SEMARNAT

SECRETARÍA DE
MEDIO AMBIENTE
Y RECURSOS NATURALES

AL PÚBLICO EN GENERAL

EL CONTENIDO DE ESTE ARCHIVO NO PODRÁ SER ALTERADO O MODIFICADO TOTAL O PARCIALMENTE, TODA VEZ QUE PUEDE CONSTITUIR EL DELITO DE FALSIFICACIÓN DE DOCUMENTOS DE CONFORMIDAD CON EL ARTÍCULO 244, FRACCIÓN III DEL CÓDIGO PENAL FEDERAL, QUE PUEDE DAR LUGAR A UNA SANCIÓN DE **PENA PRIVATIVA DE LA LIBERTAD** DE SEIS MESES A CINCO AÑOS Y DE CIENTO OCHENTA A TRESCIENTOS SESENTA DÍAS MULTA.

DIRECCIÓN GENERAL DE
IMPACTO Y RIESGO
AMBIENTAL

Ampliación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del municipio de Capulhuac, Estado de México

Manifestación de Impacto Ambiental

Comisión del Agua del Estado de México

Tabla de contenido

I. DATOS GENERALES DEL PROYECTO, DEL PROMOVENTE Y DEL RESPONSABLE DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL 4

I.1 PROYECTO 4
I.1.1 NOMBRE DEL PROYECTO 4
I.1.2 UBICACIÓN DEL PROYECTO 4
I.1.3 TIEMPO DE VIDA ÚTIL DEL PROYECTO 4
I.1.4 PRESENTACIÓN DE LA DOCUMENTACIÓN LEGAL 4
I.2 PROMOVENTE 4
I.2.1 NOMBRE O RAZÓN SOCIAL 4
I.2.2 REGISTRO FEDERAL DEL CONTRIBUYENTE 5
I.2.3 NOMBRE Y CARGO DEL REPRESENTANTE LEGAL 5
I.2.4 DIRECCIÓN DEL PROMOVENTE O DE SU REPRESENTANTE LEGAL 5
I.3 RESPONSABLE DE LA ELABORACIÓN DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL 5
I.3.1 NOMBRE O RAZÓN SOCIAL 5
I.3.2 REGISTRO FEDERAL DE CONTRIBUYENTES 5
I.3.3 NOMBRE DEL RESPONSABLE TÉCNICO DEL ESTUDIO 6
I.3.4 DIRECCIÓN DEL RESPONSABLE TÉCNICO DEL ESTUDIO 6

II. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO 7

II.1 INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO 7
II.1.1 NATURALEZA DEL PROYECTO 7
II.1.2 SELECCIÓN DEL SITIO 9
II.1.3 UBICACIÓN FÍSICA DEL PROYECTO Y PLANOS DE LOCALIZACIÓN 10
II.1.4 INVERSIÓN REQUERIDA 10
II.1.5 DIMENSIONES DEL PROYECTO 10
II.1.6 USO ACTUAL DEL SUELO Y/O CUERPOS DE AGUA EN EL SITIO DEL PROYECTO Y EN SUS COLINDANCIAS 11
II.1.7 URBANIZACIÓN DEL ÁREA Y DESCRIPCIÓN DE SERVICIOS REQUERIDOS 11
II.2 CARACTERÍSTICAS PARTICULARES DEL PROYECTO 11
CALIDAD DEL AGUA DEL INFLUENTE 12
AGUA RESIDUAL EFLUENTE 12
SELECCIÓN DEL PROCESO DE TRATAMIENTO 13
LÍNEA DE TRATAMIENTO DEL AGUA 13
LÍNEA DE TRATAMIENTO DE LODOS 14
OPERACIONES Y PROCESOS UNITARIOS PROPUESTOS 14
OBSERVACIONES COMPLEMENTARIAS 19
II.2.1PROGRAMA GENERAL DE TRABAJO 20
II.2.2 PREPARACIÓN DEL SITIO 24
II.2.3 DESCRIPCIÓN DE OBRAS Y ACTIVIDADES PROVISIONALES DEL PROYECTO 24

II.2.4 ETAPA DE CONSTRUCCIÓN 24
II.2.5 ETAPA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO 31
II.2.6 DESCRIPCIÓN DE OBRAS ASOCIADAS AL PROYECTO 32
II.2.7 ETAPA DE ABANDONO DE SITIO 32
II.2.8 UTILIZACIÓN DE EXPLOSIVOS 33
II.2.9 GENERACIÓN, MANEJO Y DISPOSICIÓN DE RESIDUOS, SÓLIDOS, LÍQUIDOS Y EMISIONES A LA ATMÓSFERA 33
II.2.10 INFRAESTRUCTURA PARA EL MANEJO Y DISPOSICIÓN ADECUADA DE LOS RESIDUOS 37

III. VINCULACIÓN CON LOS ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES EN MATERIA AMBIENTAL, Y EN SU CASO, CON LA REGULACIÓN DE USO DE SUELO 38

III. 1 PLANES Y PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DEL TERRITORIO 39
III.1.1 PROGRAMA DE ORDENAMIENTO GENERAL DEL TERRITORIO 39
III.1.2 ACTUALIZACIÓN DEL MODELO DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DEL TERRITORIO DEL ESTADO DE MÉXICO 41
III.2 PLANEACIÓN FEDERAL, ESTATAL Y MUNICIPAL 44
III.2.1 PLAN NACIONAL DE DESARROLLO 2013-2018 44
III.2.2 PLAN ESTATAL DE DESARROLLO 2011-2017 45
III.2.3 PLAN MUNICIPAL DE DESARROLLO URBANO DE CAPULHUAC 47
III.3 PROGRAMAS SECTORIALES 48
III.3.1 PROGRAMA SECTORIAL DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES (PROMARNAT) 2013-2018 48
III.3.2 PROGRAMA NACIONAL HÍDRICO 2014-2018 50
III.3.3 PROGRAMA NACIONAL DE INFRAESTRUCTURA 2014-2018 52
III.3.4 PLAN HÍDRICO DE LA CUENCA DEL RÍO LERMA 53
III.4. ANÁLISIS DE LOS INSTRUMENTOS NORMATIVOS 54
III.4.1 LEGISLACIÓN EN MATERIA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES 54
III.4.2 REGLAMENTOS 55
III. 4.3 NORMAS OFICIALES MEXICANAS 56
III.5 ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS Y REGIONES TERRESTRES PRIORITARIAS 61
III.6 USO DE SUELO 62

IV. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL Y SEÑALAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DETECTADA EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO. 63

IV.1 DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO 63
IV.2 CARACTERIZACIÓN Y ANÁLISIS DEL SISTEMA AMBIENTAL 64
IV.2.1 ASPECTOS ABIÓTICOS 64
IV.2.2 ASPECTOS BIÓTICOS 69
IV.2.3 PAISAJE 77
IV.2.4 MEDIO SOCIOECONÓMICO 77
IV.2.5 DIAGNÓSTICO AMBIENTAL 79

V. IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES 82

V.1 METODOLOGÍA PARA IDENTIFICAR Y EVALUAR LOS IMPACTOS AMBIENTALES 82
V.1.1 INDICADORES DE IMPACTOS 82
V.1.2 LISTA INDICATIVA DE INDICADORES DE IMPACTO 84
V.2 CRITERIOS Y METODOLOGÍAS DE EVALUACIÓN 85
V.3 RESULTADOS 88
V.3.1 AGUA 88
V.3.2 SUELOS 92
V.3.3 AIRE 96
V.3.4 PAISAJE 98
V.3.5 FLORA 100
V.3.6 FAUNA 102
V.3.7 SOCIOECONÓMICO 104

VI. MEDIDAS PREVENTIVAS Y DE MITIGACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES 109

VI.1DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA O PROGRAMA DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN O CORRECTIVAS POR COMPONENTE AMBIENTAL 110
VI.2 IMPACTOS RESIDUALES 114

VII. PRONÓSTICO DEL ESCENARIO, Y EN SU CASO EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS 116

VII.1 PRONÓSTICO DEL ESCENARIO 116
VII.1.1 ESCENARIO ACTUAL 116
VII.1.2 ESCENARIO FUTURO 117
VII.1.3 ESCENARIO CON PROYECTO Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN 117
VII. 2 PROGRAMA DE MONITOREO Y VIGILANCIA AMBIENTAL 118
VII.2.1 OBJETIVO 118
VII.2.2 ESTRUCTURA DEL PROGRAMA DE MONITOREO Y VIGILANCIA AMBIENTAL 118
VII.3 CONCLUSIONES 127

VIII. IDENTIFICACION DE LOS INSTRUMENTIOS METODOLOGICOS Y ELEMENTOS TECNICOS QUE SUSTENTAN LA INFORMACION SEÑALADA EN LOS CAPITULOS ANTERIORES 129

VIII.1 LISTADO DE FIGURAS Y PLANOS 129
VIII.2 REFERENCIAS 129
VIII.3 INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS 132
VIII.3.1 VALORACIÓN DE LOS ELEMENTOS AMBIENTALES SEGÚN GARMENDIA *ET AL*. (2008). 132
VIII.4 ANEXO FOTOGRÁFICO 133
FOTOGRAFÍAS ANTES DE LA MODERNIZACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL MUNICIPIO DE CAPULHUAC 133
FOTOGRAFÍAS DESPUÉS DE LA MODERNIZACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL MUNICIPIO DE CAPULHUAC 138

I. Datos generales del proyecto, del Promovente y del responsable del estudio de impacto ambiental

I.1 Proyecto

I.1.1 Nombre del proyecto

Ampliación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del municipio de Capulhuac, Estado de México, en adelante denominado el Proyecto.

I.1.2 Ubicación del Proyecto

El Proyecto se ubica en la coordenada 19º 13´17.22¨ Latitud y 99º 28´37.61 Longitud, sobre un camino de terracería sin nombre, continuación de la Avenida Libertadores, en la colonia Agua Blanca del municipio Calpulhuac. (Ver Figura 1).

El acceso al sitio del Proyecto es por la Carretera Toluca – México, hacia el camino antiguo a Ocoyoacac continuando por la carretera México 36, hasta la Avenida Libertadores, donde se da vuelta hacia la derecha, hasta concluir la avenida, para accesar a la brecha, siguiendo el río Acalotli paralelo al camino.

I.1.3 Tiempo de vida útil del proyecto

El tiempo de vida útil del proyecto es de 30 años.

I.1.4 Presentación de la documentación legal

Falta documentación de la constancia legal del predio

I.2 Promovente

I.2.1 Nombre o razón social

La Comisión del Agua del Estado de México (CAEM) (en lo sucesivo Promovente), es un organismo público descentralizado de la Secretaría del Agua y Obra Pública, con personalidad jurídica y patrimonios propios, de acuerdo con la Ley del Agua para el estado de México y los municipios, Articulo 17.

I.2.2 Registro Federal del Contribuyente

El Registro Federal del Contribuyente de la Promovente es: CNA090817. En el Anexo A de este documento se presenta copia del documento.

I.2.3 Nombre y cargo del representante legal

El representante legal de la Promovente es el Lic. Glieb Avenai Ruiz Mondragón, lo anterior de acuerdo con la Escritura No. 13,233 emitida el 8 de Octubre de 2010, en Naucalpan de Juárez ante el Notario No. 45 del Estado de México Lic. Jesús Zamudio Rodríguez. En el Anexo A del presente estudio se encuentra copia simple de la identificación oficial IFE y del poder notarial del Representante Legal.

I.2.4 Dirección del promovente o de su representante legal

La dirección de la Promovente para oír y recibir notificaciones es:

Félix Guzmán No. 10,
Colonia El Parque
Municipio: Naucalpan de Juárez,
Entidad federativa: Estado de México
Código Postal: 53390
Teléfonos: 53 58 69 55 y 53 58 66 51

I.3 Responsable de la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental

I.3.1 Nombre o razón social

Comisión del Agua del Estado de México

I.3.2 Registro Federal de Contribuyentes

El Registro Federal del Contribuyentes de la Comisión del Agua del Estado de México es CNA090817. En el Anexo A se adjunta copia simple del documento.

I.3.3 Nombre del responsable técnico del estudio

Lic. Glieb Avenai Mondragón Ruiz.

I.3.4 Dirección del responsable técnico del estudio

La dirección del responsable técnico del estudio es:



II. Descripción del Proyecto

II.1 Información general del proyecto

II.1.1 Naturaleza del proyecto

La Comisión del Agua del Estado de México (CAEM) en adelante la Promovente, en materia de infraestructura de tratamiento de aguas residuales, lleva a cabo la operación directa de las plantas de tratamiento del Centro de Readaptación Social de Texcoco, de Tenancingo, Ozumba y Amanalco. Asimismo realiza el monitoreo de control de la calidad del agua, de las plantas de tratamiento Capulhuac- Xalatlaco- Tianguistenco, así como de Ixtapan de la Sal-Tonatico, Atlacomulco, Jocotitlán, Ixtlahuaca, Teotihuacán, Tejupilco, Valle de Bravo, Amatepec y Tlatlaya, y de 17 lagunas de estabilización ubicadas en la Cuenca del Alto Lerma y las lagunas de estabilización de Luvianos.

En el municipio de Capulhuac se tiene una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales en operación con capacidad de 50 L/seg., la cual es alimentada por el río Acalotli, actualmente utilizado como canal de riego. El río Acalotli tiene la calidad de agua residual presentada en la Tabla II.1.

Tabla II.1 Calidad del agua del río Acalotli

Parámetro	Unidad	Valor
Temperatura media del agua	oC	15
Potencial de hidrogeno (pH)	-	7.89-8.46
Grasas y aceites	(mg/l)	80
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5)	(mg/l)	340
Demanda química de oxígeno (DQO)	(mg/l)	795
Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM)	(mg/l)	18.32
Sólidos suspendidos totales (SST)	(mg/l)	310
Zinc	(mg/l)	0.05
Arsénico	(mg/l)	0.013
Cadmio	(mg/l)	0.008
Cobre	(mg/l)	0.07
Cromo Total	(mg/l)	0.07
Nitrógeno total (NT)	(mg/l)	49

Parámetro	Unidad	Valor
Fósforo total (P)	(mg/l)	23.25
Coliformes fecales	(mg/l)	6.8 E+10
Huevos de helminto	(mg/l)	>5

Debido a que se busca incrementar el saneamiento del río Acalotli, y dar cumplimiento con la Norma Oficial Mexicana NOM-003-SEMARNAT-1997, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reúsen en servicios al público, para que el agua tratada pueda ser usada nuevamente.

El Proyecto Ampliación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Capulhuac, consiste en la construcción de un segundo módulo en paralelo de 50 L/seg., similar al existente en sus operaciones y procesos unitarios, así como en su equipamiento.

Para satisfacer los objetivos del tratamiento, se ha optado por sistema de tratamiento biológico aeróbico a nivel secundario en dos fases, la primera por biofiltración en filtros percoladores con medio sintético, y la segunda por lodos activados convencionales con sedimentación secundaria final. La desinfección del efluente tratado biológicamente se hará por cloración por medio de aplicación de gas cloro con lo que concluye el tratamiento del agua.

El tratamiento de lodos incluye operaciones y procesos unitarios de concentración, estabilización y desaguado, implementándose la primera con espesamiento gravimétrico, la estabilización con digestión biológica aeróbica, y el desaguado se hará por medios mecánicos en filtros banda.

Como es usual en estos casos, las aguas residuales crudas, previo al tratamiento biológico, pasarán por tratamientos preliminares de desbaste para eliminar materia flotante, basura, y sólidos gruesos, y por desarenación, el primero con limpieza mecánica las unidades en operación, y el segundo para extracción del material granular con limpieza manual.

Por lo anterior y de conformidad con el Artículo 28 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA) establece:

“la evaluación de impacto ambiental es el procedimiento a través del cual la Secretaría establece las condiciones a las que se sujetará la realización de obras y actividades que puedan causar desequilibrio ecológico o rebasar los límites y condiciones

establecidas en las disposiciones aplicables para proteger al ambiente y preservar y restaurar los ecosistemas , a fin de evitar o reducir al mínimo sus efectos sobre el medio ambiente…"

El inciso I del Artículo 28 de la LGEEPA y el inciso A sección VI del Artículo 5 del Reglamento de la LGEEPA en materia del Impacto Ambiental establece que quienes pretendan llevar a cabo una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales que descarguen líquidos o lodos en cuerpos receptores que constituyan bienes nacionales requerirán previamente la autorización de impacto ambiental.

El Artículo 30 de la LGEEPA establece: "*que para obtener la autorización a que se refiere el Artículo 28 de esta ley, los interesados deberán de presentar a la Secretaría una manifestación de impacto ambiental…Cuando se trate de actividades altamente riesgosas en los términos de la presente Ley, la manifestación deberá incluir el estudio de riesgo correspondiente…"*

De acuerdo con la Dirección General de Gestión Integral de Materiales y Actividades Riesgosas, se considera actividad altamente riesgosa cuando se maneja alguna de las sustancias contenidas en el Primer Listado de Actividades Altamente Riesgosas publicado el 28 de marzo de 1990 o en el Segundo Listado de Actividades Altamente Riesgosas publicado el 7 de mayo de 1992 en cantidades iguales o mayores a las que se encuentran en definidas en los listados.

Que el Cloro gas se encuentra listado en el Primer Listado de Actividades Altamente Riesgosas, por lo que el Proyecto se considera una actividad altamente riesgosa. Por ello la Promovente presenta la Manifestación de Impacto Ambiental modalidad particular y el Estudio de Riesgo del **Proyecto** para su autorización correspondiente en materia de impacto ambiental.

II.1.2 Selección del sitio

El Proyecto se localiza en un sitio estratégico para proveer saneamiento al río Acalotli, el cual desemboca al río Lerma utilizado para riego, ya que de acuerdo con el Plan Municipal de Desarrollo de Capulhuac, publicado el 4 de Marzo de 2004, las descargas de aguas residuales que se generan en el municipio de Capulhuac se vierten primordialmente al río Acalotli. Estas descargas se disponen en arroyos, fosas y barrancas, repercutiendo en el deterioro del medio ambiente y en el caso más severo el de la localidad de San Isidro y Agua Blanca, en donde se efectúan dichas descargas a cielo abierto, ya que no se cuenta con servicio de alcantarillado.

Las aguas residuales que se descargan es de tipo doméstica y comercial, sin embargo se reportan descargas de rastros clandestinos de ganado, curtiduría de pieles y el rastro municipal.

II.1.3 Ubicación física del proyecto y planos de localización

El Proyecto se ubica en la coordenada 19º 13´17.22¨ Latitud y 99º 28´37.61 Longitud, sobre un camino de terracería sin nombre, continuación de la Avenida Libertadores, en la colonia Agua Blanca del municipio Calpulhuac. (Ver Figura 2).

El acceso al sitio del Proyecto es por la Carretera Toluca – México, hacia el camino antiguo a Ocoyoacac continuando por la carretera México 36, hasta la Avenida Libertadores, donde se da vuelta hacia la derecha, hasta concluir la avenida, para accesar a la brecha, siguiendo el río Acalotli paralelo al camino.

II.1.4 Inversión requerida

La inversión requerida para la realización del Proyecto es de $31,288,072.84 pesos.

II.1.5 Dimensiones del proyecto

El área total del Proyecto es de 13,057 m^2, donde el área construida ocupa aproximadamente 9,980 m^2. El área construida esta distribuida como se muestra en el Plano No. 00-PG-03-CAP Planta General Dimensional de fecha Septiembre 2013.

El área total del predio se muestra en el Plano Topografía No. T-TOP-02 Plano general, conjunto altimetría; de fecha 19 de septiembre de 2013.

II.1.6 Uso actual del suelo y/o cuerpos de agua en el sitio del proyecto y en sus colindancias

En el sitio del Proyecto, el uso actual del suelo es para la operación de la planta de tratamiento de aguas residuales existente. De acuerdo con el Plano Estructura Urbana Actual del municipio de Capulhuac con fecha Julio 2003, al norte se encuentra el río Acalotli (canal) seguido del camino de terracería y áreas agrícolas clasificadas como alta productividad; al sur el Proyecto colinda con terrenos agrícolas sin clasificación; al este colinda con áreas agrícolas de baja productividad (AG-BP), seguido de la zona urbana Agua Blanca; al oeste colinda con áreas agrícolas clasificadas como alta productividad. El predio colinda con el Área de Protección de flora y fauna Ciénegas de Lerma. (Ver Figura 3).

El río Acalotli sigue su curso hasta el Ejido Capulhuac. Cercano al Proyecto en dirección noroeste en una zona denominada Las Chinampas se ubica otro canal.

II.1.7 Urbanización del área y descripción de servicios requeridos

El predio cuenta con los servicios de energía eléctrica necesaria para la operación de los equipos, asimismo cuenta con una planta de emergencia a diesel de 500 kW y una subestación de 500 KVA. En cuanto a vías de comunicación se encuentra cercana a carreteras federales, estatales y municipales.

El abastecimiento de combustibles es factible por su cercanía a estaciones de servicio de PEMEX, ubicadas sobre la Carretera México 36. El predio cuenta con agua potable y drenaje, por lo que durante la construcción se utilizó las instalaciones existentes.

II.2 Características particulares del Proyecto

Capacidad de las instalaciones de tratamiento

El objetivo del Proyecto, se centra en el tratamiento de un caudal medio de 100 lps de aguas residuales municipales biodegradables, en dos (2) módulos en paralelo de 50 L/seg., cada uno, siendo el motivo del presente Proyecto el diseño, la construcción, y la operación del segundo módulo de 50 L/seg, por lo que los caudales de diseño se establecieron como sigue:

Tabla II.2 Caudales de diseño del agua residual.

Parámetro	Unidad	Caudal Total	Caudal por modulo
Caudal medio	(L/s)	100.00	550.00
Caudal máximo instantáneo	(L/s)	237.00	168.50
Caudal mínimo	(L/s)	50.00	25.00

Calidad del agua del influente

La calidad del agua del río Acalotli proporcionados en las bases de licitación se utilizaron para el diseño del Proyecto cuyas caracteristicas se mostraron en la Tabla II.1 de este capítulo.

Agua residual efluente

En cuanto a la calidad del agua residual efluente de la planta de tratamiento, y tomando en consideración lo indicado en la planeación del Proyecto, para efectos de diseño de proceso se ha adoptado la norma NOM-003-SEMARNAT-1997 para servicios al público en modalidad de contacto indirecto, cuyos parámetros de calidad se consignan en la tabla siguiente, a saber:

Tabla II.3 Calidad efluente del agua residual

Parámetro	Unidad	Valor
Grasas y aceites (G/A)	(mg/l)	15
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5)	(mg/l)	30
Sólidos suspendidos totales (SST)	(mg/l)	30
Coliformes fécales (CF)	(NMP/100ml)	1,000
Huevos de helminto	(h/L)	5

Respecto de la calidad de los lodos residuales procedentes del proceso de tratamiento del agua, se satisfará lo dispuesto en las bases de licitación en relación a satisfacer la norma NOM-004-SEMARNAT-2002, lodos clase C. La concentración de los lodos estabilizados y desaguados será de al menos 18 %.

SELECCIÓN DEL PROCESO DE TRATAMIENTO

Debido a la existencia de un módulo de tratamiento para 50 L/seg de caudal medio, con base en lo indicado en los términos de referencia, se ha propuesto la construcción de un segundo módulo en paralelo, similar al existente en sus operaciones y procesos unitarios, así como en su equipamiento.

