\$1,000.71	
	SUBTOTAL1		\$13,500.71	
	(CF) FINANCIAMIENTO	0.1438%	\$20.91	
	SUBTOTAL2		\$13,521.62	
	(CU) UTILIDAD	8.0645%	\$1,090.45	
	SUBTOTAL3		\$14,612.07	
	CARGOS ADICIONALES			
	(CA) Cargos Adicionales x SUBTOTAL3	0.502500%	\$73.43	
	PRECIO UNITARIO (CD+ CIO+CIC+CF+CU+CA)		\$14,685.50	
	(* CATORCE MIL SEISCIENTOS OCHENTA Y CINCO PESOS 50/100 M.N. *)			

Código	Concepto	Unidad	P. Unitario	Op.	Cantidad	Importe	%
--------	----------	--------	-------------	-----	----------	---------	---

Partida:	A6	Análisis No.:	10
----------	----	---------------	----

Análisis: 27 m3

Acarreo de material producto de excavación al sitio indicado por la Dirección de Servicios Públicos del Municipio de Tlanguistenco, incluye: carga, descarga, acarreo a primer kilómetro y kilómetros subsecuentes y enlonado de camiones para evitar la caída del material transportado.

EQUIPO Y HERRAMIENTA

EQUIPO/07	Cargador frontal sobre neumáticos marca Clark-Michigan con capacidad de cucharón de 1.34 m3, con motor diesel Perkins modelo 6.354 de 103 H.P. carter de 18.9 litros.	HOR	\$619.19	*	0.361396	\$223.77	71.04%
-----------	---	-----	----------	---	----------	----------	--------

SUBTOTAL:	EQUIPO Y HERRAMIENTA	\$223.77	71.04%
-----------	----------------------	----------	--------

BASICOS

ACA-01	ACARREO EN CAMION VOLTEO PRIMER KM	m3	\$55.75	*	1.000000	\$55.75	17.70%
ACA-02	ACARREO EN CAMION VOLTEO KM SUBSECUENTE	m3	\$35.48	*	1.000000	\$35.48	11.26%

SUBTOTAL: BASICOS		\$91.23	28.96%
--------------------------	--	----------------	---------------

(CD) COSTO DIRECTO	\$315.00	100.00%
--------------------	----------	---------

(CI) INDIRECTOS	7.7969%	\$25.22
-----------------	---------	---------

SUBTOTAL1	\$340.22
-----------	----------

(CF) FINANCIAMIENTO	0.1438%	\$0.53
---------------------	---------	--------

SUBTOTAL2	\$340.75
-----------	----------

(CU) UTILIDAD	8.0645%	\$27.48
---------------	---------	---------

SUBTOTAL3	\$368.23
-----------	----------

CARGOS ADICIONALES

(CA) Cargos Adicionales x SUBTOTAL3	0.502500%	\$1.85
-------------------------------------	-----------	--------

PRECIO UNITARIO (CD+ CIO+CIC+CF+CU+CA)	\$370.08
--	----------

(* TRESCIENTOS SETENTA PESOS 08/100 M.N. *)

ANEXO I. COSTOS INDIRECTOS

INICIO: 16/03/2021

TERMINACION: 13/06/2021

PLAZO: 90 DIAS

RESUMEN DE COSTOS
INDIRECTOS

\$17,998,320.1

	ADMINISTRACION OFICINA CENTRAL		ADMINISTRACION DE CAMPO		TOTALES	
	MONTO	%	MONTO	%	MONTO	%
I. HONORARIOS SUELDOS Y PRESTACIONES	167,250.19	0.9293%	193,799.70	1.0768%	361,049.89	2.0061%
II. DEPRECIACION, MANTENIMIENTO Y RENTAS	100,790.59	0.5600%	161,984.88	0.9000%	262,775.47	1.4600%
III. SERVICIOS						
IV. FLETES Y ACARREOS	17,998.32	0.1000%	71,993.28	0.4000%	89,991.60	0.5000%
V. GASTOS OFICINA			125,124.32	0.6952%	125,124.32	0.6952%
VI. CAPACITACION Y ADIESTRAMIENTO						
VII. SEGURIDAD E HIGIENE			98,990.76	0.5500%	193,481.94	1.0750%
VIII. SEGUROS Y FIANZAS	94,491.18	0.5250%	1,799.83	0.0100%	17,098.40	0.0950%
IX. TRABAJOS PREVIOS Y AUXILIARES	15,298.57	0.0850%	1,799.83	0.0100%	17,098.40	0.0950%
	15,298.57	0.0850%				
TOTALES	465,122.38	2.5843%	938,166.31	5.2126%	1,403,288.69	7.7969%
TOTALES \$ 1,403,288.69 % INDIRECTO 7.7969%						

ANEXO J. CARGOS POR FINANCIAMIENTO

DETERMINACION DEL PORCENTAJE DE FINANCIAMIENTO (COSTO DIRECTO + INDIRECTO DE OBRA)

Inicio: 16/03/2021 Terminación: 13/06/2021 Duración: 90 Días

COSTO DIRECTO DE LA OBRA:	17,998,320.10	TASA DE INTERES USADA (Anual)=	4.2845%	% APLICABLE AL PERIODO
INDIRECTO DE OBRA:	7.7969%	+ PUNTOS DEL BANCO=	0.0000%	0.4695%
COSTO DIRECTO + INDIRECTO:	19,401,631.12	TASA DE INTERES DIARIA =	0.0117%	LOP ART. 54 P. 1 y 2
MONTO TOTAL DE LA OBRA:	21,145,114.39	DIAS PARA PAGO DE ESTIMACIONES:	40	