Para el efecto se ha desarrollado un rediseño de proceso, cuyos criterios se han basado en las referencias indicadas en las bases de licitación siguientes:

1) Manual of Practice Nr. 8, Wastewater Treatment Plant Design, Water Environmental Federation, and American Society of Civil Engineers, Fourth and fifth Editions, USA, 1998, y 2012.
2) Metcalf and Eddy, Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, and Reuse, McGraw-Hill, Fourth and fifth Editions, USA, 2003, y 2013).

Línea de tratamiento del agua

Para satisfacer los objetivos del tratamiento, se ha optado por diseñar un sistema de tratamiento biológico aeróbico a nivel secundario en dos fases, la primera por biofiltración en filtros percoladores con medio sintético, y la segunda por lodos activados convencionales con sedimentación secundaria final. La desinfección del efluente tratado biológicamente se hará por cloración por medio de aplicación de gas cloro con lo que concluye el tratamiento del agua.

El tratamiento de lodos incluirá operaciones y procesos unitarios de concentración, estabilización y desaguado, implementándose la primera con espesamiento gravimétrico, la estabilización con digestión biológica aeróbica, y el desaguado se hará por medios mecánicos en filtros banda.

Como es usual en estos casos, las aguas residuales crudas, previo al tratamiento biológico, pasarán por tratamientos preliminares de desbaste para eliminar materia flotante, basura, y sólidos gruesos, y por desarenación, el primero con limpieza mecánica las unidades en operación, y el segundo para extracción del material granular con limpieza manual.

Línea de tratamiento de lodos

De acuerdo con lo establecido en las bases de licitación, debido a que la planta de tratamiento se encuentra en zona conurbada, se ha propuesto un proceso de estabilización biológica aeróbica, previa concentración de los lodos purgados en el tratamiento por medio de un espesamiento gravimétrico, y posterior deshidratado, igualmente mecánico, en filtros prensa de banda para su manejo y disposición final como desechos sólidos.

OPERACIONES Y PROCESOS UNITARIOS PROPUESTOS

Pre-tratamiento

El pretratamiento, se integrará con operaciones de desbaste previo, desarenación, y flotación parcial de grasa, las que han sido diseñadas para admitir el caudal máximo extraordinario.

Desbaste

Con objeto de eliminar objetos de gran tamaño se han previsto 3 módulos en paralelo de cribas de barras metálicas dobles (en serie) previas con apertura de 19 mm, alojadas en canales de sección rectangular de 50 centímetros de ancho, operando con un tirante efectivo máximo de 25 centímetros. Dos módulos estarán en operación y uno en reserva, siendo los primeros de operación mecánica y el de reserva de operación manual. En esta etapa se equipará uno de los módulos de operación con una criba mecánica similar a la existente.

Desarenación

En seguida el agua desbastada, será sometida a desarenación por medio de tres unidades existentes de desarenación gravimétrica de flujo horizontal, dos en operación y una en reserva, todas ellas con limpieza manual. Estas unidades se alojarán en canales rectangulares construidas en concreto reforzado, de 107 centímetros de ancho, operando con un tirante efectivo máximo de 25 centímetros. Debido a que todas las unidades son existentes, y a que tienen la capacidad necesaria para admitir el flujo máximo, en esta etapa no habrá adición alguna en esta operación unitaria.

Desgrasado parcial

Se construirá un tanque desgrasador aerado, similar y paralelo al existente, de sección rectangular construidas en concreto reforzado de 220 centímetros de ancho, 500 de largo, y 220 de tirante efectivo, operando con un tirante efectivo máximo de 25 centímetros, el cual tendrá en el fondo difusores de aire que se alimentarán con un pequeño flujo de aire de los sopladores que se usarán en el proceso biológico.

Tratamiento biológico

Biofiltración

Se ha diseñado una unidad circular de filtros percoladores de 18 m de diámetro y 4.27 m de altura de medio, que funcionará con brazos rociadores rotatorios, y que operará en paralelo con el filtro rectangular de rociado fijo existente.

Este filtro percolador no tendrá unidad de sedimentación, sino que más bien descargará su efluente de manera directa en la unidad de lodos activados subsecuente.

Reactores biológicos

Para recibir el efluente de la biofiltración se ha propuesto un proceso de lodos activados en oxidación carbonácea, el cual debido al nivel requerido de eficiencia de remoción de materia orgánica y sólidos suspendidos, funcionará en modalidad de oxidación carbonácea, y que han sido diseñados para las condiciones de temperatura de invernal. Para este caso se construirá un reactor aeróbico de sección rectangular de 6.80 metros de ancho por 13.50 metros de largo, con un tirante efectivo de 4.50 metros, operando en paralelo con el reactor existente.

El reactor estará equipados con un sistema de aeración por difusión de aire de poro fino en discos de 9” de diámetros con membrana de EPDM, de los cuales se tendrán alrededor de 510 difusores.

La alimentación de aire al sistema de difusión se hará por medio de 2 sopladores de aire comprimido de émbolos rotativos tipo lóbulos con motor de inducción de 25 hp de

potencia de motor cada uno, estando dos unidades en operación y una en reserva compartida con el módulo existente.

Sedimentadores secundarios

El efluente del nuevo reactor biológico pasará a un sedimentador secundarios de sección cuadrada de 13.50 metros por lado, con esquina abocinadas para alojar un mecanismo de rastras de sección circular de 13.50 metros de diámetro, que operará en paralelo al sedimentador existente. La biomasa activa separada del agua tratada, será recirculada a los reactores biológicos por medio de bombas centrífugas, en la proporción necesaria para mantener una concentración suficiente de la misma. Periódicamente se ejecutarán purgas por bombeo de los excedentes de lodo activado subproductos del proceso, para ser objeto de tratamiento y estabilización.

Desinfección

Al efluente tratado biológicamente se le aplicará cloro a fin de lograr una rápida y eficaz desinfección, que se constatará a través de la reducción de coliformes fecales a concentraciones inferiores al límite indicado por la normatividad.

Para el nuevo proyecto se instalará un clorador adicional con capacidad de 500 libras por día, y se agregará un tanque de contacto de 90 metros cúbicos de capacidad, donde se garantizará un tiempo suficiente para que la desinfección se lleve a cabo. Con esta unidad termina el tratamiento del agua.

Tratamiento del lodo residual

Debido a que como subproducto del tratamiento del agua se generarán lodos secundarios excedentes, aún con un alto contenido de materia orgánica capaz de ulterior descomposición, será necesario estabilizarlos a fin de satisfacer la normatividad indicada en las bases de licitación del concurso, y poder disponer de ellos como desecho sólido sin mayor problema sanitario.

En consecuencia los lodos residuales ingresarán a operaciones y procesos unitarios de concentración, estabilización, y desaguado.

Concentración de lodo excedente del proceso biológico.

A este respecto primeramente y con el fin de evitar capacidades excesivas en los digestores aeróbicos, los lodos secundarios en cuestión serán concentrados mediante un espesamiento gravimétrico, el cual será alimentado de manera discontinua por las bombas de purga instaladas en el sedimentador secundario.

Los sobrenadantes del espesamiento de los lodos serán enviados al cárcamo de incorporación de aguas residuales a tratamiento, para su reprocesamiento e integración al conjunto del agua residual afluente.

Esta unidad será de sección circular de 7.00 metros de diámetro para obtener lodos a una concentración de alrededor del 2.5 %, y se construirá en concreto reforzado, y estará equipada con un mecanismo de rastras tipo cepillo de tracción central.

El lodo espesado será enviado para su estabilización a las unidades de digestión aeróbica subsecuentes.

Estabilización de lodos

Para cumplir con lo dispuesto en la norma NOM-004-SEMARNAT-2002 para lodos clase “C”, en cuanto a calidad y tratamiento de los lodos residuales del proceso biológico, éstos se someterán a una estabilización biológica por la vía de una digestión aeróbica, adecuada para lograr la calidad requerida. Este tipo y modalidad de estabilización se justifica no solo por su eficacia, sino que también por la necesidad de implementar un proceso aeróbico que impida la producción de olores a las áreas vecinas de asentamientos humanos que rodean la planta.

La digestión aeróbica para esta etapa se complementará con un tanque de concreto reforzado de sección rectangular con capacidad de 490 m^3. Este digestor estará alimentado en flujo discontinuo por bombeo, con lodo procedente del espesador gravimétrico. De manera similar a los reactores biológicos, el digestor estarán equipado con un sistema de aeración por difusión de aire de poro fino con discos de 9” de diámetros con membrana de EPDM, de los cuales se tendrán 465 unidades instaladas.

La alimentación de aire al sistema de difusión se hará por medio de 2 sopladores de aire comprimido, de émbolos rotativos del tipo de lóbulo con motor de inducción en operación de 25 hp de potencia de motor cada uno, estando un soplador en operación y otro en reserva compartida con el módulo existente.

Desaguado de lodos

Tanque de lodos digeridos

Los lodos efluente de la estabilización se purgarán diariamente del digestor aeróbico y se enviarán al tanque de lodos digeridos de 40 m^3 de capacidad, equipado con mezclado mecánico por medio de 1 mezcladores mecánicos sumergibles de propela de 1.5 HP de potencia cada uno. Este tanque también hará funciones de almacenamiento, regulación, y cárcamo de bombeo.

Filtro prensa de banda

Para el nuevo módulo de tratamiento, los lodos se alimentarán por bombeo a 1 filtro prensa de banda en operación de 1.00 metro de ancho de banda, para su desaguado a una concentración de al menos 18 %. Por su capacidad, esta unidad podrá dar servicio a la totalidad del lodo de los dos módulos de tratamiento, aumentando el tiempo de operación a jornada y media de trabajo, quedando de esta manera el filtros prensa existente en reserva.

Con el fin de que se logre la eficiencia esperada de desaguado se dosificará un polímero catiónico que aumentará la cohesión de lodo, por lo que se han incluido las instalaciones de preparación y dosificación de reactivos, así como las de lavado de bandas con agua tratada a presión para mantener un nivel adecuado de filtración a través de ellas.

Los filtrados de la deshidratación de los lodos serán captados y enviados al cárcamo de incorporación de aguas residuales afluente a tratamiento biológico, para su reprocesamiento e integración al conjunto de las aguas residuales afluente.

Los lodos estabilizados y desaguados estarán disponibles para ser dispuestos en rellenos sanitarios sin mayor problema sanitario ó ambiental alguno, en la medida que cumplirán con los requisitos que establece la norma NOM-004-SEMARNAT-2002. Debido a que satisfarán la categoría de lodos clase "C", serán también susceptibles de ser reusados en aplicación en suelos para su mejoramiento, o bien para reúso agrícola ó forestal.

OBSERVACIONES COMPLEMENTARIAS

Ingeniería del anteproyecto

La integración de los procesos y operaciones unitarios escogidos y su ordenamiento se muestra en el plano del diagrama de proceso en el Anexo C , en tanto que el detalle de los cálculos de proceso, se muestra en la memoria de cálculo del diseño del proceso correspondiente.

II.2.1Programa General de Trabajo

El programa de trabajo durante las etapas de preparación del sitio y construcción estimado en aproximadamente cinco meses es el siguiente:

PARTIDA	PARTIDA	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Total
A	**Ampliación Planta de Tratamiento Capulhuac**	**0.00%**	**0.00%**	**0.00%**	**0.00%**	**0.00%**	**0.00%**
A3	**Proyecto ejecutivo y tramites**	**0.00%**	**0.00%**	**0.00%**	**0.00%**	**0.00%**	**0.00%**
A31	Proyecto Ejecutivo	43.33%	56.67%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%
A32	Tramites y permisos	43.33%	56.67%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%
A1	**Línea de tratamiento de agua**	**0.00%**	**0.00%**	**0.00%**	**0.00%**	**0.00%**	**0.00%**
A112	**Pretratamiento**	**0.00%**	**0.00%**	**0.00%**	**0.00%**	**0.00%**	**0.00%**
A1122	Equipamiento	22.86%	77.14%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%
A110	**Cárcamo de bombeo de influente**	**0.00%**	**0.00%**	**0.00%**	**0.00%**	**0.00%**	**0.00%**
A1101	**Obra civil**	**0.00%**	**0.00%**	**0.00%**	**0.00%**	**0.00%**	**0.00%**
A11011	Losa de cimentación	0.00%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%
A11012	Muros	0.00%	80.00%	20.00%	0.00%	0.00%	100.00%

PARTIDA	PARTIDA	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Total
A1102	Equipamiento	0.00%	46.67%	53.33%	0.00%	0.00%	100.00%
A16	**Biofiltración**	**0.00%**	**0.00%**	**0.00%**	**0.00%**	**0.00%**	**0.00%**
A161	**Obra civil**	**0.00%**	**0.00%**	**0.00%**	**0.00%**	**0.00%**	**0.00%**
A1611	Losa de cimentación	0.00%	73.17%	26.83%	0.00%	0.00%	100.00%
A1612	Muros	0.00%	36.00%	62.00%	2.00%	0.00%	100.00%
A1613	Escalera,barandales	0.00%	8.16%	63.27%	28.57%	0.00%	100.00%
A162	Equipamiento	0.00%	11.11%	68.89%	20.00%	0.00%	100.00%
A11	**Carcamo de bombeo a tanque de contacto de sólidos**	**0.00%**	**0.00%**	**0.00%**	**0.00%**	**0.00%**	**0.00%**
A111	Obra civil	0.00%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%
A112	Equipamiento	0.00%	28.00%	72.00%	0.00%	0.00%	100.00%
A13	**Tanque de contacto de solidos**	**0.00%**	**0.00%**	**0.00%**	**0.00%**	**0.00%**	**0.00%**
A131	**Obra civil**	**0.00%**	**0.00%**	**0.00%**	**0.00%**	**0.00%**	**0.00%**
A1311	Losa de cimentación	0.00%	36.00%	64.00%	0.00%	0.00%	100.00%
A1312	Muros	0.00%	3.12%	96.88%	0.00%	0.00%	100.00%

PARTIDA	PARTIDA	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Total
A1313	Pasillos,barandales	0.00%	0.00%	66.67%	33.33%	0.00%	100.00%
A132	Equipamiento	0.00%	0.00%	42.50%	57.50%	0.00%	100.00%
A18	**Sedimentación secundaria**	**0.00%**	**0.00%**	**0.00%**	**0.00%**	**0.00%**	**0.00%**
A181	**Obra civil**	**0.00%**	**0.00%**	**0.00%**	**0.00%**	**0.00%**	**0.00%**
A1811	Losa de cimentación	0.00%	42.22%	57.78%	0.00%	0.00%	100.00%
A1812	Muros	0.00%	19.57%	67.39%	13.04%	0.00%	100.00%
A1814	Canales	0.00%	0.00%	73.53%	26.47%	0.00%	100.00%
A1813	Escaleras,barandales	0.00%	0.00%	37.50%	62.50%	0.00%	100.00%
A182	Equipamiento	0.00%	0.00%	55.56%	44.44%	0.00%	100.00%
A19	**Tanque de Contacto de Cloro**	**0.00%**	**0.00%**	**0.00%**	**0.00%**	**0.00%**	**0.00%**
A191	**Obra civil**	**0.00%**	**0.00%**	**0.00%**	**0.00%**	**0.00%**	**0.00%**
A1911	Losa de cimentación	0.00%	0.00%	100.00%	0.00%	0.00%	100.00%
A1912	Muros	0.00%	0.00%	100.00%	0.00%	0.00%	100.00%
A1913	Barandales,pasillos	0.00%	0.00%	53.33%	46.67%	0.00%	100.00%

PARTIDA	PARTIDA	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Total
A192	Equipamiento	0.00%	0.00%	37.20%	62.80%	0.00%	100.00%
A2	**Línea de tratamiento de lodos**	**0.00%**		**0.00%**	**0.00%**	**0.00%**	**0.00%**	**0.00%**
A21	**Bombeo de recirculación**	**0.00%**		**0.00%**	**0.00%**	**0.00%**	**0.00%**	**0.00%**
A211	Obra civil	0.00%		0.00%	100.00%	0.00%	0.00%	100.00%
A212	Equipamiento	0.00%	0.00%	100.00%	0.00%	0.00%	100.00%
A26	**Espesador de lodos**	**0.00%**	**0.00%**	**0.00%**	**0.00%**	**0.00%**	**0.00%**
A261	**Obra civil**	**0.00%**	**0.00%**	**0.00%**	**0.00%**	**0.00%**	**0.00%**
A2611	Losa de cimentación	0.00%	95.83%	4.17%	0.00%	0.00%	100.00%
A2612	Muros	0.00%	55.56%	44.44%	0.00%	0.00%	100.00%
A2614	Canales	0.00%	15.00%	85.00%	0.00%	0.00%	100.00%
A2613	Escalera,barandales	0.00%	0.00%	100.00%	0.00%	0.00%	100.00%
A262	Equipamiento	0.00%	9.76%	75.61%	14.63%	0.00%	100.00%

II.2.2 Preparación del sitio

La etapa de preparación del sitio del Proyecto comenzará con el desplante de l estructuras nuevas con diferentes frentes de trabajo, con la finalidad de poc cumplir con el programa de actividades posteriormente se continuará con movimiento de tierras el cual se describe a continuación:

MOVIMIENTO DE TIERRAS

a) Limpieza que incluye trazo y nivelación del terreno, para después realizar despalme de capa de tierra vegetal de aproximadamente 30 cm de espesor, terreno según observancia en visita de obra es tepetate por lo que l excavaciones se harán con retroexcavadoras en material tipo II y el mater producto de la excavación se retirará donde indique la supervisio paralelamente a estas actividades se realizarán los trámites correspondient para el suministro provisional del fluido eléctrico, así como el suministro agua.

II.2.3 Descripción de obras y actividades provisionales del proyecto

Las obras y actividades provisionales durante las etapas de preparación del sitio construcción serán las siguientes:

- Oficinas provisionales para personal administrativo;
- Bodega de almacenamiento de materiales;
- Zonas de carga y descarga de materiales, entrada y salida de maquinaria equipo; y
- Sanitarios para los obreros.

II.2.4 Etapa de construcción

La etapa de construcción se describe para cada uno de los elementos Proyecto.

PROCEDIMIENTO PARA LOS TANQUES

a) Se efectuará la limpieza y el trazo del área donde se realizaran las excavaciones de acuerdo a las referencias del Proyecto. Los trabajos de excavación se efectuaran de acuerdo al proyecto ejecutivo, en caso de encontrar aguas freáticas y para poder trabajar en seco se instalará un sistema de bombeo profundo con bombas sumergidas y con electroniveles.
b) Las excavaciones se realizaran con equipo para construcción pesada donde en terreno seco se utilizará retroexcavadora, simultáneamente con las excavaciones profundas se irá ejecutando el camino de acceso a estas tanto para la entrada del equipo propio de las excavaciones, como para equipo de carga y camiones para el retiro del material excavado, en caso de excavaciones en terreno aguachinado o saturado de agua se procederá a utilizar dragas de la capacidad adecuada.
c) Una vez que se termine la excavación a la profundidad del Proyecto se realizará un afine a mano, el material producto del afine se cargará a mano y se transportará en carretilla hasta el área de carga, donde se colocará una plantilla de concreto pobre con una resistencia a la compresión de f'c= 100 kg/cm^2 y de 5 cm de espesor, esta servirá para trabajar con limpieza y no contaminar el acero de refuerzo.
d) Se habilitará y colocará el acero y cimbra de la losa de cimentación o losa de fondo, previamente colocándose la junta de P.V.C. con el fin de delimitar los colados con cimbra de madera, estos se realizaran por etapas con concreto de una resistencia a la compresión de f'c=300 kg/cm^2 t.m.a. 19 mm con aditivos como la fibra de polipropileno y el impermeabilizante integral, el vaciado se realizará con bomba, la losa de cimentación se cura con curacreto o un material similar que se adquiera en la región, después del colado de la losa de fondo y traslapada con la anterior actividad se iniciará el armado y la colocación de juntas de P.V.C. en muros, los colados de los muros también se realizaran por etapas y en la delimitación de estas se colocará una cimbra común, colocándose también la junta de P.V.C. tanto en posición horizontal como vertical, para posteriormente colocar la cimbra de contacto que será aparente revisando su alineación o curvatura según sean elementos rectos o curvos, teniendo especial cuidado en la verificación de plomos así como el troquelamiento, revisar también la separación de cimbra con respecto al acero de refuerzo con el fin de respetar el recubrimiento especificado en el Proyecto, lo anterior se realizará antes del colado, posteriormente se descimbrará al otro día procediendo a curar el concreto, a continuación se tapan los agujeros dejados por los shea bolts usando en la revoltura un aditivo expansor.

e) Antes del cimbrado siempre y cuando lo especifique el Proyecto en donde se localicen las alimentaciones eléctricas no aparentes para el funcionamiento de los equipos, la tubería se dejará ahogada en el concreto, así como para la alimentación de la instrumentación.
f) Se dejaran las preparaciones de tubería para la interconexión de tanques (empotramientos de tubería en los muros de los tanques de diferentes diámetros y longitudes).
g) Cuando la tubería va por debajo de la losa de cimentación o losa de fondo, antes de colar la plantilla se realizará la excavación que alojara el tubo, colocando este y realizando pruebas a la soldadura, si estas son satisfactorias se colocaran las silletas que troquelaran la tubería, rellenando la cepa con material inerte y compactándolo al 90 % de la prueba Proctor.
h) En caso de ser necesario la superficie de concreto se detallará antes de proceder al llenado del tanque para la prueba de estanqueidad.
i) Se realizaran las pruebas de estanqueidad de cada uno de los tanques, cuando pasa dicha prueba se realizará el trabajo de sellar juntas tanto losa de fondo como muros con sellador Sika Flex 1a o similar, este sellado se lleva a cabo en la parte superior de la losa de cimentación, en los muros se sella tanto el interior como el exterior, siendo tanto horizontal como vertical, concluyendo esta actividad se rellenaran las cuñas dejadas entre la excavación y la estructura en cuestión, el relleno es de material inerte compactado con bailarina al 85% de la prueba Proctor.
j) Posteriormente se ejecutaran las instalaciones de los equipos y accesorios que lleven los tanques con personal especializado, se construirán las escaleras de acceso que pueden ser de concreto o metálicas según las condiciones del lugar, se colocarán los pisos y escalones de rejilla metálica prefabricada tipo Irving y barandales metálicos de protección.

EDIFICACION

a) Las excavaciones se realizaran a mano y/o con retroexcavadora según el volumen que se vaya a extraer o las condiciones de obra, el material producto de la excavación se retira fuera de la obra a un sitio de disposición autorizado, antes de iniciar los trabajos de excavación se realiza una limpieza y trazo. Cabe hacer notar que si el nivel de aguas freáticas se encuentra superficial y entorpece la excavación, se le dará pendiente a la excavación para desalojar el agua por gravedad y conectándola a un cárcamo de bombeo donde se extraerá con bomba de 4” de diámetro y 8 HP, la anterior operación se llevara a cabo en excavaciones de zapatas corridas.

b) Ya teniendo las excavaciones se colará una plantilla de concreto pobre de 5 cm de espesor, se habilitará simultáneamente tanto el acero de refuerzo como la cimbra, para después armar la cimentación respetando el alineamiento, traslapes, anclajes, separación de varilla, todo esto especificado en los planos estructurales, a continuación se cimbrara la zapata de cimentación teniendo cuidado que la cimbra este alineada, plomeada y troquelada, se aplicará diesel a la cimbra de contacto para permitir un buen descimbrado, la cimbra que se utiliza es para acabado no aparente, a continuación antes del colado se humedecerá la cimbra para evitar la deshidratación del concreto. El vaciado del concreto si los volúmenes son pequeños se realizaran a mano ya sea a bote o en carretilla, en caso contrario estos se efectuaran con bomba, en donde el revenimiento del concreto debe ser para bombeo o sea la mezcla es más fluida, antes del colado se dejaran los pasos necesarios para las instalaciones sanitarias.
c) Cuando la losa es aligerada con nervaduras coladas en sitio o prefabricadas, también se dejaran las tuberías tanto de alimentación hidráulica como eléctrica ahogadas en el firme de compresión y los pasos que especifique el proyecto.
d) La losa en estructura metálica por lo regular es losacero en la que con antelación a su colocación se instalaran conectores sueldados al patin superior de la trabe con el fin de garantizar la liga de la losacero con las trabes metálicas, en la colocación de esta y de acuerdo a recomendaciones del fabricante para cierta longitud de claros se emplearon puntales y madrinas previo al colado, si el proyecto lo especifica se dejaran contraflechas, colocándose una malla electrosoldada para posteriormente colar un firme de compresión de concreto f'c=250 kg/cm^2 con t.m.a. de 19 mm, el vaciado si el volumen lo amerita será con bomba, en caso contrario se realizará con carretilla o bote.
e) Antes de iniciar el tendido de malla electrosoldada y colado de firmes en planta baja, se procederá a hacer los trabajos de instalaciones eléctricas que vayan en piso, simúltaneamente a estas actividades se iniciará la construcción de los muros los cuales estarán estructurados con castillos y dalas según proyecto, teniendo que anclar desde la dala de desplante los castillos.
f) En la construcción de muros se checarann los plomos con el fin de que los aplanados tengan el mismo espesor, serán de mortero cemento arena 1-5 y de un grosor máximo de 2.5 cm, así como las juntas entre los tabiques serán de mortero cemento arena 1-4 con un espesor máximo de 1.5 cm.
g) Teniendo las casetas terminadas, se levantará una lista de detalles de obra civil y electromecánica de común acuerdo con la supervisión, los trabajos de detallado se llevaran a cabo en el tiempo indicado por la supervisión.

FONTANERÍA

Simultáneamente a los trabajos de obra civil se realizará el tendido de tubería de interconexión de tanques la cual será subterránea y aérea, como la tubería es de acero soldable se hizo una limpieza exterior con chorro de arena hasta dejar la tubería con un blanco griseaso, aplicándose pintura epoxica anticorrosiva y de acabado según especificaciones en cuanto a calidad de pintura y espesor, se realizaran las preparaciones en juntas como biselado con objeto de poder recibir la soldadura, antes del tendido de líneas cuando esta es subterránea las cepas deberán estar terminadas junto con la cama de arena, iniciándose la colocación de la tubería la cual se nivelara y alineara, para después juntearla con cordón de soldadura E-7018 previamente precalentando y fondeando con soldadura E-6010, llevándose un control de las juntas por medio de radiografías o líquidos penetrantes que son pruebas no destructivas, a lo largo del tendido de las tuberías se dejaran silletas con el fin de troquelar la tubería, cuando los diámetros son considerables y por ende el peso se usara grúa como equipo de izado, traslado y colocación de tubo, así como tripie y diferencial. Si la tubería es aparente o aérea de preferencia se suministrará, habilitará y colocara los soportes metálicos anclados a los muros por medio de placa de acero A-36 fijado esta con taquetes expansivos. Por otra parte entre el recorrido de la tubería se colocaran las conexiones que indique el Proyecto como codos de 90°, de 45°, de 22°, tees, reducciones, según condiciones de mercado en cuanto a existencia o costo de las diferentes conexiones en especial cuando rebasan las 20” de diámetro es conveniente fabricarlas en obra con tubería la cual se corta, y por ejemplo se puede fabricar un codo a base de gajos los que irán soldados, al igual que una tee formada por dos tramos de tubo en uno de ellos al centro se hace el saque para conectarlos con soldadura, estas conexiones llevarán el mismo tratamiento de limpieza con chorro de arena y protección con pintura epoxica primario y de acabado. Asimismo se colocaran bridas de diferente tipo y diámetro las cuales son soldables a la tubería, estas deberán quedar alineadas a la tubería y plomeadas para poderlas soldar, el espacio que se deja deberá ser el indicado para evitar que la válvula entre forzada cuando este es reducido, también se instalaran válvulas de diferentes funciones y diámetros en que cuando el diámetro es significativo el peso también y por ende se usara grúa, así como tripie y diferencial, las válvulas son bridadas y llevaran empaque de neopreno y tornilleria. Previamente al tendido de tubería se trazara por donde dichas líneas se ubicaran y las que vayan enterradas se harán las excavaciones a máquina si la volumetría lo amerita, para después de realizadas las pruebas en la tubería si esta no presenta fugas se procederá a efectuar los rellenos con material producto de la

excavación, en las tuberías aparentes o aéreas esta se colocará con grúa, ya instalada se procederá a su unión por medio de soldadura la cual se aplicará de sobrecabeza si el espacio lo permite, y de esta manera evitar el giro de la tubería para poderla soldar ya que esta operación es mas aparatosa, costosa y el tiempo de ejecución en esta actividad sería mayor.

OBRA MECANICA

Al mismo tiempo en que se van realizando los trabajos de obra civil se realizaran a la par los pedidos de equipos para, en tiempo y forma, se puedan tener en sitio, para su posterior colocación. Por ejemplo para equipos de desinfección, tornamesas y demás equipos que por su naturaleza y características su fabricación es prolongada, se iniciaran las preparaciones pertinentes.

Para la instalación de equipo requerido para el correcto funcionamiento de la planta se siguió el siguiente criterio:

a) Terminadas las alimentaciones electromecánicas de los tanques así como de las edificaciones, se procederá a la instalación de los equipos que lleve cada unidad, instalándose según guías mecánicas o indicaciones del fabricante.
b) En la Obra de Pretratamiento: una criba mecánica fina de 6 mm, un medidor de flujo canal parshall
c) En Obra Cárcamo de Bombeo del influente: Una bomba centrifuga sumergible de 40 HP.
d) En Biofiltro: un sistema de filtro rociador circular de 20.0 metros de diámetro
e) En cárcamo de bombeo a tanque de contacto de sólidos: dos bombas centrifugas sumergibles de 15 HP.
f) En Tanque de Aeración: un sistema de difusión de aire de 413.10 m^3 de capacidad con gasto máximo de 171 lps, integrado por 126 difusores tipo plato de membrana EPDM de 9” con flujo de aire por unidad de 5.1 m^3 /hr.
g) En Sedimentador Secundario: Un clarificador de 13.50 m de diámetro incluye pailería y tornamesa.
h) Tanque de contacto de cloro: Ampliación del sistema de cloración, incluye un clorador, detector de fugas kit B de seguridad, dos contenedores de gas con soportes y dos bombas para dilución de cloro.
i) Cárcamo de recirculación: Una bomba centrifuga sumergible de 5 HP para recirculación y tres de 1.6 HP para bombeo de exceso de lodos.
j) Espesador de lodos: un espesador de gravedad de 7.0 metros de diametro y tracción central de 0.5 HP

k) Cárcamo de bombeo de lodos a digestor: una bomba centrifuga sumergible de 2 HP
l) Digestor aerobio: un sistema de difusión de aire para tanque digestor de 819.56 m^3 de capacidad con gasto medio de 5 lps, integrado por 162 difusores tipo disco de burbuja fina de membrana EPDM de 9" con flujo de aire por unidad de 1.61 m^3/h.
m) Equipo de Sopladores: dos sopladores de lobulos de 40 HP dentro de caseta acústica.
n) En Edificio de Filtros banda: dos bombas de cavidad progresiva de 3 HP para bombeo de lodos al filtro prensa, un filtro prensa tipo banda de 1 m de ancho, un sistema de alimentación de polímero de 0.5 HP una bomba centrifuga horizontal para lavado de filtro prensa con motor de 7.5 HP.

OBRA ELECTRICA

Se verificará que la actual instalación cuente con la capacidad suficiente para abastecer el equipamiento existente más el adicional objeto del Proyecto. Se revisará el correcto funcionamiento de los elementos en la subestación, como son transformador, elementos de protección, alimentadores, banco de capacitores, controladores, tableros y demás elementos que intervengan en la parte eléctrica y de instrumentación.

Se instalaran los elementos necesarios para el control de los equipos nuevos, tales como interruptores termomagnéticos, arrancadores, drivers, etc.

Para la ampliación de la red eléctrica se realizará lo siguiente:

a) La canalización se realizará con tubería de P.V.C tipo pesado ya mencionada con anterioridad hasta el registro contiguo a los transformadores, la ejecución de las bases de los equipos que son de concreto con una resistencia f'c= 200 kg/cm^2 de 0.10 a 0.20 m de peralte, en donde se dejaran las anclas para su fijación.
b) En el sistema de fuerza para el funcionamiento de los equipos nuevos, luminarias etc., la canalización se llevo a cabo con tubería conduit galvanizada de P.G. de diferentes diámetros, tendido de conductores de diferentes calibres a lo largo de la canalización, que parten de los tableros principales a los controles localizados en el centro de control de motores, y de este al sitio donde se ubican los motores donde se conectaran estos y se arrancaran para

probarlos bajo diferentes condiciones de funcionalidad. La tubería irá encofrada con concreto pobre.

c) En el sistema de Tierras se instalará cable de cobre desnudo de diferentes calibres, conectándose a los equipos nuevos y a una varilla metálica cobrizada.
d) Para la ampliación del sistema de alumbrado exterior se canalizará con tubería conduit de fierro galvanizado P.G. en donde se alojaran los conductores de diferentes calibres, a lo largo de la canalización se colocaron registros prefabricados de concreto, así como bases de concreto con una resistencia f'c= 200 kg/cm^2 de geometría rectangular en dimensiones de 40x40x80 cm., anclándole 4 varillas roscadas de 19 mm de diámetro, previamente realizando excavaciones a mano para dar espacio a los registros y bases, en donde se anclaran los postes y brazo metálico con su foco de vapor de sodio con balastra.
e) Se realizará la instalación de una planta de emergencia de 250 KW para el respaldo de aireadores y recirculación.
f) Una vez terminadas las obras eléctricas se llevaran a cabo la realización de pruebas tanto en la instalación como los equipos.

INSTRUMENTACION

a) Se realizará el tendido de tubería y cable desde el tablero principal hasta los tableros derivados y de estos al C.C.M, de este a los diferentes equipos.
b) A continuación se instalara la instrumentación especificada en el proyecto incluyendo señalización, alarmas, dispositivos de control necesarios para la adecuada operación de la planta.
c) Se realizará la calibración, configuración, montaje, conexión eléctrica y puesta en marcha de instrumentos de acuerdo con el manual del fabricante.

II.2.5 Etapa de operación y mantenimiento

La operación y mantenimiento del Proyecto, consiste en la operación, conservación y mantenimiento de la infraestructura y reposición de equipos por un período de 30 años

Para el período de operación se requieren en forma enunciativa, más no limitativa de los siguientes recursos:

- Personal de oficina y gerencia.

- Personal de laboratorio, operación y mantenimiento.
- Vehículos generales de mantenimiento y de acarreo de lodos.
- Agua potable para uso y consumo humano y servicios que la requieran.
- Agua tratada para riego de áreas verdes y los servicios que la requieran.
- Equipamiento completo de elementos de oficina, laboratorio, etc.
- Materiales y refacciones para la reparación y mantenimiento menor y mayor de los equipos.
- Materiales para la reposición de equipos.
- Reactivos y productos químicos en el proceso de tratamiento de agua y de lodos
- Productos para la desinfección química
- Suministro de los reactivos y productos químicos para los análisis químicos
- Mantenimiento a las edificaciones, vialidades internas y áreas verdes.
- Consumo de energía eléctrica.

II.2.6 Descripción de obras asociadas al proyecto

Las obras asociadas incluyen:

- Drenaje;
- Líneas de acometida hidráulica;
- Líneas eléctricas;
- Línea de agua potable;
- Línea de desalojo de agua tratada;
- Puentes: a) para la recolección de lodos y/o residuos urbanos; b) puentes para el acceso a la PTAR y c) para el ingreso de maquinaria y equipo.

II.2.7 Etapa de abandono de sitio

En caso de abandono de sitio, se procedería a desmantelar la planta, llevando a cabo la demolición de las estructuras de concreto.

La vida útil de la PTAR se estima en 30 años, se prevé que con mantenimiento y sustitución de equipos, oportunamente la PTAR pueda operarse mas tiempo.

II.2.8 Utilización de explosivos

No se utilizarán explosivos en ninguna etapa del Proyecto

II.2.9 Generación, manejo y disposición de residuos, sólidos, líquidos y emisiones a la atmósfera

Etapa de Preparación del Sitio y Construcción

Ruido

Durante esta etapa se generará ruido proveniente de la maquinaria pesada y equipo utilizado para la limpieza de las áreas a ocupar, excavaciones y aplanado, así como acarreo del material, por lo que se deberá proporcionar mantenimiento regular a la maquinaria y equipo, utilizar mamparas para atenuar el ruido emitido hacia la periferia de la planta.

Polvos, partículas y gases de combustión

En la preparación del sitio, se generarán polvo y partículas durante el movimiento de tierras y materiales, por lo que se deberá regar con frecuencia para disminuir estas emisiones. Asimismo para minimizar los gases de combustión provenientes de la maquinaria pesada se deberá establecer un programa de mantenimiento.

Residuos de manejo especial

En esta etapa se generarán residuos de la construcción, tales como tierra, rocas, arcilla, etc., producto de la excavación. Por lo que se deberá contar con un lugar para el almacenamiento temporal de estos, de forma separada y clasificándolos de acuerdo con la normatividad estatal para los residuos de la construcción, llevando un registro de generación. Asimismo se deberá contratar a personal autorizado para el acarreo de los materiales a un sitio de disposición que cuente con los permisos requeridos.

Residuos Sólidos Urbanos

Los residuos sólidos urbanos que se generarán en esta etapa pueden incluir restos de alimentos, cartón, botellas de plástico, madera, entre otros. Por lo que se debe de contar con un área especial para el acopio temporal de estos residuos, así como recipientes que eviten la generación de olores y fauna nociva. Los residuos sólidos urbanos susceptibles de reusarse deberán buscar el aprovechamiento de los mismos.

Residuos Peligrosos

La generación de estos residuos, será registrada en bitácoras que serán llenadas por el responsable del área, en ellas se indicará la fecha de generación, el tipo de residuo y la cantidad del mismo. El almacenamiento en el sitio de generación se realizará en tambos provistos de etiquetas con el tipo de residuo y sus características de peligrosidad, se mantendrán cerrados y su almacenamiento en el sitio será sobre una charola con una rejilla para contener derrames accidentales mientras son transportados al almacén.

Los residuos peligrosos se depositarán en el almacén, el cual cumplirá con lo establecido en el Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos, siendo el control a través del registro en la bitácora de entradas y salidas del propio almacén.

La recolección, el transporte y disposición final, se hará a través de empresas debidamente autorizadas por la SEMARNAT y la SCT y con destino a empresas que igualmente tengan vigente la autorización para tratamiento o confinamiento de ese tipo de residuos.

Etapa de operación y mantenimiento

Ruido

El generado por el Proyecto por el uso del equipo como bombas, sopladores, etc., deberá estar por debajo del límite máximo establecido por la Norma Oficial Mexicana NOM-081-SEMARNAT-1994, que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición.

Gases de combustión y humos

Humo y gases de combustión derivado de los motores de combustión interna de la planta de emergencia cuando se ocupe y del boiler de servicios de los trabajadores. Se cumplirá con las leyes y reglamentación Federales, Estatales, Municipales, así como Normas Oficiales Mexicanas que sean aplicables y conducentes a fin de evitar y controlar la contaminación del aire.

Biogás

El Proyecto no contempla el aprovechamiento del biogás proveniente de la degradación de los lodos.

Olores

El desarrollo de plantas de tratamiento de aguas se asocia a la generación de olores. Los compuestos volátiles responsables de los malos olores en drenajes y plantas de tratamiento son resultado de la descomposición microbiológica de la materia orgánica contenida en el agua residual. En 1966, Carlson y Leiser, clasificaron los malos olores según las siguientes categorías:

a) Gases inorgánicos que incluyen al sulfuro de hidrogeno (H_2S) y al amoniaco (NH_3);
b) Los ácidos como el acético, láctico y butírico;
c) Los altamente tóxicos como el índole, skatole, fenoles y mercaptanos;
d) Las aminas como la cadaverina y la putrescina.

Sin embargo, el H_2S es el constituyente más característico de los gases producidos en los sistemas anaerobios y uno de los principales compuestos responsables de la generación de plantas de aguas residuales.

La legislación mexicana en la actualidad no ha emitido alguna regulación para el control de olores, sin embargo la correcta operación y mantenimiento del Proyecto minimizará la generación de los mismos.

Residuos Sólidos Urbanos

Los residuos sólidos urbanos consistirán básicamente en plástico, cartón, residuos de alimentos y papel. El manejo de los residuos sólidos urbanos se llevará a cabo por medio de un contrato con el municipio o con un particular, de tal forma que estos residuos se manejen y dispongan adecuadamente en los sitios que dispongan las autoridades locales.

Residuos Peligrosos

La generación de estos residuos, será registrada en bitácoras que serán llenadas por el responsable del área, en ellas se indicará la fecha de generación, el tipo de residuo y la cantidad del mismo. El almacenamiento en el sitio de generación se realizará en tambos provistos de etiquetas con el tipo de residuo y sus características de peligrosidad, se mantendrán cerrados y su almacenamiento en el sitio será sobre una charola con una rejilla para contener derrames accidentales mientras son transportados al almacén.

Los residuos peligrosos se depositarán en el almacén, el cual cumplirá con lo establecido en el Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos, siendo el control a través del registro en la bitácora de entradas y salidas del propio almacén.

La recolección, el transporte y disposición final, se hará a través de empresas debidamente autorizadas por la SEMARNAT y la SCT y con destino a empresas que igualmente tengan vigente la autorización para tratamiento o confinamiento de ese tipo de residuos.

Residuos de Manejo Especial

En la planta de tratamiento de aguas residuales Capulhuac con 2 módulos de 50 L/s de capacidad media cada uno, una vez realizadas las adecuaciones en su diseño, y especialmente en la modernización de sus líneas de proceso de tratamiento de agua, así como la incorporación de una línea de proceso para estabilización de lodos (espesado-digestión aerobia-desaguado) tendría una generación estimada de Biosólidos al 18% de sólidos de 1,040 Ton/mes base húmeda, estos Residuos de Manejo Especial (RME) cumplirán en todo momento con lo establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM–004–SEMARNAT 2002, protección ambiental.- Lodos y biosólidos.- Especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final; para

lodos biológicos digeridos tipo “C”. Los biosólidos producidos serán enviados a disposición final previo obtención de la Constancia de No Peligrosidad.

II.2.10 Infraestructura para el manejo y disposición adecuada de los residuos

De acuerdo con el Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales (SNIARN) en el Estado de México se cuentan con 28 rellenos sanitarios y 61 tiraderos a cielo abierto para 125 municipios.

La generación de residuos sólidos urbanos del Proyecto se almacenaran de manera temporal (2 días en promedio) un contenedor dedicado a ello y posteriormente se enviarán a disposición final a un relleno sanitario autorizado para recibir y dispone de residuos sólidos urbanos cumpliendo con la legislación municipal vigente aplicable.

Los residuos peligrosos se almacenarán temporalmente en un área destinada para ese fin, la cual cumplirá con las características establecidas en el Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos (RLGPGIR). Se llevará una bitácora donde se registrará el volumen de entrada y salida de los mismos. Los residuos peligrosos se depositarán en contenedores adecuados a sus características, previamente identificados.

Los residuos de manejo especial se almacenarán temporalmente en un área destinada para este fin separados de los residuos peligrosos y de los sólidos urbanos. La Promovente obtendrá la Constancia de No Peligrosidad de los mismos, previo a su aprovechamiento como mejoradores de suelo o bien a su disposición final.

III. Vinculación con los ordenamientos jurídicos aplicables en materia ambiental, y en su caso, con la regulación de uso de suelo

Este capítulo identifica y analiza los diferentes instrumentos de regulación, normatividad y planeación aplicables en la zona del Proyecto, así como su correspondencia con los instrumentos legales federales, estatales y municipales.

A continuación se indican y describen los planes y programas revisados, así como la legislación aplicable al Proyecto:

Planes y Programas de Ordenamiento Ecológico del Territorio:

- Programa de Ordenamiento General del Territorio
- Actualización del Modelo de Ordenamiento Ecológico del territorio del Estado de México

Planeación Federal, Estatal y Municipal:

- Plan Nacional de Desarrollo
- Plan Estatal de Desarrollo
- Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Capulhuac

Programas Sectoriales

- Programa Sectorial de Medio Ambiente
- Programa Nacional Hídrico
- Plan Hídrico de Control de inundaciones y saneamiento de la Cuenca del Lerma

Instrumentos Normativos

- Leyes
- Reglamentos
- Normas Oficiales Mexicanas

Áreas Naturales Protegidas

Uso de suelo

III. 1 Planes y Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio

III.1.1 Programa de Ordenamiento General del Territorio

El Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT), publicado en el Diario Oficial de la Federación el 7 de septiembre de 2012, establece las bases para planificar el uso de suelo en el territorio nacional y las zonas sobre las cuales la nación ejerce soberanía y jurisdicción, incorporando la variable ambiental en las actividades de los sectores de la Administración Pública Federal (APF) cuyas atribuciones incidan en el patrón de ocupación del territorio, de modo que protejan las zonas críticas para la conservación de la biodiversidad y de los bienes y servicios ambientales.

Asimismo, promueve un esquema de coordinación y corresponsabilidad entre los sectores de la APF, que permite generar sinergias y propiciar un desarrollo sustentable en cada una de las regiones ecológicas identificadas en el territorio nacional.

El POEGT está integrado por la regionalización ecológica (que identifica las áreas de atención prioritaria y las áreas de aptitud sectorial) y los lineamientos y estrategias ecológicas para la preservación, protección, restauración y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, aplicables a esta regionalización.

Con respecto a la regionalización ecológica, el Proyecto se ubica en una zona con prioridad de atención media con una política ambiental de aprovechamiento sustentable y restauración. Dentro de la Unidad Ambiental Biofísica (UAB) No. 121 Depresión de México. Región ecológica: 14.16 cuya localización comprende los estados de México y Morelos, alrededor del Distrito Federal.

El POEGT establece diez lineamientos ecológicos que reflejan el estado deseable de una región ecológica o unidad ambiental biofísica. Las estrategias dirigidas al mejoramiento e infraestructura urbana incluyen: suelo urbano y vivienda; zonas de

riesgo y prevención de contingencias; agua y saneamiento; infraestructura y equipamiento urbano y regional; y desarrollo social.