ANTICIPOS		MONTO A EJERCER		IMPORTE DE ANTICIPOS		INDICADOR ECONOMICO
EJERCICIO		EJERCICIO		EJERCICIO		
30.00%	0.00%	19,401,595.12	0.00	5,820,478.54	0.00	

%Am1= AMORTIZACION1		%Am2= AMORTIZACION2
EJERCICIO		
%Am1= (Anticipo / 1er + 2do Ejercicio)		%Am2= Spal / Ipe2
30.0000%		0.0000%

PERIODO		INGRESOS					EGRESOS		IMPORTES		FINANCIAMIENTO
SEGÚN PROGR. AMA	PERIO DO	ANTICIPOS	ESTIMACIONES	TASA DE AMORTIZAC ION	AMORTIZACION	COBROS	GASTOS DE OBRA (CD+I)	ANTICIPO PROVEEDORES *	DIFERENCIA	DIFERENCIA ACUMULADA	
		5,820,478.54				5,820,478.54	0.00	0.00	5,820,478.54	5,820,478.54	0.00
1	Mes1	0.00	92,739.62	0.0000	0.00	0.00	92,739.62	0.00	-92,739.62	5,727,738.92	26,891.73
2	Mes2	0.00	13,854,485.06	0.3000	27,821.89	64,917.73	13,854,485.06	0.00	-13,789,567.33	-8,061,828.41	-37,850.28
3	Mes3	0.00	4,761,733.49	0.3000	4,156,345.52	9,698,139.54	4,761,733.49	0.00	4,936,406.05	-3,125,422.36	-14,673.86
4	Mes4	0.00	692,636.95	0.3000	1,428,520.05	3,333,213.44	692,636.95	0.00	2,640,576.49	-484,845.87	-2,276.35
	0	0.00	0.00	0.3000	207,791.09	484,845.86	0.00	0.00	484,845.86	-0.01	0.00
TOTAL		5,820,478.54	19,401,595.12		5,820,478.55	19,401,631.12	19,401,631.12	0.00			-27,908.76
0.00 PORCENTAJE DE FINANCIAMIENTO= $\frac{\text{INTERES NETO A PAGAR}}{\text{GASTOS DE OBRA (COSTO DIRECTO + INDIRECTO)}}$ $\frac{27,908.76}{19,401,631.12}$ % = 0.1438% * ANEXAR COMPROBANTES (CEDULA DE GASTOS DE ANTICIPOS)											

ANEXO K. CARGOS POR UTILIDAD

CLAVE	CONCEPTO	FORMULA	IMPORTE	%
CD	COSTO DIRECTO		17,998,320.10	
CI	I.-INDIRECTO		1,403,288.69	7.7967%
CF	II.-FINANCIAMIENTO		27,908.76	0.1438%
Up%	UTILIDAD PROPUESTA			5.0000%
	PTU= PARTICIPACION DE LOS TRABAJADORES EN LA UTILIDAD		10.00%	
	ISR= IMPUESTO SOBRE LA RENTA		28.00%	
%U	UTILIDAD NETA = $Up\% / [1 - (PTU + ISR)]$	$\%U = 5\% / [1 - (10\% + 28\%)]$		8.0645%
CU	CARGO POR UTILIDAD (COSTO DIRECTO+ COSTO INDIRECTO+ COSTO FINANCIAMIENTO) x % UTILIDAD NETA			
		$(\$ 17,998,320.10 + \$ 1,403,288.69 + \$ 27,908.76) \times 8.0645\% =$	\$1,566,893.44	
	IMPORTE TOTAL UTILIDAD		\$1,566,893.44	
	PORCENTAJE TOTAL DE UTILIDAD ($\% = \text{Total utilidad} \times 100 / (CD + CI + CF)$)			
		$[\$ 1,566,893.44 / (\$ 17,998,320.10 + \$ 1,403,288.69 + \$ 27,908.76)] \times 100\%$		8.0645%

ANEXO L. CARGOS ADICIONALES

CLAVE	CONCEPTO	FORMULA	IMPORTE	%
CD	COSTO DIRECTO		\$17,998,320.10	
CI	I.-INDIRECTO		\$1,403,288.69	7.7967%
CF	II.-FINANCIAMIENTO		\$27,908.76	0.1438%
UT	III.- UTILIDAD TOTAL		\$1,566,893.44	8.0645%
		Subtotal	\$20,996,410.99	
	CARGOS ADICIONALES			
CSFP	IMPORTE DE LAS APORTACIONES POR CONCEPTO DE INSPECCION Y SUPERVISION QUE LAS LEYES DE LA MATERIA ENCOMIENDAN A LA SECRETARIA DE LA FUNCION PUBLICA. ARTICULO No. 191 LEY FEDERAL DE DERECHOS.			
	(CSFP = Subtotal / (1-.005) - Subtotal)	\$ 20,996,410.99 / (1- 0 .005) - \$ 20,996,410.99	\$105,509.60	0.5025%
	TOTAL DE CARGOS ADICIONALES		\$105,509.60	0.5025%