Dentro del rubro Agua y Saneamiento, la estrategia 27 establece incrementar el acceso y calidad de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento de la región. A través de las siguientes acciones:

- Fomentar y apoyar el establecimiento de sistemas de tratamiento de aguas residuales urbanas y promover el uso de aguas residuales tratadas.
- Fomentar el incremento de la cobertura de servicios de agua potable y alcantarillado, induciendo la sostenibilidad de los servicios.
- Fomentar la calidad del servicio de agua potable y saneamiento por parte de los municipios con el apoyo de los gobiernos estatales y el Gobierno Federal.
- Promover la certificación sistemática del personal directivo y técnico de los Organismos Operadores de Agua y Saneamiento.
- Promover, en coordinación con los gobiernos de las entidades federativas y de los municipios, la creación de sistemas adecuados de disposición de residuos sólidos urbanos.

La estrategia 28: consolidar la calidad del agua en la gestión integral del recurso hídrico, establece las siguientes acciones:

- Mejorar el sistema de información estratégica e indicadores del sector hidráulico.
- Promover el incremento de la proporción de aguas residuales tratadas y fomentar su reúso e intercambio.
- Monitorear y/o establecer sistemas de tratamiento de las aguas residuales industriales en particular en la industria petroquímica y en la explotación de hidrocarburos.
- Promover el mejoramiento de la calidad del agua suministrada a las poblaciones.
- Fortalecer el proceso de formulación seguimiento y evaluación de los programas hídricos de largo plazo por región hidrológica orientados a la sustentabilidad hídrica.

En este sentido la Promovente fomenta el establecimiento de sistemas de tratamiento de aguas residuales, incrementando la capacidad de 50 lps a 100 lps.;

y con ello se incrementa la proporción de aguas residuales tratadas. Con la operación del Proyecto el municipio de Capulhuac promueve el saneamiento del del río Acalotli.

III.1.2 Actualización del Modelo de Ordenamiento Ecológico del territorio del Estado de México

En 1999, se decretó el Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de México (POETEM) como una herramienta de planeación ambiental para el desarrollo, que se fundamenta en el aprovechamiento racional y sustentable de los recursos en el Estado de México.

El POETEM es un instrumento de política ambiental que tiene como objetivo inducir los usos de suelo y las actividades productivas con la finalidad de lograr de lograr la preservación del ambiente, la preservación y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales como soporte y guía a la regulación del uso de suelo.

La dinámica de crecimiento del Estado de México ha propiciado la actualización del POETEM, por lo que el 19 de diciembre del 2006 y 27 de mayo de 2009, fue publicado en el ¨Periódico Oficial del Gobierno del Estado Libre y Soberano de México¨, la Actualización del Modelo de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de México (AMOETEM).

De acuerdo al AMOETEM, el 26.55% del Territorio Estatal tiene política de protección, el 35.16% de conservación, el 6.33% de restauración y el 31.96% de aprovechamiento.

En lo referente a usos predominantes , la superficie territorial del Estado de México se distribuye de la siguiente manera: agrícola 42.09%; áreas naturales protegidas 25.43%; forestal 16.33%; flora y fauna 4.18%; pecuario 9.54%; cuerpos de agua1.31%; acuacultura 0.53% y uso minero 0.59%.

El Proyecto se ubica en el municipio de Capulhuac, por lo que pertenece a la Región VII. Lerma de acuerdo al AMOETEM. El municipio de Capulhuac cuenta con 7 unidades, donde el uso predominante en cuatro de ellas, es agricultura, cuenta con dos unidades con uso predominante forestal y un área natural protegida, de acuerdo a Tabla IV-1.

Tabla IV.1 Asociación de Unidades Ecológicas del municipio de Capulhuac

Municipio	Unidad Ecológica	Clave de la Unidad	Uso predominante	Fragilidad Ambiental	Política Ambiental	Criterios de regulación ecológica
Capulhuac 7 unidades	13.4.2.083.304	Ag-4-304	Agricultura	Alta	Conservación	109-131; 170-173; 187, 189, 190, 196
	13.4.2.013.318	Ag-4-318	Agricultura	Alta	Conservación	109-131; 170-173; 187, 189, 190, 196
	13.4.2.011.323	Ag-4-323	Agricultura	Alta	Conservación	109-131; 170-173; 187, 189, 190, 196
	13.4.2.075.671	Ag-4-671	Agricultura	Alta	Conservación	109-131; 170-173; 187, 189, 190, 196
	13.4.2.078.275	An-5-275	Área Natural Protegida	Máxima	Protección	82-108
	13.4.2.011.296	Fo-4-296	Forestal	Alta	Conservación	143-165, 170-178, 185, 196, 201-205
	13.4.2.011.317	Fo-4-317	Forestal	Alta	Conservación	143-165, 170-178, 185, 196, 201-205

Fuente: AMOETEM. Pág. 30

El Proyecto se encuentra localizado en la Unidad Ecológica 13.4.2.075.671, donde el uso predominante es agricultura, con una fragilidad ambiental alta, y con política ambiental de conservación. Los criterios de regulación ecológica aplicables están enumerados del 109-131, 170-173, 187, 189, 190 y 196; por lo que el Proyecto al ser considerado como infraestructura durante su desarrollo y operación deberá seguir los siguientes lineamientos:

- Consolidación urbana de los centros de población existentes, respetando su contexto ambiental de acuerdo con lo dispuesto en la normatividad.
- Promover la construcción prioritariamente de terrenos baldíos en la mancha urbana.
- Evitar el desarrollo de asentamientos humanos en áreas naturales protegidas
- Promover la restauración ecológica y reverdecimiento de los asentamientos humanos, hasta alcanzar el 12% mínimo de área verde, del total de un predio.

- Garantizar la conservación de áreas que de acuerdo a sus características ambientales (flora, fauna, especies con estatus con valor histórico o cultural entre otros), lo ameriten.
- Conservar las áreas verdes como zona de recarga y pulmón de la zona urbana, con énfasis en área de preservación.
- Toda nueva construcción deberá incluir en su diseño lineamientos de acuerdo al entorno natural.
- No se permitirá la construcción en lugares con alta incidencia de peligros naturales, como zonas de cárcavas, barrancas, suelos con niveles superficiales de mantos freáticos, fracturas, fallas, taludes, suelos arenosos, zonas de inundación, deslave, socavones, minas, almacenamiento de combustible, líneas de alta tensión o riesgo volcánico, así como infraestructura que represente un riesgo a la población, a menos que cuente con un proyecto técnico que garantice la seguridad de las construcciones.
- Prohibir todo tipo de obras y actividades en derechos de vía, zonas federales, estatales y dentro o alrededor de zonas arqueológicas cunado no se cuente con la aprobación expresa de las dependencias responsables.
- Que toda autorización para el desarrollo urbano e infraestructura en el estado, este condicionada a que se garantice el suministro de agua potable y las instalaciones para el tratamiento de aguas residuales.
- Aplicación del diseño bioclimático (orientación solar, ventilación natural y uso de materiales de la región) en el desarrollo urbano, particularmente en espacios escolares y edificaciones públicas.
- Definir los sitios para centros de transferencia y/o acopio para el manejo de residuos sólidos domiciliarios.
- Se deberán desarrollar sistemas para la separación sistemas para la separación de aguas residuales y pluviales, así como el manejo, reciclado y tratamiento de residuos sólidos.
- En el estacionamiento al aire libre de centros comerciales y de cualquier otro servicio o equipamiento, se utilizarán materiales permeables, se evitará el asfalto, cemento y demás materiales impermeables y se dejarán espacios para áreas verdes, sembrando árboles en el perímetro y cuando menos un árbol por cada cuatro cajones de estacionamiento.
- En estacionamientos techados, en edificios y multifamiliares y estructuras semejantes, se captará y conducirá el agua pluvial hacia pozos de absorción.
- Todo proyecto arquitectónico, tanto comercial, como de servicios deberá contar con sistemas de ahorro de agua y de energía eléctrica.

- Las especies deberán ser acordes a los diferentes tipos de vialidades, para evitar cualquier tipo de riesgo, desde pérdida de visibilidad, hasta deterioro en las construcciones y banquetas, incluyendo la caída de ramas o derribo de árboles, con raíces superficiales por efecto del viento.
- En todo proyecto de construcción se deberá dejar al menos el 12% de área jardínada
- En el desarrollo urbano se promoverá el establecimiento de superficies que permitan la filtración del agua de lluvia al subsuelo

Cabe señalar que la Unidad Ecológica 13.4.2.075.671 colinda con la Unidad Ecológica 13.4.2.078.275 considerada área natural protegida y el Proyecto se encuentra muy cercana a esa colindancia. (Figura 5).

III.2 Planeación Federal, Estatal y Municipal

Debido a la estructura federal en México, la planeación estatal tiene un papel importante en la organización de territorio. Los Planes Estatales de Desarrollo representan los lineamientos de política a seguir por parte de las entidades del gobierno local con la finalidad de ser consistentes con los objetivos globales, que comprenden tanto los planes federales, las políticas estatales y los requerimientos municipales.

El Plan Estatal de Desarrollo busca dar cumplimiento a lo establecido en la Ley de Planeación. De acuerdo con ésta, el gobierno estatal debe trazar los lineamientos que guíen sus esfuerzos durante todo el sexenio. Los planes de desarrollo de los municipios deben ser ajustados al plan del estado. Éste, a su vez, debe acoplarse a lo establecido en el Plan Nacional de Desarrollo (PND), el cual define los objetivos, estrategias y prioridades que deben regir las acciones de gobierno a escala nacional.

III.2.1 Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018

El Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018, proyecta, hacer de México una sociedad de derechos, en donde todos tengan acceso efectivo a los derechos que otorga la Constitución.

Para lograr que México alcance su máximo potencial, se establecen como metas nacionales: un México en paz, un México incluyente, un México con educación de calidad, un México próspero y un México con responsabilidad global.

Como parte de la meta nacional México próspero, se encuentra el desarrollo sustentable, donde se ha demostrado un gran compromiso con la agenda internacional de medio ambiente y desarrollo sustentable.

Actualmente hay un reconocimiento de la sociedad acerca de la conservación del capital natural y sus bienes y servicios ambientales, considerados como un elemento clave para el desarrollo de los países y el nivel de bienestar de la población.

No obstante, el crecimiento económico del país sigue estrechamente vinculado a la emisión de compuestos de efecto invernadero, generación excesiva de residuos sólidos, contaminantes a la atmósfera, aguas residuales no tratadas y pérdida de bosques y selvas.

Ello implica retos importantes para propiciar el crecimiento y el desarrollo económicos, a la vez asegurar que los recursos naturales continúen proporcionando los servicios ambientales de los cuales depende nuestro bienestar.

El Proyecto contribuirá con el saneamiento del río Acalotli a través del tratamiento de aguas residuales domésticas y comerciales provenientes del municipio de Capulhuac.

III.2.2 Plan Estatal de Desarrollo 2011-2017

La visión del Gobierno Estatal en materia de progreso económico consiste en desarrollar una economía competitiva que genere empleos bien remunerados para la construcción de un estado progresista. Para ello se han definido objetivos que serán la base de la política económica que seguirá la actual administración pública estatal.

Objetivo 1. Promover una economía que genere condiciones de competitividad
Objetivo 2. Generar un mayor crecimiento por medio del fomento a la productividad y al empleo

Objetivo 3. Impulsar el desarrollo de sectores específicos.
Objetivo 4. Impulsar el desarrollo de las economías regionales para alcanzar un objetivo equitativo.
Objetivo 5. Alcanzar un desarrollo sustentable.

En materia de desarrollo sustentable, el Plan Estatal de Desarrollo del Estado de México 2011-2017, se propone a reforzar la política en materia ambiental en tres vertientes:

(i) Elaborar propuestas para el control de emisiones originadas por la actividad económica de la entidad,
(ii) Manejar de modo sustentable los residuos industriales y residenciales e
(iii) Implementar una política ambiental con visión municipalista que reconozca la importancia de los gobiernos locales en esta materia.

De acuerdo con el Plan Estatal de Desarrollo del Estado de México 2011-2017, el Estado de México enfrenta dos grandes retos ambientales estrechamente relacionados. El primero consiste en el manejo de residuos generados por la industria y las zonas metropolitanas; y el segundo, la administración de los recursos hidráulicos, y el manejo y tratamiento de las aguas residuales.

En lo que respecta al manejo de desechos sólidos, la entidad dispone el 57.3% de sus residuos en rellenos sanitarios. En términos de manejo de aguas residuales, en la entidad, se da tratamiento al 21% de los caudales generados. Por lo que debe fortalecer sus acciones para el tratamiento de residuos, tanto sólidos como de aguas negras.

El manejo de residuos sólidos, desde la recolección hasta su procesamiento y reciclaje, así como la administración de las aguas residuales, es una potestad de los gobiernos municipales.

Para dar cumplimiento al Objetivo 5, el Plan Estatal de Desarrollo del Estado de México establece las siguientes estrategias:

(i) Hacer un uso responsable y eficiente del agua;
(ii) Llevar a cabo un manejo sustentable de los residuos sólidos;
(iii) Fortalecer el control de emisiones;
(iv) Promover una cultura ambiental; y
(v) Coordinar y fomentar la protección, conservación y restauración de zonas ecológicas ambientales.

III.2.3 Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Capulhuac

El Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Capulhuac (PMDUC), es un instrumento técnico – jurídico que en materia de planeación urbana determina los lineamientos aplicables al ámbito municipal y promueve la coordinación de esfuerzos federales, estatales y municipales para alcanzar un desarrollo sustentable y armónico con el medio urbano, social y natural.

Entre los objetivos específicos de equipamiento, imagen urbana y cultural se establece proporcionar los servicios públicos municipales con calidad, cantidad, equidad, permanencia y eficacia a fin de crear condiciones de desarrollo de una vida digna para los habitantes del municipio.

En lo que respecta a infraestructura, el PMDUC propone como objetivo: proporcionar de manera eficiente, justa y equitativa el servicio de agua potable para los distintos usos, así como el servicio de alcantarillado y saneamiento, energía eléctrica y alumbrado público a fin de contribuir al mejoramiento de los niveles de vida de la población y de las actividades económicas.

El PMDUC en medio ambiente plantea el objetivo de enfrentar los riesgos ambientales mediante la incorporación de alternativas biotecnológicas, que permitan disminuir las alteraciones al medio ambiente.

El Proyecto coadyuvará al saneamiento del río Acalotli, con el fin de contribuir al mejoramiento de los niveles de vida de la población y de actividades como la agricultura.

Asimismo el Proyecto a través de su proceso biológico para el tratamiento de las aguas residuales y el tratamiento y estabilización de lodos permitirán minimizar las alteraciones que tiene esta corriente de agua.

III.3 Programas sectoriales

III.3.1 Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales (PROMARNAT) 2013-2018

El Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales (PROMARNAT) 2013-2018 se adhiere al Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018 en la meta nacional: México Próspero, Objetivo 4.4, estrategias 4.4.1, 4.4.2. 4.4.3 y 4.4.4; a través de los siguientes objetivos:

Objetivo 3. Fortalecer la gestión integrada y sustentable del agua, garantizando su acceso a la población y a los ecosistemas

Objetivo 5. Detener y revertir la pérdida de capital natural y la contaminación del agua, aire y suelo.

De acuerdo al PROMARNAT, en 2012 a nivel nacional sólo se trató el 47.5 % de las aguas residuales municipales colectadas lo que significa que 52.5% de las aguas residuales municipales recolectadas mas otro volumen de aguas no recolectadas se vertieron en presas, ríos, lagos y mares sin previo tratamiento.

En 2011 operaban 2,289 plantas de tratamiento de aguas residuales municipales que trataron 97.6 m^3 de aguas por segundo.

Para cumplir con el **Objetivo 3: Fortalecer la gestión integral y sustentable del agua garantizando su acceso a la población y a los ecosistemas**, se establecen las siguientes estrategias y líneas de acción.

Estrategia 3.1 Fortalecer la gestión integrada y sustentable del agua	
Líneas de acción	
3.1.1	Ordenar y regular los usos de agua en cuencas y acuíferos.
3.1.2	Ordenar la explotación y aprovechamiento del agua en cuencas y acuíferos
3.1.3	Actualizar la expresión de la disponibilidad de aguas superficiales y subterráneas
3.1.4	Revisar la pertinencia, vigencia y validez de los actuales decretos de veda y zonas reglamentadas y de reserva del país

Estrategia 3.1 Fortalecer la gestión integrada y sustentable del agua	
Líneas de acción	
3.1.5	Promover la incorporación del enfoque de cuenca en los programas de ordenamiento ecológicos y en otros instrumentos de planeación regional
3.1.6	Promover y reforzar las acciones de conservación de suelos y aguas en cuencas hidrográficas prioritarias
3.1.7	Fortalecer y modernizar la medición del ciclo hidrológico en el ámbito nacional, regional y local
3.1.8	Desarrollar e instrumentar sistemas de medición de las diferentes variables comprendidas en el ciclo hidrológico
3.1.9	Formar y certificar recursos humanos calificados para el sector hídrico
3.1.10	Promover y aprovechar las oportunidades que ofrecen los foros internacionales para apoyar el incremento de capacidades y desarrollo de infraestructura hidráulica
Estrategia 3.2. Fortalecer el abastecimiento de agua y acceso a servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento, así como para la agricultura	
Líneas de acción	
3.2.1	Incrementar la cobertura de los servicios de agua potable y alcantarillado
3.2.2	Suministrar agua de calidad para consumo humano para prevenir padecimientos de origen hídrico
3.2.3	Crear infraestructura para el aprovechamiento de nuevas fuentes de abastecimiento
3.2.4	Mejorar las eficiencias de los servicios de agua en los municipios y sus localidades
3.2.5	Mejorar la productividad del agua en la agricultura
3.2.6	Revisar el marco jurídico para el sector agua potable, alcantarillado y saneamiento
3.2.7	Vigilar el cumplimiento de los términos de las condiciones particulares de descarga y la normatividad aplicable

Para lograr el **Objetivo 5: Detener y revertir la pérdida de capital natural y la contaminación del agua**, aire y suelo; y frenar y revertir la tendencia a la reducción de disponibilidad, el deterioro y/o la contaminación de los componentes del capital natural. El PROMARNAT establece la siguiente estrategia y líneas de acción.

Estrategia 5.1 Proteger los ecosistemas y el medio ambiente y reducir los niveles de contaminación en los cuerpos de agua.	
Líneas de acción	
5.1.6	Sanear las aguas residuales municipales e industriales con un enfoque integral de cuenca y acuífero
5.1.7	Mejorar el funcionamiento de la infraestructura de tratamiento de aguas residuales existente.
5.1.8	Construir nueva infraestructura de tratamiento de aguas residuales y colectores e impulsar el saneamiento alternativo en comunidades rurales
5.1.9	Incrementar las declaratorias de clasificación y estudios de calidad del agua y específicos de afectación
5.1.10	Fomentar acciones para la recolección de agua de lluvia, especialmente en zonas urbanas

El Proyecto mejorará el saneamiento de las aguas residuales del municipio de Metepec, mejorando y ampliando la infraestructura de la planta existente.

III.3.2 Programa Nacional Hídrico 2014-2018

El Programa Nacional Hídrico 2014-2018 (PNH), es un documento que plantea en base a la problemática del agua, los objetivos y estrategias a trabajar durante la actual administración. Uno de los problemas mas graves del deterioro ambiental, identificados por el PNH, es la contaminación del agua, con ello la disminución en calidad daña los ecosistemas, la salud humana y a la disponibilidad de fuentes de agua.

La contaminación se debe, primordialmente, a la descarga a los cuerpos receptores de una gran parte del caudal de aguas residuales sin tratamiento. Desde 2012, se cuenta con una infraestructura de 2,342 plantas de tratamiento de aguas residuales municipales con una capacidad instalada de 140.1 m^3/s. Sin embargo, sólo se tratan en promedio 99.8 m^3/s, equivalente al 47.5 % de los 210 m^3/s de aguas residuales colectadas en los sistemas formales de alcantarillado.

Los principales problemas identificados son: falta de recursos financieros para la construcción, rehabilitación y mantenimiento de la infraestructura para el tratamiento; altos costos de energía eléctrica y reactivos químicos para la operación; falta de capacitación del personal operativo; y deficiente cultura de pago del usuario por los servicios de saneamiento.

El PNH 2014-2018 establece entre sus objetivos: **fortalecer la gestión integrada y sustentable del agua** esto incluye el ordenar el uso del agua en cuencas y acuíferos, modernizar y ampliar la medición del ciclo del agua y promover la mejora permanente del gobierno y gobernanza del agua para incrementar su eficacia vía la participación social y la coordinación inter e intra-institucional para disminuir el riesgo de conflictos. Para ello establece las siguientes estrategias:

- Ordenar y regular los usos del agua en cuencas y acuíferos;
- Ordenar la explotación y el aprovechamiento del agua en cuencas y acuíferos;
- Modernizar e incrementar la medición del ciclo hidrológico;
- Mejorar la calidad del agua en cuencas y acuíferos;
- Fortalecer la gobernanza del agua; y
- Fortalecer la gobernabilidad del agua.

Respecto a la segunda estrategia: **ordenar la explotación y el aprovechamiento del agua en cuencas y acuíferos**, el PNH plantea reutilizar todas las aguas residuales tratadas. Si bien el Proyecto no plantea el reúso de las aguas tratadas, la calidad esperada dará cumplimiento a la NOM-003-SEMARNAT-1997, es decir podrán reusarse en servicios al público. Por el momento el Proyecto descarga el agua tratada para saneamiento del río Acalotli.

Otro de sus objetivos, **se refiere a fortalecer el abastecimiento de agua y el acceso a los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento**. Este objetivo promueve incrementar y mejorar el tratamiento de las aguas residuales municipales e industriales con un enfoque integral de cuenca hidrológica y acuífero.

Para ello plantea **mejorar el funcionamiento de la infraestructura de tratamiento de aguas residuales**. El Proyecto ampliará la infraestructura existente a través de la construcción de un segundo módulo que tratará 50 lps adicionales.

III.3.3 Programa Nacional de Infraestructura 2014-2018

El Programa Nacional de Infraestructura 2014-2018 establece los siguientes objetivos:

- Contar con una infraestructura y una plataforma logística de transportes y comunicaciones modernas que fomenten una mayor competitividad, productividad y desarrollo económico y social.
- Optimizar la coordinación de esfuerzos para la generación de infraestructura energética, asegurando así el desarrollo adecuado de la misma, a efecto de contar con energía suficiente, de calidad y a precios competitivos.
- Incrementar la infraestructura hidráulica, tanto para asegurar agua destinada al consumo humano y riego agrícola, como para protección contra inundaciones.
- Contribuir a fortalecer y optimizar la infraestructura interinstitucional en salud para garantizar el acceso efectivo a servicios de salud con calidad.
- Impulsar el desarrollo urbano y la construcción de viviendas de calidad, dotada de infraestructura y servicios básicos, con el acceso ordenado del suelo.
- Desarrollar infraestructura competitiva que impulse al turismo como eje estratégico de la productividad regional y detonador del bienestar social.

El Proyecto al tratar el agua residual municipal contribuye a impulsar el desarrollo urbano con infraestructura y servicios básicos, así como a incrementar la infraestructura hidráulica existente.

III.3.4 Plan Hídrico de la Cuenca del Río Lerma

El Plan Hídrico analiza las descargas de aguas residuales de 95 poblaciones de la cuenca que deben tratar sus aguas, evaluando su calidad y magnitud y propone agruparlas para realizar 23 plantas de tratamiento de aguas.

El Plan Hídrico de control de inundaciones y saneamiento de la Cuenca, establece como líneas de acción: control de inundaciones; saneamiento y restauración y manejo de cuenca.

El municipio de Capulhuac se ubica dentro de la Subcuenca Metropolitana, junto con los municipios de Xalatlaco, Tianguistenco, San Mateo Atenco, Metepec, Toluca, Zinacantepec, Almoloya de Juárez y Lerma.

De acuerdo al diagnóstico de la Cuenca del Río Lerma, existe un desequilibrio ecológico de las fases subterránea y superficial del ciclo hidrológico, una sobreexplotación del manto acuífero con un déficit de recarga de 152 millones de m³ anuales, lo que se traduce entre en el abatimiento del nivel freático el impacto del crecimiento de una población que demanda espacios para su asentamiento mismos que disminuyen considerablemente las zonas de recarga y espacios verdes que favorecen la infiltración y el incremento en la demanda de servicios como el abastecimiento de agua para uso doméstico agrícola (riego) e industrial.

Se tiene una cobertura de agua potable del 90%, y de alcantarillado del 73%, en éste rubro los rezagos son aún considerables sobre todo en las áreas rurales.

En la cuenca alta del Río Lerma, se genera un caudal de 5.12 m³/seg de aguas residuales municipales, de este 3.30m³/segundo se capta en los alcantarillados municipales y 0.45m³/s se disponen a través de fosas sépticas o letrinas; el resto se vierte directamente hacia los canales, arroyos, ríos y suelos de la región.

Se da tratamiento a un caudal total de 1.96m³/s equivalente a la tercera parte que lleva el río Lerma y al 51% con relación al agua captada en el sistema de alcantarillado municipal, mediante 31 sistemas de tratamiento de aguas residuales.

El Río Lerma es la principal corriente de agua de la Cuenca, mide 175 Km, nace en la laguna de Almoloya del Río y corre a lo largo del Estado hasta salir por Temascalcingo hacia Querétaro. El Valle de Toluca esta en una Cuenca cerrada y

su salida natural es el Río Lerma. El crecimiento poblacional, ha provocado que se destine el cauce natural como un desfogue de todas las aguas residuales generadas (el 64% del total de las aguas residuales generadas se descargan al Río sin tratamiento alguno) por la población y las industrias asentadas en el Valle.

La gran extracción de agua del acuífero para abastecimiento del oriente del Estado y en particular para el Distrito Federal, ha provocado hundimientos.

El Río en su origen fluye más por presión hidráulica que por diferencia de nivel, debido a la poca pendiente, lo cual provoca un bajo índice de oxigenación y estancamiento del agua que al combinarse con los residuos sólidos y materias orgánicas ocasiona su descomposición y por consiguiente un mal olor.

Dentro de las acciones realizadas para la recuperación ecológica de la cuenca se encuentra el tratamiento de aguas residuales con una capacidad instalada de 2.9 m^3/s.

La Promovente a través del Proyecto coadyuva a la construcción, instalación, conservación , mantenimiento y mejoramiento de la infraestructura para el tratamiento de aguas residuales.

III.4. Análisis de los Instrumentos Normativos

III.4.1 Legislación en materia de tratamiento de aguas residuales

La Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA), en su artículo 92 del Capítulo I, Titulo Tercero establece que con el propósito de asegurar la disponibilidad del agua y abatir los niveles de desperdicio, las autoridades competentes promoverán el ahorro y uso eficiente del agua, el tratamiento de aguas residuales y su reúso.

Por otra parte la Ley de Aguas Nacionales (LAN), establece las atribuciones y responsabilidades de los diferentes actores involucrados en el reúso del agua tratada. La LAN en su artículo 9 fracción IV, establece que tiene la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) la atribución de fomentar y apoyar los sistemas de tratamiento y reúso del agua residual. En su artículo 86 fracción V, incluye la vigilancia de que el uso de las aguas residuales cumpla con las normas de calidad emitidas para tal efecto.

Si bien el Proyecto por el momento no promueve el reúso del agua tratada, sino únicamente se utilizará para el saneamiento del río Acalotli, desde el punto de vista de protección de la salud de la población, la competencia de la Secretaria de Salud a través del Reglamento de la Ley General de Salud en materia de Control de Actividades, Establecimientos, Productos y Servicios, artículo 69, establece que el agua residual deberá:

- Tratarse y mantenerse en condiciones tales que su uso no presente un riesgo para la salud;
- Distribuirse a través de un sistema de abastecimiento separado del sistema de distribución de agua potable y que pueda identificarse fácilmente;
- El agua residual no deberá tener contacto con el ser humano, ni con la materia prima o productos en cualquiera de las fases de su proceso que se elaboren o fabriquen en el establecimiento.

Durante la operación, mantenimiento y abandono del Proyecto, además de la legislación mencionada serán aplicables:

- Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos;
- Ley Federal del Trabajo.

III.4.2 Reglamentos

Así como los siguientes reglamentos:

- Reglamento de la LGEEPA en materia de Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica;
- Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos;
- Reglamento de la LGEEPA en materia de Impacto Ambiental;
- Reglamentos de la Ley de Aguas Nacionales; y
- Reglamento Federal de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente del Trabajo.

III. 4.3 Normas Oficiales Mexicanas

Las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) son creadas por medio del proceso establecido en la Ley Federal de Metrología y Normalización y una vez publicadas en el Diario Oficial de la Federación se vuelven de observancia obligatoria. Cada Norma define los campos de aplicación y los métodos y límites que se deben cumplir en dicho ordenamiento. El sujeto obligado debe asegurar y mantener evidencia de su cumplimiento ante las autoridades.

A continuación se mencionan las NOM que se consideran aplicables a los diferentes aspectos del Proyecto.

III.4.3.1 Emisiones a la atmósfera

Algunas de las siguientes normas podrían ser aplicables durante las actividades de transportación del agua tratada para riego del Proyecto incluyen:

NOM-041-SEMARNAT-2015. Que establece los límites máximos permisibles de emisión de gases de vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible. Publicada en el DOF en junio 10 de 2015.

NOM-047-SEMARNAT-2014. Que establece las características del equipo y el procedimiento de medición para la verificación de los límites de emisión de contaminantes, provenientes de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina, gas licuado de petróleo, gas natural u otros combustibles alternos. Publicada en el DOF en noviembre 26 de 2014.

III.4.3.2 Ruido

NOM-081-SEMARNAT-1994. Que establece los niveles máximos permisibles para emisiones de ruido de fuentes fijas y su método de medición. Publicada en el DOF en enero 13 de 1995.

III.4.3.3 Residuos Peligrosos

Durante el mantenimiento del equipo, o en el laboratorio se pueden generar residuos peligrosos, por lo que se deberán cumplir las siguientes normas:

NOM-052-SEMARNAT-2005. Establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos. Publicada en el DOF en junio 6 de 2006.

NOM-054-SEMARNAT-1993. Procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos por la NOM-052-ECOL-1993 (ahora NOM-52-SEMARNAT-2005). Publicada en el DOF en octubre 22 de 1993.

III.4.3.4 Suelo

En caso de que por causas fortuitas ocurriera un incidente que pudiera ocasionar contaminación del suelo durante las actividades de construcción y operación, se tomarán en cuenta las siguientes normas:

NOM-138-SEMARNAT/SS-2003. Que establece límites máximos permisibles de hidrocarburos en suelos y las especificaciones para su caracterización y remediación. Publicada en el DOF en marzo 29 de 2005.

NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004. Que establece criterios para determinar las concentraciones de remediación de suelos contaminados por arsénico, bario, berilio, cadmio, cromo hexavalente, mercurio, níquel, plata, plomo, selenio, talio y/o vanadio. Publicada en el DOF en marzo 2 de 2007.

III.4.3.5 Flora y Fauna

Debido a que el Proyecto colinda con el área de protección de flora y fauna Ciénegas de Lerma, deberá considerar la siguiente norma.

NOM-059-SEMARNAT-2010. Que establece las categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio en la lista de especies en riesgo para las especies nativas de México de flora y fauna silvestres.

III.4.3.6 Lodos y Biosólidos

Los biosólidos provenientes del Proyecto deberá cumplir con la siguiente norma:

NOM-004-SEMARNAT-2002. Protección ambiental.- Lodos y biosólidos.- Especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final.

III.4.3.7 Agua

El objetivo del Proyecto es coadyuvar al saneamiento del río Acalotli, el cual es el cuerpo receptor de las aguas residuales domiciliarias del municipio de Capulhuac. De acuerdo con las bases de licitación las aguas del río Acalotli, tienen la calidad que se presenta en la Tabla III.2

Tabla III.2 Calidad del agua del río Acalotli

Parámetro	Unidad	Valor
Temperatura media del agua	ºC	15
Potencial de hidrogeno (pH)	-	7.89-8.46
Grasas y aceites	(mg/l)	80
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5)	(mg/l)	340
Demanda química de oxígeno (DQO)	(mg/l)	795
Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM)	(mg/l)	18.32
Sólidos suspendidos totales (SST)	(mg/l)	310
Zinc	(mg/l)	0.05
Arsénico	(mg/l)	0.013
Cadmio	(mg/l)	0.008
Cobre	(mg/l)	0.07
Cromo Total	(mg/l)	0.07
Nitrógeno total (NT)	(mg/l)	49
Fósforo total (P)	(mg/l)	23.25
Coliformes fecales	(mg/l)	6.8 E+10
Huevos de helminto	(mg/l)	>5

Después de su tratamiento, las aguas residuales tratadas deberán cumplir con los los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reúsen en servicios al público establecidas por la NOM-003-SEMARNAT-1997.

Tabla III.3 Límites máximos permisibles por la NOM-003-SEMARNAT-1997

Parámetro	**Unidad**	**Valor**
Grasas y aceites (G/A)	(mg/l)	15
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5)	(mg/l)	30
Sólidos suspendidos totales (SST)	(mg/l)	30
Coliformes fécales (CF)	(NMP/100ml)	1,000
Huevos de helminto	(h/L)	5

Así como con los límites máximos permisibles establecidos en la Tabla 3 de la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996, la cual establece lo siguiente:

Tabla 3

Límites máximos permisibles para metales pesados y cianuros						
Parámetros	Ríos					
(miligramos por litro)	Uso en riego agrícola (A)		Uso público urbano (B)		Protección de la vida acuática (C)	
	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.
Arsénico	0.2	0.4	0.1	0.2	0.1	0.2
Cadmio	0.2	0.4	0.1	0.2	0.1	0.2
Cianuro	1.0	3.0	1.0	2.0	1.0	2.0
Cobre	4.0	6.0	4.0	6.0	4.0	6.0
Cromo	1	1.5	0.5	1.0	0.5	1.0
Mercurio	0.01	0.02	0.005	0.01	0.005	0.01
Níquel	2	4	2	4	2	4
Plomo	0.5	1.0	0.2	0.4	0.2	0.4
Zinc	10	20	10	20	10	20

Los parámetros son medidos de manera total.
P.D.= Promedio Diario, P.M.= Promedio Mensual
(A), (B) y (C): Tipo de cuerpo receptor según la Ley Federal de Derechos

III.4.3.8 Seguridad e Higiene

NOM-001-STPS-2008, Edificios, locales, instalaciones y áreas en los centros de trabajo - Condiciones de seguridad. Publicada en el DOF el 24 de Noviembre de 2008.

NOM-002-STPS-2010, Condiciones de seguridad - Prevención, protección y combate de incendios en los centros de trabajo. Publicada en el DOF el 9 de Diciembre de 2010.

NOM-004-STPS-1999, Sistemas de protección y dispositivos de seguridad de la maquinaria y equipo que se utilice en los centros de trabajo. Publicada en el DOF el 31 de Mayo de 1999.

NOM-005-STPS-1998, Relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo para el manejo, transporte y almacenamiento de sustancias químicas peligrosas. Publicada en el DOF el 2 de febrero de 1999.

NOM-006-STPS-2014, Manejo y almacenamiento de materiales - Condiciones y procedimientos de seguridad. Publicada en el DOF el 11 de septiembre de 2014.

NOM-009-STPS-2011, Equipo suspendido de acceso - Instalación, operación y mantenimiento- Condiciones de seguridad. Publicada en el DOF el 6 de mayo de 2011.

NOM-017-STPS-2008, Equipo de protección personal - Selección, uso y manejo en los centros de trabajo. Publicada en el DOF el 9 de diciembre de 2008.

NOM-018-STPS-2000, Sistema para la identificación y comunicación de peligros y riesgos por sustancias químicas peligrosas en los centros de trabajo. Publicada en el DOF el 27 de octubre de 2000.

NOM-019-STPS-2011, Constitución, organización y funcionamiento de las comisiones de seguridad e higiene en los centros de trabajo. Publicada en el DOF el 13 de abril de 2011.

NOM-021-STPS-1994, Relativa a los requerimientos y características de los informes de los riesgos de trabajo que ocurran, para integrar las estadísticas. Publicada en el DOF el 24 de mayo de 1994.

NOM-022-STPS-2008, Electricidad estática en los centros de trabajo - Condiciones de seguridad. Publicada en el DOF el 7 de noviembre de 2008.

NOM-025-STPS-2008, Condiciones de iluminación en los centros de trabajo. Publicada en el DOF el 20 de diciembre de 2008.

NOM-026-STPS-2008, Colores y señales de seguridad e higiene, e identificación de riesgos por fluidos conducidos en tuberías. Publicada en el DOF el 25 de noviembre de 2008.
NOM-029-STPS-2009, Mantenimiento de las instalaciones eléctricas en los centros de trabajo - Condiciones de seguridad. Publicada en el DOF el 20 de mayo de 2005.

NOM-030-STPS-2009, Servicios preventivos de seguridad y salud en el trabajo-Organización y funciones. Publicada en el DOF el 22 de diciembre de 2009.

III.5 Áreas Naturales Protegidas y Regiones Terrestres Prioritarias

De acuerdo con la Comisión Estatal de Parques Naturales y de la Fauna, en el Estado de México cuenta con 90 Áreas Naturales Protegidas, sumando en total de 1008,574.04 Has, que representan el 44.85% del territorio estatal.

El Proyecto colinda al suroeste con el Área de protección de flora y fauna Ciénegas de Lerma, (Ver Figura 6) la cual de acuerdo con la ficha técnica actualizada al 7 de mayo del 2015, por la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), tiene las siguientes características:

Categoría de Manejo: Área de Protección de Flora y Fauna
Ubicación: Estado de México. Municipios: Almoloya del Río, **Capulhuac**, Lerma, Metepec, San Mateo Atenco, Texcalyacac y Tianguistenco
Región CONANP: Centro y Eje Neovolcánico
Institución que administra: CONANP
Superficie total: 3,023.95 Ha
Superficie terrestre: 3,023.95 Ha

Población estimada: 574 habitantes
Población indígena: 9 habitantes
Fecha de Decreto = 27/11/2002
Programa de manejo: Resumen DOF no publicado/ PM elaborado

La problemática ambiental que presenta incluye el cambio de uso de suelo para el desarrollo de actividades agropecuarias; contaminación de los cuerpos de agua debido a las descargas de aguas residuales domésticas y por residuos sólidos; quema de tule durante la temporada de estiaje; aprovechamiento ilícito de los recurso naturales y desecación del humedal debido a la alteración de los regímenes de precipitación y a la sobreexplotación de los mantos acuíferos.

Adicional al área de protección de flora y fauna antes mencionada, el municipio de Capulhuac tiene 8.40% de su superficie con bosque (183.49 Ha), 2.13% de pastizales (46.55 Ha) y 0.46% de cuerpos de agua (9.96 Ha).

Asimismo, se encuentra el Parque Ecológico, Turístico y Recreativo Zempoala La Bufa, denominado Parque Otomí-Mexica del Estado de México, decretado el 8 de enero de 1980, tiene una extensión de 105,844.13 Ha.

III.6 Uso de suelo

De acuerdo con la Licencia de Uso de Suelo, con fecha … el área del Proyecto…

IV. Descripción del Sistema Ambiental y señalamiento de la problemática ambiental detectada en el área de influencia del Proyecto.

En este capítulo se describe el medio en sus elementos bióticos y abióticos analizando de forma integral, los componentes del sistema ambiental del sitio en donde se desarrolla el proyecto Ampliación de la Planta de Tratamiento y colectores de la cabecera municipal (Segunda Etapa) localizada en el municipio de Capulhuac.

El objetivo primordial es el de identificar las condiciones ambientales presentes y las tendencias de desarrollo y/o deterioro derivado de las actividades que actualmente se ubican en la zona y las presiones hacia el medio que son consecuencia de las propias actividades, para con ello, delimitar la "línea base" de donde podrán medirse los efectos adversos o benéficos por la interacción del proyecto con el sistema ambiental de la región.

El Inventario Ambiental del área de influencia de la ampliación del proyecto, se llevó a cabo revisando cada uno de los elementos ambientales del sitio, para posteriormente complementar la información obtenida de la investigación documental.

La revisión se realizó a través de una revisión en campo, de búsqueda de información bibliográfica y cartográfica disponible.

IV.1 Delimitación del área de estudio

El municipio Capulhuac colinda al norte con los municipios de Lerma y Ocoyoacac; al este con los municipios de Ocoyoacac y Tianguistenco; al sur con el municipio de Tianguistenco; al oeste con los municipios de Tianguistenco, Metepec y Lerma (Ver Figura 1).

El origen de las descargas de aguas residuales (influente) provienen del municipio de Capulhuac; estas son principalmente domiciliaras y de comercio, industriales no se reportan por el momento.

Las aguas residuales son descargadas en el río Acalotli, el cual atraviesa el municipio por su parte occidental. (Ver Figura 6). El trayecto del río Acalotli continua atravesando el área de protección de flora y fauna, hasta llegar al río Lerma (Ver Figura 7).

La Planta de Tratamiento del municipio de Capulhuac proporcionaba tratamiento únicamente a 50 L/s; con el Proyecto proporciona tratamiento a 100 L/s, lo que favorecerá el saneamiento del río Acalotli.

Por lo que el área de estudio se considera desde el origen de las descargas de las aguas residuales hasta desembocar en el río Lerma.

IV.2 Caracterización y análisis del sistema ambiental

IV.2.1 Aspectos abióticos

Clima

De acuerdo con la carta de climas del Instituto Nacional de Geografía y Estadística (INEGI), el clima en el municipio de Capulhuac es de templado subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad (C(w2)).

La temperatura media anual en el municipio oscila entre 9.8 y 16.4ºC, mientras que la temperatura mínima registrada fue de -6.4 ºC, y se registro en el mes de Marzo. Los meses con las temperaturas más bajas son Diciembre, Enero y Febrero. Las temperaturas máximas se registran durante los meses de Marzo, Abril y Mayo alcanzando los 27.7ºC.

Tabla IV.1 Temperatura mínima, media y máxima promedio mensual del Capulhuac

NORMALES CLIMATOLÓGICAS

ESTADO DE: MEXICO
ESTACION: 00015014 CAPULHUAC
LONGITUD: 099°32'43" W
LATITUD: 19°26'27" N.
ALTURA: 2,760.0 MSNM
PERIODO: 1951-2010

ELEMENTOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
TEMPERATURA MAXIMA													
NORMAL	19.2	20.7	23	24.4	22.8	21.7	21.6	21.7	21.6	21.7	21.2	19.7	21.9
MAXIMA MENSUAL	23.7	23.6	27.7	27.5	27.5	26.9	27.8	24.6	24.6	24.2	25.2	24.1	
AÑO DE MAXIMA	1994	1994	1991	2010	2010	2005	2009	1992	1992	1993	1993	1998	
MAXIMA DIARIA	29	28	31	32	34	35.5	32	29	29.5	29	33	27	
TEMPERATURA MEDIA													
NORMAL	9.8	11.3	13.5	15.6	16.4	15.6	14.5	14.4	14.4	13.8	12.1	10.2	13.4
TEMPERATURA MINIMA													
NORMAL	0.4	1.9	4.1	6.9	8.1	7.9	7.2	7.2	7.2	6	3.1	0.6	5.1
MINIMA MENSUAL	-5.9	-5.4	-6.4	2.4	2.4	2.9	2.3	4.7	4.6	1	-6.3	-6.3	
AÑO DE MINIMA	2000	1984	1984	1995	1995	1995	1987	1987	1987	2010	1980	1999	
MINIMA DIARIA	-11	-9	-9	-2	0	1	1	2	0	-6	-9	-10	

Fuente: http://smn.cna.gob.mx/productos/normales/mínimas.html

En cuanto a la precipitación promedio mensual, esta varía entre 9.3 mm y 207 mm. La temporada de lluvias se registra en los meses de Junio, Julio, Agosto y Septiembre.

Tabla IV.2 Precipitación promedio mensual del municipio de Capulhuac

ELEMENTOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
PRECIPITACION (mm)													
NORMAL	13.8	9.3	12.3	25.9	64	158	205	207	160	83.2	19.5	9.5	966.7
MAXIMA MENSUAL	120	55.5	47	198	207	739	800	609	371	256	157	63	
AÑO DE MAXIMA	1993	1995	1982	2008	2003	2008	2008	2007	2006	2004	2003	1995	
MAXIMA DIARIA	110	20	30	80	54	85	94.2	92	62.3	59	91.4	24	

Fuente: http://smn.cna.gob.mx/productos/normales/mínimas.html

Fenómenos climatológicos:

En el municipio se presentan granizadas con una frecuencia de 6-7 días al año. Las heladas es otro riesgo con un promedio de 100 días al año, lo que afecta a la salud de la población. Asimismo se presentan inundaciones. De acuerdo al Mapa

Zonas Vulnerables y de Riesgos del municipio, el Proyecto se ubica en un área susceptible de inundación. (Figura 8).

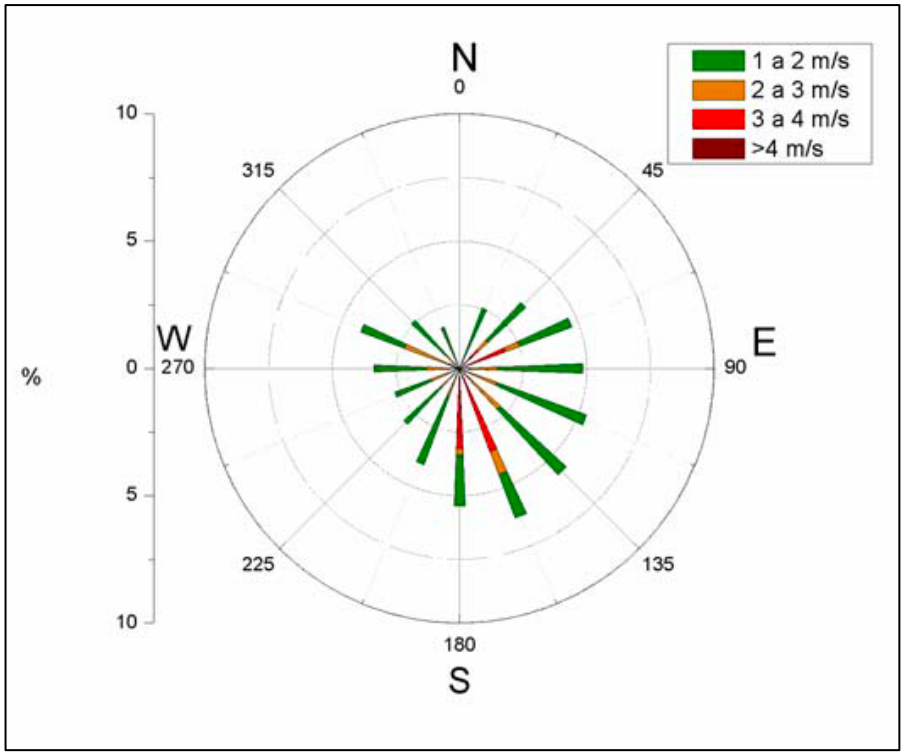
Evaporación

La evaporación para el municipio de Capulhuac en el período de 1951-2010 resulta de 1,447.2 mm de acuerdo con los datos del Sistema Meterorológico Nacional Estación: 00015014.

Vientos

El registro del comportamiento del viento a través de los años para el Valle de Toluca, se refleja en la siguiente gráfica, de la rosa anual de vientos, que hace de manifiesto una marcada dominancia de los vientos del sur y sureste.

Grafica IV-1. Rosa de los vientos de la ZMVT



Fuente: Gobierno del Estado de México, Inventario de emisiones de la Zona Metropolitana del Valle de Toluca, 2004

Geología y geomorfología

El municipio de Capulhuac se localiza en la provincia denominada Eje Neovolcánico, en la subprovincia Lagos y Volcanes de Anáhuac, con sistema de topoformas denominada Llanura.

Las pendientes más pronunciadas en el municipio corresponden a la superficie que ocupan los volcanes Quilotzi (altitud 2960 msnm) y Cuates (altitud 2860 msnm), cuya pendiente oscila entre 15% al 25%.

Las formaciones geológicas se originan en el Cenozoico, durante el período Cuaternario y Terciario, dando lugar a tres tipos de suelo: ígnea extrusiva; suelo e ígnea extrusiva, donde la unidad litológica se distribuyen de la siguiente forma en el municipio.

Tabla IV.3 Formaciones geológicas de Capulhuac

Era		Período		Roca o suelo	Unidad Litológica		% de la superficie municipal
Clave	Nombre	Clave	Nombre		Clave	Nombre	
C	Cenozoico	Q	Cuaternario	Ígnea extrusiva	(b)	Basalto	15.66
					(bvb)	Brecha volcánica basáltica	11.42
					(tb)	Toba básica	22.78
				Suelo	(al)	Aluvial	29.09
					(la)	Lacustre	12.43
		T	Terciario	Ígnea intrusiva	(a)	Andesita	8.62

Fuente: Cuaderno Estadístico INEGI municipal 1997.

Suelos

De acuerdo a la información obtenida del Atlas de Riesgos del Estado de México, el municipio de Capulhuac se ubica sobre una superficie conformada por los siguientes tipos de suelos:

- Andosol con 11.66 km2 de la superficie del municipio. Este tipo de suelo es utilizado para la agricultura con bajos rendimientos, además de pastos naturales o inducidos.
- Feozem con 9.06 km2 de la superficie. Se utiliza en el agricultura de temporal y de riego.
- Leptozol e Histosol con 0.78 km2 de la superficie, dependen de la vegetación que los cubre (bosques, matorrales y pastizales).

El tipo de suelo donde se encuentra el Proyecto es Feozem, de acuerdo con el Mapa de Edafología del INEGI.

Riesgos geológicos

De acuerdo con el Atlas de Riesgos del Estado de México, el municipio de Capulhuac, es susceptible a deslizamiento de tierra, en áreas con laderas inestables.

Asimismo el municipio registra un grado medio de susceptibilidad de erosión, lo que conlleva a la perdida de terrenos aptos para el cultivo.

Hidrología superficial y subterránea

En términos hidrológicos, el municipio de Capulhuac forma parte de la Región Hidrológica No. 12 Lerma- Santiago. Cuenca R. Lerma –Toluca, Subcuenca R.Almoloya- Otzolotepec

En el municipio se localizan los ríos: el Xalatlaco, río Acalotli y el San Juan, además de contar con dos lagunas situadas en San Miguel Almalaya y Guadalupe Victoria.

Problemas ambientales

En los ríos se presenta problemas de contaminación al vertirse sobre su cauce aguas residuales de diversa índole como son domésticas e industriales y en el caso específico del río Xalatlaco su cauce es utilizado para depositar residuos.

Al igual que los ríos, las lagunas también registran problemas de contaminación, se encuentran cubiertas de lirio acuático lo que no permite que se utilicen para la trucha, mojarra y otras especies de agua dulce.

Sobre la explotación de acuíferos y agua subterránea, su contaminación impiden su aprovechamiento y que el suministro de agua al municipio sea extraído del subsuelo del Alto Lerma.

Otro problema de contaminación registrado en el municipio es el drenaje a cielo abierto lo que genera contaminación al aire, al suelo y a la salud de la población.

IV.2.2 Aspectos bióticos

Flora

El predio del Proyecto mide 13,057 m^2 de los cuales un 24% carece de vegetación y en el 76% restante se ubican dos formaciones vegetales; la primera es zonal, asociada a un canal de agua dentro del predio y la segunda azonal compuesta por vegetación terrestre con elementos que van desde la herbáceas hasta los árboles pasando por los pastos como el zacate azul (*Poa annua*) y el pasto en rollo japonés (*Cenchrus clandestinus*) dentro de las más dominantes. A lo largo del recorrido de campo se observaron 10 especies de animales. No se encontraron áreas especialmente sensibles para las especies de fauna de interés o protegidas. En el Anexo fotográfico se muestran algunas de las especies observadas durante el recorrido de campo.

El predio del Proyecto presenta vegetación secundaria de regeneración. Se observan elementos de colonización herbácea e incluso especies exóticas, a consecuencia del manejo agrícola y/o pecuario que se le dio anteriormente al predio. La vegetación está compuesta por dos formaciones vegetales principales, una azonal, compuesta por plantas terrestres en su mayoría herbáceas y una formación zonal de plantas acuáticas asociadas a un canal de aproximadamente un metro de ancho y más de 50 de largo que se encuentra en la parte media del predio.

A lo largo de la salida de campo se registraron 25 especies de plantas, de un total de 52 especies que potencialmente se encuentran en el predio (Tabla IV.4).

La comunidad terrestre está dominada por pastos (Paceae) entre los cuales domina el zacate azul (*Poa annua*) y el pasto en rollo japonés (*Cenchrus clandestinus*) y las herbáceas como el trébol blanco (*Trifolium repens*), y la amapola blanca (*Argemone polyanthemos*), con una cobertura aproximada del 73% de la vegetación del predio (Fotografía 2).

Por otra parte en el perímetro del predio, sobre todo en su lado norte y occidental se encuentra apostada una comunidad arbórea que ocupa aproximadamente el 2% de la cobertura vegetal del predio. Está compuesta principalmente por cipreses (*Cupresus* spp), sauces (*Salix babylonica*) y eucaliptos (*Eucalyptus* sp) plantados (Fotografia 3).

La formación vegetal zonal está compuesta por vegetación asociada a un canal con agua que se encuentra en la parte media del predio (Fotografía 4). Esta comunidad ocupa aproximadamente el 1% de la cobertura total del predio. Se encuentra dominada por lentejilla de agua (*Lemna gibba*) y la uva de playa (*Persicaria* sp) entre otras herbáceas.

El predio evaluado colinda con dos predios, uno al sur y otro al oriente. Al occidente colinda con un camino y al norte colinda directamente con el río Acalotli.

El predio que se encuentra en la parte oriente tiene vegetación secundaria y en él se realiza manejo agrícola y pecuario, se pudo registrar una vaca (*Bos taurus*) que pastaba dentro del predio. El predio que se encuentra al sur se encontró totalmente sembrado con milpa (*Zea mays*). Por último, a un lado del río Acalotli se puede encontrar pastos (Poaceae), vegetación herbácea secundaria y árboles adultos de Sauce llorón (*Salix babylonica*).

En la Figura 8 se muestran un plano con los tipos de vegetación y su distribución dentro del predio. La Tabla IV.4 muestra los nombres de las comunidades, su cobertura y las especies dominantes.

Tabla IV.4 . Lista de especies de flora potenciales y observadas durante el recorrido

Nombre común	Nombre científico	Observadas en campo	Especie potencial	Observaciones
Milenrama	*Achillea millefolium*			
Amapola blanca	*Argemone polyanthemos*			
Cicalote	*Argemone mexicana,*			
	Arenaria spp			
Nabo de campo	*Brassica rapa*			Especie introducida (exótica)
Tepozán	*Buddleja cordata*			
Paja blanca	*Calamagrostis tolucensis*			
Pasto en rollo japonés	*Cenchrus clandestinus*			Especie introducida (exótica)
Cola de zorro	*Ceratophyllum demersum*			
Cardos	*Cirsium* sp			
Tejocote	*Crataegus mexicana*			
	Cosmos pacificus			
Hierba del cáncer	*Cuphea aequipetala*			
Toloache	*Datura* sp			
	Deschampsia sp			
	Draba spp			
Lirios	*Eichhornia* spp			
	Echinochloa holciformis			
	Epilobium ciliatum			
	Erigeron galeottii			
Pata de león	*Erigeron longipes*			
	Eryngium bonplandii			
Eucalipto	*Eucalyptus* sp			Especie introducida (exótica)
Zacatón	*Festuca* spp			
	Jaegeria bellidiflora			
Junco	*Juncus effusus*			
Pasto lambedor	*Leersia hexandra*			
Lentejilla de agua	*Lemna gibba*			
	Lepidium drabba			
Medick	*Medicago* sp			

Nombre común	Nombre científico	Observadas en campo	Especie potencial	Observaciones
Zacatón	*Muhlenbergia macroura*			
	Myriophyllum hippuroides			
Ninfa	*Nymphaea* sp			
Tomate verde	*Physalis* sp			
Uva de playa	*Persicaria* sp			
Zacatón azul	*Poa annua*			Especie introducida (exótica)
Árbol de capulín	*Prunus serotina capuli*			
Sauce llorón	*Salix babylonica*			
Saúco	*Sambucus mexicana*			
	Senecio sp			
Pirul o Pirú	*Schinus molle*			Especie introducida (exótica)
Junco de laguna	*Schoenoplectus* sp			
Sorgo	*Sorghum bicolor*			
Orquídeas	*Spiranthes graminea*			
	Stipa ichu			
Ahuehuete	*Taxodium mucronatum*			
Trébol blanco	*Trifolium repens*			
Junco	*Typha latifolia*			
Ortiga verde	*Urtica dioica*			
Pasto cola de rata	*Vulpia myuros*			Especie introducida (exótica)
Maíz	*Zea mays*			

Fauna

A lo largo del recorrido de campo se lograron observar un total de 10 especies de fauna, en su mayoría cosmopolitas, que utilizan el predio, ya sea como lugar de paso, como residencia o como sitio de forrajeo y alimentación. La especie más abundante fue el gorrión casero (*Passer domesticus*) con ocho individuos avistados durante el recorrido. Para llevar a cabo la identificación de las especies

potenciales en el área del Proyecto, se consideraron los reportes de fauna presente en el área de protección de flora y fauna Ciénegas de Lerma.

Los resultados en números de especies por grupo de especies de fauna están resumidos en la Tabla IV.5 y desarrollado en la misma. La distribución espacial de las especies avistadas en el recorrido de campo se encuentra en la Figura 9 y su abundancia se encuentra en la Tabla IV.5. Enseguida se presentan los resultantes obtenidos por grupos taxonómicos.

Invertebrados:

Se registraron dos especies de invertebrados, una mariposa almirante rojo (*Vanessa atalanta*) y un par de Escarabajos frailecillos (*Macrodactylus* sp), ambas especies se encuentran asociado a la vegetación herbácea. Los registros fueron de forma casual a lo largo del recorrido, sin embargo, el número de especies será significativamente mayor, si se aumenta o se dirige el esfuerzo de muestreo a este grupo en particular. Se puede inferir que dentro del predio se encuentran especies de hormigas, mariposas, arañas, coleópteros, entre otros invertebrados como lombrices o larvas de insectos asociados a la vegetación, al suelo o al canal de agua (Tabla IV.5).

Anfibios:

De acuerdo a las características del área del Proyecto, se esperaba hallar la presencia de anfibios, sin embargo no se pudo avistar ninguno durante el recorrido de campo.

Reptiles:

Se catalogaron seis especies de reptiles, que se podría encontrar dentro del predio, sin embargo, no se puedo avistar ninguna durante el recorrido de campo.

Aves:

Se catalogó una diversidad potencial de 23 especies de aves, de los cuales tres son especies introducidas o exóticas. A lo largo del recorrido de campo se pudieron observaron siete especies (Tabla IV.5).

Mamíferos:

Se catalogaron cinco especies de mamíferos, de los cuales se observó una excreta de rata gris (*Ratus norvegicus*), cerca del cuerpo de agua (Tabla IV.5).

Tabla IV.5 . Lista de especies de animales que potencialmente se distribuyen en el predio y que observados durante el recorrido de campo.

ID especie	Nombre común	Nombre científico	Abundancia observada (número de individuos)	Especie potencial	Distribución espacial	Observación
INSECTOS (In)						
	Abeja europea	*Apis mellifera*				
In1	Mariposa almirante rojo	*Vanessa atalanta*	1		Sobre un tubo	
In2	Escarabajo frailecillo	*Macrodactylus* sp	2		Debajo de la vegetación herbácea	
ANFIBIOS (Af)						
	Rana arborícola	*Hyla eximia*				Endémica
	Rana vistosa	*Lithobates spectabilis*				Endémica
	Rana ladradora común	*Craugastor augusti*				
REPTILES (R)						
	Víbora de cascabel transvolcánica	*Crotalus triseriatus*				Endémica
	Lagartija escamosa de mezquite	*Sceloporus grammicus*				Sujeta a protección especial (Pr)
	Culebra de tierra toluqueña	*Conopsis lineata*				Endémica
	Culebra encapuchada de Bocourt	*Tantilla bocourti*				Endémica
	Lagartija	*Sceloporus*				Endémica

ID especie	Nombre común	Nombre científico	Abundancia observada (número de individuos)	Especie potencial	Distribución espacial	Observación
	espinosa llanera	*aeneus*				
	Culebra de agua	*Thamnophis* sp				
AVES (A)						
	Tordo sargento	*Agelaius agelaius*				
A1	Garza ganadera	*Bubulcus ibis*	1		Sobre la vegetación herbácea	Especie introducida (exótica)
	Gavilán rastrero	*Circus cianeus*				
	Paloma común	*Columba livia domestica*				
A2	Tortolita	*Columbina inca*	2		En un cable de un poste a la mitad del predio	
	Alondra cornuda	*Eremophila alpestris*				
	Mascarita común	*Geothlypis trichas*				
A3	Pinzón mexicano	*Haemorhous mexicanus*	3		En la vegetación herbácea, forrajeando	
	Golondrina tijereta	*Hirundo rustica*				
	Alcaudón verduguillo	*Lanius ludovicianus*				
A4	Gorrión cantor	*Melospiza melodia*	4		Sobre los árboles	
	Tordo de ojos rojos	*Molothrus aeneus*				
A5	Zacatonero rayado	*Oriturus superciliosus*	2		En los alambres de las rejas perimetrales	
A6	Gorrión casero	*Passer domesticus*	8		En las áreas con instalaciones	Especie introducida (exótica)
	Zanate	*Quiscalus mexicanus*				

ID especie	Nombre común	Nombre científico	Abundancia observada (número de individuos)	Especie potencial	Distribución espacial	Observación
	Chipe coronado	*Setophaga coronata*				
A7	Jilguero dominico	*Spinus psaltria*	4		En una charca formada por la lluvia y en un sauce	
	Tórtola de collar	*Streptopelia decaocto*				Especie introducida (exótica)
	Cuitlacoche pico curvo	*Toxostoma curvirostre*				
	Mirlo primavera	*Turdus migratorius*				
	Tirano	*Tyrannus* spp				
	Tordo de cabeza amarilla	*Xanthocephalus xanthocephalus*				
	Paloma huilota	*Zenaida macroura*				
MAMÍFEROS (M)						
	Cacomixtle	*Bassariscus astutus*				
	Tlacuache	*Didelphis virginiana*				
	Ratón	*Peromyscus* spp				
	Ardilla vientre rojo	*Sciurus aureogaster*				
M1	Rata gris	*Rattus norvegicus*	Excretas			
	conejo serrano	*Sylvilagus floridanus*				

A lo largo de la caracterización no se encontraron áreas especialmente sensibles para las especies de interés o protegidas.

IV.2.3 Paisaje

El paisaje es un concepto antropocéntrico, relativo a la percepción por el observador de un sistema de relaciones ecológicas subyacentes. La fragilidad natural entendida como la capacidad que tiene la unidad de paisaje para enfrentar agentes de cambio, basada en la fortaleza propia de los componentes y en la capacidad y velocidad de regeneración del medio.

El Proyecto se encuentra en un área muy alterada por los cambios del uso de suelo, siendo considerada un área agrícola de alta productividad donde pasa el río Acalotli, el cual presenta vegetación riparia asociada a la presencia de contaminantes en el agua.

El Proyecto es el segundo módulo de la Planta de Tratamiento existente, por lo que el paisaje no se afectará significativamente, ya que no se desmontará, ni alteraran áreas adicionales fuera del predio.

IV.2.4 Medio socioeconómico

a) Demografía

De acuerdo con el Censo de población y vivienda realizado en el 2000, el municipio de Capulhuac concentraba una población de 28,808 habitantes, con una tasa de crecimiento anual del 2.52%. Su población se asienta principalmente en la cabecera municipal con el 63.02%, siguiendo las localidades de San Miguel Almaya y San Nicolás Tlazala con el 14.78% y el 11.51% respectivamente; el resto de la población se dispersa en localidades como Agua Blanca (2.38%) y Guadalupe Victoria (2.18%).

En cuanto a la tasa de crecimiento anual en el período de 1950-1995 se observa que en 1950 la población total del municipio era de 8,160 habitantes, en 1960 aumento a 9,609. En 1970 se tiene un registro de 12,350 habitantes, 1980 con 18,257; en el 1990 21,258 habitantes.

La distribución de la población se localiza en tres localidades , siendo la cabecera municipal que concentra el 63.02% del total del municipio; seguida por San Miguel Almaya con el 14.78% y San Nicolás Tlazala con el 11.51%.

En el año 2000, la población del municipio era predominantemente joven, ya que los mayores porcentajes de habitantes se ubican entre los rangos de edad de 0 y 29 años.

b) Servicios básicos

En el municipio de Capulhuac el nivel de cobertura del servicio de agua potable es del 97%. El abastecimiento de agua potable en la cabecera municipal se efectúa a través de tres pozos: San Juan, Ixtlahuatongo y Coidal. El agua se conduce a dos tanques de distribución por tandeo a la población.

Respecto al alcantarillado, el 70% de la población cuenta con este servicio. A nivel de comunidades la cobertura es la siguiente: 85% en la cabecera municipal, 80% en Santa María Coaxusco, 70% en San Miguel Almaya y Victoria; 60% en Tlazala y en las comunidades de San Isidro y Agua Blanca no se cuenta con ese servicio. Las descargas de aguas residuales que se generan el municipio se vierten en el río Acalotli. Se cuenta con una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (el Proyecto).

c) Infraestructura

La infraestructura carretera en el municipio mide aproximadamente 60.2 km, de los cuales 27.91% se encuentran pavimentados, 43.12% están revestido y el 28.9% son brechas o caminos de terracerías. La estructura carretera es la siguiente:

- Capulhuac –Amomolulco-Autopista Toluca-México
- Capulhuac- Almaya- La Marquesa
- Capulhuac – Santa Cruz Atizapán- Vía Toluca – Tenango del Valle
- Capulhuac – Tianguistenco- Tenango del Valle
- Capulhuac – Tianguistenco- Chalma

d) Vivienda

En el municipio predomina la vivienda unifamiliar, pues debido al costo del terreno, se favorece el desarrollo horizontal, por lo que este tipo de vivienda representa el 91.41%, un 2.2% es de vivienda plurifamiliar y el 6.39% corresponde al no especificado.

e) Empleo

La población económicamente activa (PEA) es de 10,343 personas, equivalente a 35.36% de la población total del municipio. La población ocupada del municipio equivale a 10,256 personas lo que representa el 99.16% de la PEA y 87 personas se encuentran desocupadas y representan el 0.84%.

En lo que respecta a la distribución de la PEA por sector de actividad se observa que la mayor parte de la población; es decir el 66.73% se dedica al sector terciario con actividades orientadas al comercio y los servicios, mientras al sector secundario se dedica el 23.92% de la población y finalmente al sector primario, el 7.32%.

IV.2.5 Diagnóstico Ambiental

Con la información recopilada en este capítulo se desarrollo el inventario ambiental perteneciente a la zona de estudio con énfasis en la zona de afectación del Proyecto, el propósito es identificar los impactos al ambiente, definir las medidas de mitigación, de los mismos y establecer el programa de vigilancia ambiental. En esta sección se realizará una síntesis del inventario ambiental y se dará un diagnóstico ambiental señalando los componentes valorados de acuerdo a la técnica de ponderación mediante puntuación en una escala de importancia definida.

El área de influencia del Proyecto se considera desde la generación de las aguas residuales en el municipio de Capulhuac hasta la descarga del río Lerma. El municipio de Capulhuac se encuentra en la Región VII. Lerma en la Unidad Ecológica 13.4.2.075.671 considerada de agricultura con una fragilidad ambiental alta y política de conservación.

El predio colinda con la periferia del área de protección de flora y fauna Ciénegas de Lerma. El área para el desarrollo del Proyecto cuenta con la infraestructura para el tratamiento de aguas residuales y ya se encuentra alterada con vegetación secundaria en vías de regeneración, además de estar rodeada por áreas agrícolas.

El clima predominante de la región es C (w2) que corresponde al grupo de climas templado subhúmedo con lluvias en verano de mayor humedad. Se caracteriza por presentar intervalos de temperatura entre los 9.8 y 16.4ºC, mientras que en invierno se registran temperaturas de hasta 6.4ºC bajo cero.

En el municipio se pueden presentar heladas y en muy raras ocasiones temperaturas muy altas. Los vientos dominantes provienen del sur y sureste para el Valle de Toluca.

El Proyecto se ubica en la provincia geológica del Eje Neovolcánico, subprovincia: lagos y volcanes de Anáhuac.

El Proyecto se encuentra en la Región Hidrológica No. 12 Lerma-Santiago, en la cuenca Lerma-Toluca, subcuencas Almoloya- Otzolotepec. El sistema de drenaje del municipio es a cielo abierto en algunas zonas como San Isidro y Aguas Blancas.

La vegetación presente en el área del Proyecto es vegetación secundaria en vías de regeneración, donde se distinguen dos zonas una herbácea con árboles , y la otra asociada al cuerpo de agua dentro del predio.

Respecto a la fauna se observaron 10 individuos en su mayoría cosmopolitas, los cuales podrían utilizar el predio de paso o residencia o como sitio de forrajeo y alimentación.

En términos generales se considera que el Proyecto no modificará de manera significativa al paisaje de la región, ya que se ubicará en una zona previamente alterada por la infraestructura existente de la Planta.

Los componentes ambientales revisados son: abióticos (clima, geología, suelos e hidrología), bióticos (vegetación y fauna), componente estético (paisaje) y componente socio-económico (demografías, empleo, calidad de vida e infraestructura).

La valoración con escala de importancia definida según afectación se presenta en la siguiente tabla:

Tabla IV-6. Ponderación de medios por escala definida (Garmendia *et al*. 2005).

Medio	Componente Ambiental	Efecto	Ponderación
Abiótico	Clima	Sin efecto	0
	Geología	Sin efecto	0
	Suelos	Sin efecto	0
	Hidrología	Mejora mucho	1
Bióticos	Flora	Sin efecto	0
	Fauna	Sin efecto	0
Paisaje	Paisaje	Mejora algo	2
Socioeconómicas	Demografía	Sin efecto	0
	Economía	Mejora algo	2
	Servicios	Mejora algo	2
	Calidad de vida	Mejora algo	2

Tabla IV-7 Escala valoración.

Escala de importancia definida	
4	Empeora mucho
3	Empeora poco
2	Mejora algo
1	Mejora mucho
0	Sin efecto

V. Identificación, descripción y evaluación de los impactos ambientales

En este Capítulo se identifican, describen y evalúan los impactos ambientales que generará el Proyecto Modernización de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del Municipio de Capulhuac (en adelante el "Proyecto") sobre el sistema ambiental.

El sistema ambiental del Proyecto tiene componentes tanto bióticos, abióticos, estéticos y sociales, que interactúan de mayor o menor forma con el Proyecto.

V.1 Metodología para identificar y evaluar los impactos ambientales

V.1.1 Indicadores de impactos

El impacto ambiental es la alteración de una determinada variable ambiental en cuanto a que está dotada de importancia para el ambiente, y que puede modificar, en la forma que sea, la calidad del medio (Martin, 1999). Por tanto, la calidad ambiental es la medida del cambio de las variables ambientales que permite definir la existencia de impactos ambientales.

De acuerdo con la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE), un indicador ambiental es un parámetro o valor derivado de parámetros que proporciona información para describir el estado de un fenómeno, ambiente o área, con un significado que va más allá del directamente asociado con el valor del parámetro en sí mismo.

Los indicadores es el instrumento mediante el cual se proporciona información concisa y sustentada científicamente, que permitan contar con una visión de las condiciones ambientales, presiones ambientales y las respuestas que contempla el Proyecto o bien el mismo ambiente para disminuir o atenuar.

Para establecer los indicadores de impactos se utilizó la metodología del Esquema Presión-Estado-Respuesta propuesto por la Secretaria de Medio Ambiente de Canadá, estableciendo primero un listado de aquellas actividades del Proyecto que podrían ejercer una **presión** sobre el medio ambiente.

En la Tabla V.1 se presenta el listado de actividades del proyecto con respecto a la información presentada en el Capítulo II. Cabe señalar que el Proyecto, es una ampliación utilizando la infraestructura existente, además de que ya se encuentra en la fase de operación y mantenimiento.

Tabla V.1. Listado de actividades del Proyecto

ETAPA	ACTIVIDADES
Preparación del sitio	Desplante de estructuras nuevas
	Movimiento de tierras
	Limpieza y trazo del área
	Accesos
Construcción	Excavación y afine
	Colocación de acero y cimbra
	Pruebas de estanqueidad
	Instalación de equipos, accesorios, pisos y paredes
	Fontanería
	Obra mecánica
	Obra eléctrica
	Instrumentación
Operación y mantenimiento	Desbaste
	Desarenación
	Desgrasado parcial
	Biofiltración
	Reactor biológico
	Sedimentador secundario
	Desinfección
	Espesador de lodos
	Digestor aerobio de lodos
	Filtro prensa
	Disposición final de lodos
Abandono del sitio	En el horizonte de servicio del Proyecto se considera una vida útil 30 años, ampliados mediante mantenimiento preventivo y correctivo

Posteriormente para establecer el **estado** de las condiciones donde se desarrolló el Proyecto se revisó el diagnóstico ambiental del área del Proyecto descrito en el Capítulo IV, y se estableció un listado con los indicadores ambientales a utilizar durante esta evaluación (Ver Tabla V-2).

V.1.2 Lista indicativa de indicadores de impacto

Tabla V-2. Elementos ambientales y sus indicadores

COMPONENTES AMBIENTALES	ELEMENTOS AMBIENTALES	INDICADORES	DESCRIPCION
Abióticos	Agua	Calidad	Verter aguas residuales sin tratamiento afecta la calidad de los cuerpos de agua; en particular del río Acalotli.
	Aire	Calidad del aire Ruido	Considera diversos contaminantes como gases de combustión, presencia de olores.
	Suelo	Composición	Presencia de metales en suelo para la agricultura, bioacumulación, enfermedades gastrointestinales y dermatológicas.
Estéticos	Paisaje	Calidad	Las aguas residuales están asociadas con la acumulación de residuos, fauna nociva, y malos olores.
Bióticos	Flora	Presencia de vegetación riparia y de especies representativas	La contaminación del agua afecta la vegetación de galería, sobre todo los detergentes e hidrocarburos. La pérdida de soporte de las raíces , la erosión de las orillas o por el contrario la colmatación de los cauces son problemas comunes que se presentan en la vegetación de galería.
	Fauna	Composición fauna lótica y especies	La falta de tratamiento de aguas residuales atrae vectores. La presencia de fauna es un buen indicador, tanto de la salud del ecosistema como su degradación
Socioeconómicos	Socioeconómicos	Empleo	Los servicios e infraestructura son fuentes de empleo
		Servicios	El tratamiento de aguas residuales, drenaje y

COMPONENTES AMBIENTALES	ELEMENTOS AMBIENTALES	INDICADORES	DESCRIPCION
			alcantarillado
		Calidad de vida	El derecho a vivir en un ambiente sano y limpio
		Infraestructura	Contar con los elementos necesarios para la mejora y crecimiento

V.2 Criterios y metodologías de evaluación

Una vez establecidos los indicadores ambientales, se procedió a aplicar una metodología de evaluación de impacto ambiental cuantitativa y cualitativa, utilizando los criterios propuestos por Bojorquez *et al*. (1998).

De acuerdo a este esquema, los criterios de evaluación se dividen en básicos y complementarios.
Los criterios básicos son:

- Naturaleza del impacto (N);
- Magnitud (M);
- Extensión espacial (E); y
- Duración (D);

Los criterios complementarios son:

- Sinergismo entre actividades (S),
- Efectos acumulativos (A).

Ambos criterios se evaluaron usando una escala ordinal de 1 al 9, con mínimos efectos sobre el ambiente denotados por el uno, y máximos efectos denotados por el nueve. Los criterios de calificación de cada grupo, así como el desglose de las calificaciones de los impactos por factor ambiental se presentan en la sección V.3.

La definición utilizada para evaluar cada criterio fue la siguiente:

1. Naturaleza del impacto (N): benéfico (positivo), o perjudicial (negativo) o sin impacto.
2. Magnitud (M): Se refiere al grado de incidencia de la acción sobre el componente ambiental, en el ámbito específico en que actúa. El rango de valoración estará comprendido entre 1 y 9, en el que nueve expresará la destrucción total del componente ambiental en el área en

que se produce el efecto, y el 1 una afección mínima. Los valores comprendidos entre estos dos términos reflejarán situaciones intermedias.

3. Extensión: Otorga al componente afectado un valor cuantificable (volumen, superficie, longitud, entre otros) en relación con el ambiente del sitio del Proyecto.
   a. Directo – el impacto tiene lugar en donde se realiza la actividad y dentro de los límites del sitio del Proyecto, se le asignará un valor de uno (1).
   b. Local – El impacto tiene lugar entre los límites del sitio del Proyecto y hasta un radio 5 km, se le asignará un valor de seis (6).
   c. Regional – El impacto se extiende en un área mayor a un radio de 5 km alrededor del sitio del Proyecto, se le asignará un valor de (9).
4. Duración (Periodo): La duración del impacto generado por la actividad del Proyecto se determina mediante el uso de los siguientes criterios:
   a. Temporal – cuando el efecto del impacto tiene un tiempo limitado de duración (1).
   b. Permanente – el efecto del impacto permanece indefinidamente en el ambiente afectado, sin un cambio fundamental o marcado (9).
   c.

Para evaluar los criterios complementarios, se revisaron las definiciones de sinergismo y efecto acumulativo, entendiéndose que:

Sinergismo (S): Actividad que al estar presente otra, los efectos sobre el ambiente se incrementan más allá de la suma de cada una de ellas.

Cuando una actividad actuando sobre un componente ambiental, no es sinérgica, con otras acciones que actúan sobre el mismo componente, se le asignará un valor de uno; si se presenta sinergismo moderado se le asignara un valor de tres (3) y si es altamente sinérgico se le asignará un valor de nueve (9).

Para identificar los efectos sinérgicos se utilizó la metodología de redes de interacción. Las redes de interacción es una herramienta útil para la identificación de impactos indirectos, así como las interacciones entre los diferentes componentes del Proyecto.

Efecto acumulativo (A): cuando como consecuencia de una actividad el efecto sobre el componente ambiental se incrementa con el tiempo, aunque la actividad generadora haya cesado.

Cuando una actividad no produce efectos acumulativos, el efecto se valora como uno (1). Si el efecto producido es acumulativo el valor se incrementa a nueve (9).

Para identificar los efectos acumulativos, se utilizó una lista de verificación descriptiva (*Descriptive checklist*) la cual considera información descriptiva de los componentes incluida en una lista de verificación, la cual es especifica a los impactos en ciertos componentes. La información que se incluya en cada cuadro puede ser cuantitativa o cualitativa.

La Tabla V-3 presenta un ejemplo de cómo se evaluaran los impactos acumulativos, considerando el pasado, presente y las acciones futuras.

Cabe agregar que con la intención de poder incorporar ciertas variables cuantitativas arrojadas por este estudio, así como criterios teóricos, en algunos casos los valores cuantitativos y criterios fueron reagrupados dentro de la escala ordinal de 1 a 9, a fin de mantener los valores de escala requeridos por esta metodología de una forma estandarizada (ver criterios y evaluación por factor ambiental en la sección V.2 Resultados de la aplicación de la metodología de evaluación).

Tabla V-3. Ejemplo de aplicación de una Lista de Verificación Descriptiva en la identificación de impactos acumulativos

Componente Ambiental	**ACTIVIDADES PASADAS**	**ACTIVIDADES PRESENTES**	**IMPACTO DEL PROYECTO**	**ACTIVIDADES FUTURAS**	**EFECTO ACUMULATIVO**
Aguas subterraneas	Contaminación por uso industrial	Contaminación de la percolación de aguas superficiales	Excavación del sitio causará la movilización de la contaminación	Contaminación de la percolación de aguas superficiales	La contaminación excederá las normas.

Fuente: Guidelines for the assessment of indirect and cumulative impacts and impacts interactions, pp.28.

Con los valores obtenidos se calcularon los índices básicos (IB) y los complementarios (IC) y, con ellos, el Índice Cuantitativo de Impacto (I) siguiendo el procedimiento descrito por Bojórquez et al. (1998), modificado por Sánchez-Colón y Flores-Martínez (1998) mediante la siguiente expresión:

$I = IB^{(1-IC)}$
Donde:
$IB = [(M*E*D)/9]^{1/3}$
$IC = (S+ A)/18$

La clasificación del índice de impacto utilizada fue la siguiente:

Tabla V-4. Evaluación de los impactos.

VALOR DEL ÍNDICE DE IMPACTO	CALIFICACIÓN DEL IMPACTO
0.111 – 0.280	Muy Bajo
0.281 – 0.460	Bajo
0.461 – 0.640	Moderado
0.641 – 0.820	Alto
0.821 – 1.000	Muy Alto

Dentro de esta clasificación, se determinaron como impactos significativos, aquellos con un valor de índice de impacto superior a 0.641; correspondientes a impactos Altos y Muy Altos.

A continuación se presentan las matrices resultantes de esta evaluación. El sustento matemático y la calificación de los criterios de cada punto evaluado se incluyen en la siguiente sección.

V.3 Resultados

V.3.1 Agua

En el área donde se ubica el Proyecto se encuentra nivel superficial, y se recarga con infiltraciones del agua de lluvia, de las aguas de riego y por aporte lateral subterráneo. El acuífero ya se encuentra sobre explotado, se tiene un volumen concesionado de 2,723.2 hm^3.

Por otra parte la ubicación del Proyecto permite proporcionar saneamiento al río Acalotli (100 L/s), el cual es utilizado para verter las aguas residuales del municipio de Capulhuac.

Etapa Preparación del sitio y Construcción

Durante está etapa para las actividades de control de polvos y partículas, así como procesos constructivos se utilizará el agua tratada que se obtiene de la PTAR existente. El agua para servicios también será suministrada de las instalaciones existentes en la PTAR.

Debido a que el acuífero se recarga con infiltraciones de lluvia, se dará cumplimiento a la normatividad en materia de manejo de residuos sólidos urbanos, de manejo especial y peligrosos para evitar cualquier tipo de infiltración al suelo y subsuelo que afecte la calidad del agua de acuífero. Asimismo se deberá evitar dar mantenimiento en las áreas verdes.

Por lo que de acuerdo con los criterios establecidos para este indicador ambiental, considerando el **estado-presión-respuesta** en la etapa de preparación del sitio y construcción, se establece que la naturaleza del impacto es negativa, ya que algunas actividades pudieran afectar la calidad del agua del acuífero; en cuanto a la disponibilidad del agua el proyecto no utilizará agua del acuífero, por lo que se considera positiva.

La magnitud del impacto es 1, ya que se utilizará el agua tratada generada en la PTAR, evitando consumir agua del acuífero, el manejo adecuado de los residuos será fundamental para evitar cualquier tipo de contaminación al suelo y al acuífero. La extensión del impacto es 1, ya que únicamente afectará al área del Proyecto. La duración es 1 por el corto período de duración de esta etapa.

No se prevé un efecto sinérgico en las aguas subterráneas, así como tampoco efectos acumulativos.

	Criterios					
Indicador	N	M	E	D	S	A
Calidad del agua	-	1	1	1	1	1

Por lo que de acuerdo con los criterios establecidos, el impacto a la calidad del agua subterránea durante la etapa de preparación del sitio y construcción es **moderado.**

Etapa Operación y Mantenimiento

En México el 37% del suministro del agua proviene de las aguas subterráneas; el mayor volumen de agua concesionado para usos consuntivos del agua es el que corresponde al uso agrupado agrícola. El Proyecto durante la etapa de operación y mantenimiento tratará 100 litros por segundo, es decir generará aproximadamente 8,640 m^3/d.

La calidad del agua tratada deberá cumplir con la Norma Oficial Mexicana NOM-003-SEMARNAT-1997 que establece los límites máximos permisibles para aguas tratadas que se utilice en servicios al público. El agua tratada se utilizará para saneamiento del río Lerma, el cual es utilizado para riego de zonas agrícolas.

Debido a lo anterior se considera un impacto positivo para el río Acalotli ya que al descargar nuevamente el agua tratada permite la formación de agua residual bruta diluida[1].

Los residuos sólidos urbanos consistirán básicamente en plástico, cartón, residuos de alimentos y papel, provenientes del laboratorio y oficinas. El manejo de los residuos sólidos urbanos se llevará a cabo por medio de un contrato con el municipio o con un particular, de tal forma que estos residuos se manejen y dispongan adecuadamente en los sitios que dispongan las autoridades locales.

La generación de residuos peligrosos, proveniente del mantenimiento del cuarto de maquinas, de los recipientes vacíos del laboratorio y del suministro de insumos como el polímero, será registrada en bitácoras que serán llenadas por el responsable del área, en ellas se indicará la fecha de generación, el tipo de residuo y la cantidad del mismo. El almacenamiento en el sitio de generación se realizará en tambos provistos de etiquetas con el tipo de residuo y sus características de peligrosidad, se mantendrán cerrados y su almacenamiento en el almacén de residuos peligrosos será sobre una charola con una rejilla para contener derrames accidentales mientras son transportados a disposición final.

Los residuos peligrosos se depositarán en el almacén de residuos peligrosos que se tiene proyectado, el cual cumplirá con lo establecido en el Reglamento de la

[1] Metcalf&Eddy, Ingeniería de aguas residuales, Tratamiento, vertido y reutilización, Tomo 2. Mc Graw Hill.

Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos, siendo el control a través del registro en la bitácora de entradas y salidas del propio almacén.

La recolección, el transporte y disposición final, se hará a través de empresas debidamente autorizadas por la SEMARNAT y la SCT y con destino a empresas que igualmente tengan vigente la autorización para tratamiento o confinamiento de ese tipo de residuos.

Los residuos de manejo especial como los biosólidos provenientes del tratamiento de aguas residuales se manejarán de acuerdo a lo establecido por las autoridades locales sin contravenir lo dispuesto por el Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos (RLGPGIR).

Por lo que de acuerdo con los criterios establecidos para este indicador ambiental, considerando el **estado-presión-respuesta** en la etapa de operación y mantenimiento, se establece que la naturaleza del impacto es positiva, la magnitud del impacto es 1, ya que el agua tratada será utilizada para el saneamiento del río Acalotli favoreciendo el área de protección de flora y fauna y coadyuvando al saneamiento del río Lerma utilizado para riego; adicionalmente el manejo adecuado de los residuos minimizará cualquier tipo de contaminación al acuífero. La extensión del impacto es 3, ya que el saneamiento se extenderá hasta desembocar en el río Lerma. La duración es 6, ya que durará por el tiempo de vida del Proyecto.

La vegetación de galería podría beneficiarse después de que se vierten las aguas tratadas en el río Acalotli, ya que se espera que con el mezclado la calidad del agua mejore. En ese caso pudiera observarse la presencia de fauna.

No se estima un impacto acumulativo porque continuarán las descargas de aguas residuales domiciliarias, comerciales e industriales.

	Criterios					
Indicador	N	M	E	D	S	A
Calidad del agua	+	1	3	6	3	1

Por lo que de acuerdo con los criterios establecidos, el impacto a la calidad del agua durante la etapa de operación y mantenimiento es **muy alto.**

Etapa de abandono

En caso de que no se llegase a tratar el agua residual al concluir el tiempo de vida útil del Proyecto, el impacto que tendría sería el incremento de la contaminación del río Lerma, efectos a la salud, malos olores, acumulación de residuos , vegetación riparia y fauna nociva.

La falta de tratamiento de las aguas residuales, tiene efectos sinérgicos con otros componentes ambientales como el suelo, la flora, fauna, y en caso que se utilice para riego agrícola puede tener efectos en la salud.

Asimismo la falta de tratamiento de aguas residuales tiene impactos acumulativos, ya que se afecta la capacidad de depuración de los ríos, se puede presentar bioacumulación de otros contaminantes, como metales pesados, químicos, eutroficación, etc.

Por lo que la naturaleza del impacto es negativo, la magnitud se considera como 6, la extensión del impacto es 6 ya que al no tratar el agua residual se vuelve un problema regional, y la duración 3.

	Criterios					
Indicador	N	M	E	D	S	A
Calidad	-	6	6	3	6	3

Por lo que de acuerdo con los criterios establecidos, el impacto al no tratar las aguas residuales y verterlas en cuerpos de agua durante la etapa de abandono es **muy alto.**

V.3.2 Suelos

En el área del Proyecto se presentan suelos de tipo feozem, el cual se caracteriza por ser suelos muy fértiles y aptos para el cultivo son susceptibles a la erosión.

Etapa de preparación del sitio y construcción

Durante está etapa se afectará el suelo, si no se establece un área de almacenamiento adecuada para el manejo de los residuos sólidos urbanos; residuos de manejo especial; residuos y materiales peligrosos.

Las áreas deberán de dar cumplimiento a la normatividad aplicable, y localizarse en zonas donde no se presenten infiltraciones al suelo.

Por el momento la PTAR existente no cuenta con las áreas para almacenamiento de residuos sólidos urbanos, de manejo especial y peligrosos. Por lo que se deberán ubicar esas áreas en forma definitiva, y colocar contenedores etiquetados y acorde al volumen y características del residuo.

Por lo que de acuerdo con los criterios establecidos para este indicador ambiental, considerando el **estado-presión-respuesta** en la etapa de preparación del sitio y construcción, se establece que la naturaleza del impacto es negativa, la magnitud del impacto es 1, ya que se deberá contar con un área para el manejo de residuos sólidos urbanos, residuos de manejo especial y peligrosos que de cumplimiento a la normatividad aplicable.

Así como establecer un área para el almacenamiento de químicos para minimizar cualquier infiltración al suelo o al drenaje de la PTAR, ya que puede afectar el proceso. La extensión del impacto es 1, ya que solo afectará área de Proyecto con pasto o vegetación secundaria. La duración es 1, ya que es un período aproximado de 6 meses.

No se prevé un efecto sinérgico en la composición del suelo, así como tampoco efectos acumulativos.

	Criterios					
Indicador	N	M	E	D	S	A
Composición del suelo	-	1	1	1	1	1

Por lo que de acuerdo con los criterios establecidos, el impacto a la composición del suelo durante la etapa de preparación del sitio y construcción es **moderado.**

Etapa de Operación y mantenimiento

El desarrollo del Proyecto durante su operación y mantenimiento pudiera afectar el suelo si existiera una mala disposición y manejo de residuos. Por lo que los residuos sólidos urbanos consistirán básicamente en plástico, cartón, residuos de alimentos y papel, provenientes del laboratorio y oficinas.

El manejo de los residuos sólidos urbanos se llevará a cabo por medio de un contrato con el municipio o con un particular, de tal forma que estos residuos se manejen y dispongan adecuadamente en los sitios que dispongan las autoridades locales.

La generación de residuos peligrosos, proveniente del mantenimiento del cuarto de maquinas, de los recipientes vacíos del laboratorio y del suministro de insumos como el polímero, será registrada en bitácoras que serán llenadas por el responsable del área, en ellas se indicará la fecha de generación, el tipo de residuo y la cantidad del mismo.

El almacenamiento en el sitio de generación se realizará en tambos provistos de etiquetas con el tipo de residuo y sus características de peligrosidad, se mantendrán cerrados y su almacenamiento en el almacén de residuos peligrosos será sobre una charola con una rejilla para contener derrames accidentales mientras son transportados a disposición final.

Los residuos peligrosos se depositarán en el almacén de residuos peligrosos que se tiene proyectado, el cual cumplirá con lo establecido en el Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos, siendo el control a través del registro en la bitácora de entradas y salidas del propio almacén.

La recolección, el transporte y disposición final, se hará a través de empresas debidamente autorizadas por la SEMARNAT y la SCT y con destino a empresas que igualmente tengan vigente la autorización para tratamiento o confinamiento de ese tipo de residuos.

Los residuos de manejo especial como los biosólidos provenientes del tratamiento de aguas residuales se manejarán de acuerdo a lo establecido por las autoridades locales sin contravenir lo dispuesto por el Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos (RLGPGIR) y a la Norma Oficial Mexicana NOM-004-SEMARNAT-2002.

Los biosólidos generados por el Proyecto cumplirán con la Tabla No.1 Límites Máximos Permisibles de metales pesados en biosólidos, la cual establece los siguientes parámetros.

Tabla No. V. 1 Limites Máximos Permisibles de Metales Pesados en Biosólidos

Contaminante (determinados en forma total)	Excelentes (mg/kg en base seca)	Buenos (mg/kg en base seca)
Arsénico	41	75
Cadmio	39	85
Cromo	1200	3000
Cobre	1500	4300
Plomo	300	840
Mercurio	17	57
Níquel	420	420
Zinc	2800	7500

Fuente: NOM-004-SEMARNAT-2002.

Los biosólidos serán Clase C, aprovechables para usos forestales, mejoradores de suelo y usos agrícolas.

De acuerdo con los criterios establecidos para este indicador ambiental, considerando el **estado-presión-respuesta** en la etapa de operación y mantenimiento del Proyecto, se establece que la naturaleza del impacto es positiva por el manejo adecuado de los residuos y biosólidos generados por el Proyecto.

La magnitud del impacto es 1, ya que la Promovente emplea los mecanismos para evitar la contaminación del suelo. La extensión del impacto es 1, ya que la disposición de los residuos y biosólidos se realizarán en sitios de disposición final autorizados, o bien se promoverá el aprovechamiento de los biosólidos. La duración es 6, ya que se estima que al menos 30 años se haga el manejo adecuado de los mismos.

En caso que los biosólidos sean utilizados como mejoradores de suelos, podría tener un impacto positivo en las áreas agrícolas que rodean el Proyecto. Por lo que si se prevé un impacto sinérgico moderado si los biosólidos son aprovechados como mejoradores de suelo.

	Criterios					
Indicador	N	M	E	D	S	A
Composición del suelo	+	1	3	6	3	1

Por lo que de acuerdo con los criterios establecidos, el impacto a la composición del suelo durante la etapa de operación y mantenimiento es **muy alto**.

Etapa Abandono

En esta etapa se desmantelará la infraestructura existente, en primer momento considerando que este tendrá una utilidad permanente, pero en determinado momento y si así se requiriera demoliendo el Proyecto. Por lo que de acuerdo con los criterios establecidos para este indicador ambiental, considerando el **estado-presión-respuesta** en la etapa de abandono del Proyecto, se establece que la naturaleza del impacto es positiva, ya que se tratará de restablecer las condiciones originales del sitio. La magnitud del impacto es 1, ya que se considera que la Promovente mediante estas actividades evita pasivos ambientales en el suelo. La extensión del impacto es 1, ya que se ubicará dentro del área del Proyecto. La duración es 1, ya que será durante la etapa de abandono.

No se prevé efectos sinérgicos, ni acumulativos.

	Criterios					
Indicador	N	M	E	D	S	A
Composición del suelo	+	1	1	1	1	1

Por lo que de acuerdo con los criterios establecidos, el impacto al suelo durante la etapa de abandono es **moderado**.

V.3.3 Aire

La calidad del aire en la zona del Proyecto, no presenta características como una zona urbana, ya que el área del Proyecto que lo rodea tiene características agrícolas.

Etapa de preparación del sitio y construcción

En esta etapa se generarán emisiones de polvos y partículas , durante la construcción de las nuevas estructuras, por lo que se rociará con agua tratada para minimizar su dispersión cuando sea requerido. El transporte de materiales llevará una cubierta de lona.

La maquinaría y equipo así como el transporte contarán con un programa de mantenimiento preventivo, para disminuir sus emisiones de partículas y gases de combustión; así como los niveles de ruido.

Por lo que de acuerdo con los criterios establecidos para este indicador ambiental, considerando el estado-presión-respuesta en la etapa de preparación del sitio y construcción, se establece que la naturaleza del impacto es negativa, la magnitud del impacto es 1, ya que se contarán con medidas preventivas para minimizar la dispersión de partículas y gases de combustión. La extensión del impacto es 1, ya que solo afectará el área de Proyecto, ya que se cuenta con una barrera arbolada alrededor de la PTAR. La duración es 1, ya que es un período aproximado de 6 meses.

No se prevé un efecto sinérgico en la calidad del aire, así como tampoco efectos acumulativos.

	Criterios					
Indicador	N	M	E	D	S	A
Calidad del aire	-	1	1	1	1	1
Ruido	-	1	1	1	1	1

Por lo que de acuerdo con los criterios establecidos, el impacto a la calidad del agua superficial durante la etapa de preparación del sitio y construcción es moderado.

Etapa de operación y mantenimiento

El Proyecto podría generar olores, sin embargo estos serán minimizados a través de la correcta operación y mantenimiento de la Planta. Respecto al ruido, se cuenta con paredes acústicas para minimizar el ruido generado por los equipos de aireación. Aunado la zona de amortiguamiento entre la planta de tratamiento y el hospital y las áreas residenciales.

Por lo que de acuerdo con los criterios establecidos para estos indicadores ambientales, considerando el **estado-presión-respuesta** en la etapa de operación y mantenimiento del Proyecto, se establece la naturaleza del impacto es positiva, ya que se generará ruido, sin embargo este será controlado a través del uso de las mamparas.

La magnitud del impacto en materia de emisiones se reducirá mediante el mantenimiento de la maquinaria y equipo. La extensión del impacto es 1, ya que no se estima que sobrepase el área del Proyecto. La duración es 6, ya que solo ocurren en esta etapa.

No se prevé efectos sinérgicos, ni acumulativos.

	Criterios					
Indicador	N	M	E	D	S	A
Ruido	+	1	1	6	1	1

Por lo que de acuerdo con los criterios establecidos, el impacto por las emisiones a la atmósfera durante la etapa de operación y mantenimiento es **alto.**

Etapa de abandono

En la etapa de abandono se lleva a cabo la remoción de las instalaciones, equipos y maquinaria, por lo que no se estima que la generación de ruido ni de emisiones a la atmósfera sea significativa.

V.3.4 Paisaje

De acuerdo al capítulo IV, la categoría de fragilidad presente en el área de Proyecto se considera como media, una vulnerabilidad baja y una presión baja.
Actualmente no existen lineamientos directos para analizar los impactos visuales de un Proyecto, excepto aquellos creados en los EE.UU. Solamente la Ley Federal de Turismo (LFU) y su Reglamento incluyen consideraciones para la protección de atractivos turísticos que podrían relacionarse con la protección del paisaje o sobre los efectos visuales potenciales.

El área del Proyecto no forma parte de un área relevante dentro del paisaje natural y no presenta oportunidades particulares para el desarrollo de actividades recreativas o de turismo de naturaleza.

Etapa de preparación del sitio y construcción

El paisaje donde se ubica la PTAR existente, presenta características agrícolas, y la planta existente ya forma parte de este paisaje por lo que la construcción de la otra parte de la planta no se prevé afectaciones al paisaje existente.

Por lo que de acuerdo con los criterios establecidos para este indicador ambiental, considerando el estado-presión-respuesta en la etapa de preparación del sitio y construcción del Proyecto, se establece que no habrá un impacto al paisaje ya que el Proyecto ya forma parte del mismo.

Etapa de operación y mantenimiento

La magnitud de los impactos al paisaje se considerarán de acuerdo a los daños substanciales en los recursos de paisaje, incluyendo flora, afloramientos de roca y edificios históricos, el paisaje que rodea al Proyecto corresponde a una zona agrícola que ya contaba con la planta de tratamiento de aguas residuales, así como con algunas viviendas que hace que el paisaje se vea alterado.

Por lo que de acuerdo con los criterios establecidos para este indicador ambiental, considerando el **estado-presión-respuesta** en la etapa de operación y mantenimiento del Proyecto, se establece que no habrá un impacto al paisaje ya que el Proyecto ya forma parte del mismo.

Etapa de abandono

En esta etapa se restablecerá las condiciones originales del área del Proyecto. Por lo que de acuerdo con los criterios establecidos para este indicador ambiental, considerando el **estado-presión-respuesta** en la etapa de abandono del Proyecto, se establece la naturaleza del impacto es negativa, ya en su caso al demoler causará una afectación al paisaje. La magnitud del impacto es 3, ya que la Promovente deberá utilizar barreras o mamparas para minimizar el aspecto visual. La extensión del impacto es 1, ya que afectará parte del predio. La duración es 6 ya que en caso se busca que sea permanente.

No se consideraron efectos acumulativos o sinérgicos.

	Criterios					
Indicador	N	M	E	D	S	A
Paisaje	-	1	3	6	1	1

Por lo que de acuerdo con los criterios establecidos, el impacto al paisaje durante la etapa abandono es **muy alto.**

V.3.5 Flora

De acuerdo con el Capítulo IV, en el área del Proyecto, se encontró vegetación secundaria en vías de regeneración; donde se distinguen dos zonas una compuesta por plantas terrestres en su mayoría herbáceas y árboles y otra por plantas acuáticas asociadas al cuerpo de agua.

Etapa de preparación del sitio

En esta etapa de preparación del sitio y construcción se realizará la construcción de las siguientes estructuras: tanque de mezcla de lodos, bombeo de lodo a digestión, digestor de lodos, tanque de almacenamiento de lodos; tanque de agua tratada y tanque de contacto de cloro.

En todos los casos el área ya cuenta con vegetación secundaria, por lo que no se prevé un impacto significativo a la flora durante esta etapa.

Etapa de operación y mantenimiento

No se estiman impacto a la flora presente en área del Proyecto en esta etapa del Proyecto. Sin embargo se pudiera observar una mejoría en la vegetación de galería del río Acalotli o bien la disminución de la vegetación riparia.

Por lo que de acuerdo con los criterios establecidos para este indicador ambiental, considerando el **estado-presión-respuesta** en la etapa de operación y mantenimiento del Proyecto, se establece la naturaleza del impacto es positiva, ya al mejorar la calidad del agua del efluente pudiera tener una disminución de la vegetación riparia. La extensión del impacto es 3, ya que este efecto se podrá observar en el trayecto del río posterior a la planta de tratamiento de aguas residuales hasta su desembocadura. La duración es 6 ya que se podría ocurrir durante la operación del Proyecto.

La presencia de vegetación de galería podrá coadyuvar a mejorar las condiciones del ecosistema, por lo que se prevé un efecto sinérgico moderado. No se consideraron impactos acumulativos.

	Criterios					
Indicador	N	M	E	D	S	A
Paisaje	+	3	3	6	3	1

Por lo que de acuerdo con los criterios establecidos, el impacto a la flora durante la etapa operación y mantenimiento es **muy alto.**

Etapa de abandono

En esta etapa se restaurará la cubierta vegetal cuyo objetivo es la protección al suelo, evitar la erosión hídrica, incrementará el contenido de humedad en el suelo, lo que favorecerá la regeneración natural.

De acuerdo con los criterios establecidos para este indicador ambiental, considerando el **estado-presión-respuesta** en la etapa de abandono del Proyecto, se establece la naturaleza del impacto es positiva, ya que habrá una restauración de las áreas afectadas y se restablecerá la cubierta vegetal. La magnitud del impacto es 9, ya que el área del Proyecto contará con especies de flora que den continuidad a las áreas de esparcimiento que rodean al Proyecto. La extensión del impacto es 1, ya que afectará todo el predio. La duración es 9, ya que se espera que tengan un efecto permanente.

COMPONENTE AMBIENTAL		ACTIVIDADES PASADAS	ACTIVIDADES PRESENTES	IMPACTO DEL PROYECTO	ACTIVIDADES FUTURAS	EFECTO ACUMULATIVO
	Flora	Zona agrícola donde se instaló la PTAR.	Se realiza el desmantelamiento de la estructura. Se pone en marcha el programa de reforestación.	Recuperación del suelo orgánico, presencia de vegetación, recuperación de los aspectos visuales del Proyecto y establecimiento de áreas verdes	Seguimiento al Programa de Reforestación	Se prevé efectos acumulativos a la flora ya que con el tiempo se espera una recuperación de la flora del lugar, permitiendo minimizar los impactos antes mencionados.

Los efectos sinérgicos del restablecimiento de la cobertura vegetal y la reforestación con especies de la zona, tiene impactos indirectos benéficos con otros impactos como la disminución de la erosión, la recuperación del paisaje, y la presencia de fauna

	Criterios					
Indicador	N	M	E	D	S	A
Flora	+	9	1	9	9	6

Por lo que de acuerdo con los criterios establecidos, el impacto a la flora durante la etapa abandono es **muy alto.**

V.3.6 Fauna

En el área del Proyecto se observaron 12 individuos en su mayoría cosmopolitas, los cuales podrían utilizar el predio de paso o residencia o como sitio de forrajeo y alimentación.

Etapa de preparación del sitio y construcción

Durante esta etapa no se prevén impactos directos a la fauna. Sin embargo se deberá tener especial cuidado en el manejo de los residuos sólidos urbanos , ya que pudiera atraer vectores urbanos tales como ratones, cucarachas, etc..
.

Etapa de operación y mantenimiento

Durante esta etapa no se prevén impactos directos a la fauna. Sin embargo el manejo adecuado de los residuos sólidos urbanos y biosólidos evitará fauna nociva en el área del Proyecto.

Etapa de abandono

De acuerdo con los criterios establecidos para este indicador ambiental, considerando el estado-presión-respuesta en la etapa de abandono del Proyecto, se establece la naturaleza del impacto es positiva, ya que al restablecerse las

condiciones originales del sitio e incluso mejorarlas, las especies de fauna se acercarán nuevamente al área del Proyecto.

La magnitud del impacto es 9, ya que el área del Proyecto contará con especies de flora que permitan el restablecimiento de sitios de alimentación en el área del Proyecto. La extensión del impacto es 1, ya que afectará todo el predio. La duración es 1, ya que solo ocurren en esta etapa.

Los efectos sinérgicos del restablecimiento de la cobertura vegetal y la reforestación con especies de la zona, tiene impactos indirectos benéficos con otros impactos como la disminución de la erosión, la recuperación del paisaje, y la presencia de fauna. En el caso de los efectos acumulativos se considero lo siguiente:

COMPONENTE AMBIENTAL		ACTIVIDADES PASADAS	ACTIVIDADES PRESENTES	IMPACTO DEL PROYECTO	ACTIVIDADES FUTURAS	EFECTO ACUMULATIVO
	Fauna	Zona agrícola donde se instaló la PTAR.	Se realiza el desmantelamiento de de la estructura. Se pone en marcha el programa de reforestación.	Recuperación del suelo orgánico, presencia de vegetación, recuperación de los aspectos visuales del Proyecto y establecimiento de áreas verdes	Seguimiento al Programa de Reforestación	Se prevé efectos acumulativos a la fauna ya que con el tiempo se espera una recuperación de la flora del lugar, permita la existencia de zonas de alimentación y anidación.

	Criterios					
Indicador	N	M	E	D	S	A
Fauna	+	1	1	1	9	9

Por lo que de acuerdo con los criterios establecidos, el impacto a la fauna durante la etapa de abandono es **muy alto.**

V.3.7 Socioeconómico

El desarrollo del Proyecto es una medida de mitigación para tratar un efecto antropogénico en los cuerpos de agua. Por lo que el impacto del tratamiento de las aguas residuales se refleja en contar con infraestructura en el municipio, mejorar la calidad vida de los habitantes, evitar enfermedades gastrointestinales y proveer una fuente de empleo a los habitantes de Capulhuac.

Etapa de preparación del sitio y construcción

En esta etapa se contará con personal para la rehabilitación de la planta existente y construcción de las nuevas estructuras; no se cuenta por el momento con la cantidad de trabajadores que participarán a lo largo de seis meses. Aunado al personal que continuará con la operación de la planta existente.

De acuerdo con los criterios establecidos para este indicador ambiental, considerando el estado-presión-respuesta en la etapa de operación y mantenimiento del Proyecto, se establece la naturaleza del impacto es positiva, ya que el beneficio del Proyecto hacia el municipio de Metepec permitirá un crecimiento socioeconómico. La magnitud del impacto es 1, ya que la calidad de vida, infraestructura y empleo se beneficiarán con el desarrollo del Proyecto. La extensión del impacto es 1, ya que esto solo beneficiará al municipio de Metepec. La duración es 1, ya que solo será durante esta etapa. No se prevé sinergismo, ni efectos acumulativos.

	Criterios					
Indicador	N	M	E	D	S	A
Empleo	+	1	1	1	1	1
Servicios	+	1	1	1	1	1
Calidad de vida	+	1	1	1	1	1
Infraestructura	+	1	1	1	1	1

Por lo que de acuerdo con los criterios establecidos, el impacto al medio socioeconómico durante la etapa preparación del sitio y construcción es moderado.

Etapa de operación y mantenimiento

En esta etapa del Proyecto se contará con personal para la operación y mantenimiento, aún no se sabe el número de personas que laboraran en el Proyecto, pero incluirá personal de laboratorio, vigilantes, y operadores de la planta.

La ampliación y rehabilitación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) permitirá mejorar la infraestructura existente en el municipio, ya que la PTAR solo trataba 50 litros por segundo, y con el segundo modulo se tratarán 100 litros por segundo.

Asimismo con el saneamiento del río Acalotli se mejorará el río Lerma utilizado para el riego agrícola ya que la falta de tratamiento de las aguas residuales está asociada a la contaminación de los cuerpos de agua como ríos, lagunas y lagos, a la mortandad de la fauna, al incremento de especies invasoras como lirios, acumulación de residuos en las laderas de los cuerpos de agua, a los malos olores.

Por lo que el Proyecto no resolverá en su totalidad la contaminación de la cuenca Lerma-Santiago, pero si será un aporte importante para el saneamiento de la misma.

De acuerdo con los criterios establecidos para este indicador ambiental, considerando el **estado-presión-respuesta** en la etapa de operación y mantenimiento del Proyecto, se establece la naturaleza del impacto es positiva, ya que el beneficio del Proyecto hacia el municipio de Capulhuac ya que proporcionará empleo y capacitación a los trabajadores. La magnitud del impacto es 1, ya que la calidad de vida, infraestructura y empleo se beneficiarán con el desarrollo del Proyecto. La extensión del impacto es 1, ya que esto solo beneficiará al municipio de Capulhuac. La duración es 9, ya que solo será durante esta etapa. No se prevé sinergismo, ni efectos acumulativos.

	Criterios					
Indicador	N	M	E	D	S	A
Empleo	+	1	1	9	1	1
Servicios	+	1	1	9	1	1
Calidad de vida	+	1	1	9	1	1
Infraestructura	+	1	1	9	1	1

Por lo que de acuerdo con los criterios establecidos, el impacto al medio socioeconómico durante la etapa abandono es **muy alto.**

Etapa de abandono

En esta etapa aún hay requerimiento de personal para el desmantelamiento de las instalaciones y la recuperación del terreno, proporcionando de manera temporal empleo y requiriendo de servicios, aunque en menor proporción que durante la etapa de operación y mantenimiento.

Por el momento aún no se tiene el estimado del número de trabajadores requeridos, pero por la experiencia en proyectos similares de la Promovente se estima que aproximadamente se requieren 10 trabajadores.

Los trabajadores que participaron en el Proyecto, estarán capacitados para incorporarse en otros sectores productivos, permitiendo conservar su calidad de vida.

De acuerdo con los criterios establecidos para este indicador ambiental, considerando el **estado-presión-respuesta** en la etapa de abandono del Proyecto, se establece la naturaleza del impacto es positiva. La magnitud del impacto es 3, ya que la calidad de vida, infraestructura y servicios, disminuirán; sin embargo, los trabajadores que se hayan capacitado en el Proyecto, se podrán incorporar a otros sectores productivos, conservando su calidad de vida. La extensión del impacto es 1, ya que al no haber PTAR solo afectará las características socioeconómicas de Capulhuac. La duración es 1, ya que solo será durante esta etapa. No se prevé sinergismo, ni efectos acumulativos.

	Criterios					
Indicador	N	M	E	D	S	A
Empleo	+	1	1	1	1	1
Servicios	+	1	1	1	1	1
Calidad de vida	+	1	1	1	1	1
Infraestructura	+	1	1	1	1	1

Por lo que de acuerdo con los criterios establecidos, el impacto al medio socioeconómico durante la etapa abandono es **moderado.**

V.4 Índice Cuantitativo de Impacto

A continuación se presenta la tabla resumen de los impactos identificados:

Etapa	Componentes ambientales	IB	IC	I	N	Calificación del Impacto
Preparación del sitio y construcción	Calidad del agua	0.487	0.1111	0.527	Negativo	Moderado
	Composición del Suelo	0.487	0.1111	0.527	Negativo	Moderado
	Calidad del aire	0.487	0.1111	0.527	Negativo	Moderado
	Ruido	0.487	0.1111	0.527	Negativo	Moderado
	Paisaje	NP	NP	NP	NP	NP
	Flora	NP	NP	NP	NP	NP
	Fauna	NP	NP	NP	NP	NP
	Medio socioeconómico	0.487	0.1111	0.527	Positivo	Moderado
Operación y mantenimiento	Calidad del agua	1.2599	0.2222	1.1968	Positivo	Muy alto
	Composición del Suelo	1.2599	0.2222	1.1968	Positivo	Muy alto
	Calidad del aire					
	Ruido	0.8735	0.1111	0.8867	Positivo	Alto
	Paisaje	NP	NP	NP	Negativo	NP
	Flora	1.8171	0.2222	1.5912	Positivo	Muy alto
	Fauna	NP	NP	NP	NP	NP
	Medio socioeconómico	1	0.1111	1	Positivo	Muy alto

Etapa	Componentes ambientales	IB	IC	I	N	Calificación del Impacto
Abandono del sitio	Calidad del agua	2.2894	0.5	1.5	Negativo	Muy alto
	Composición del Suelo	0.4807	0.1111	0.5215	Positivo	Moderado
	Ruido	NP	NP	NP	NP	NP
	Paisaje	1.2599	0.1111	1.2279	Negativo	Muy alto
	Flora	2.080	0.8333	1.129	Positivo	Muy alto
	Fauna	0.4807	1	1	Positivo	Muy alto
	Medio socioeconómico	0.4807	0.1111	0.5214	Positivo	Moderado

NP= No presenta impactos

VI. MEDIDAS PREVENTIVAS Y DE MITIGACIÓN DE LO IMPACTOS AMBIENTALES

En este capítulo se presentan las medidas que será necesario adoptar pa minimizar los impactos ambientales generados por el Proyecto. Las medidas acciones que a continuación se describen tienen como objetivo prevenir, elimir y reducir los impactos que el Proyecto pudiera ocasionar en las etapas preparación del sitio, construcción, operación, mantenimiento y abandono.

Las medidas las agruparemos en:

Medidas preventivas: se aplicarán a los impactos que puedan evitarse, se aplic al impacto que pudiera llegar a ocurrir.

Medidas de mitigación: son aquellas acciones aplicables a los impactos que pueden minimizar.

Medidas de compensación: son aquellas actividades aplicables a los impact considerados como permanentes e irreversibles.

Este Capítulo de acuerdo está organizado de la siguiente manera para ca componente ambiental se describe la medida de prevención, mitigación compensación:

- Descripción de la Medida o Programa de medidas de mitigación correctivas por componente ambiental, e
- Impactos residuales.

VI.1Descripción de la medida o programa de medidas de mitigación o correctivas por componente ambiental

Componente Ambiental	Actividades	Etapas		
		Prep. Del Sitio y Construcción	Op. y Mant.	Abandono
	Generación de aguas residuales sanitarias			
Agua	Utilizar los servicios sanitarios que se encuentran en la Planta de Tratamiento existente y en caso necesario contratar los servicios de sanitarios portátiles a una empresa autorizada para ello.	X		
	Manejo del Agua tratada			
Agua	Capacitar a los trabajadores en la operación y mantenimiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales		X	
Agua	Cumplir con los límites máximos permisibles establecidos en la Norma Oficial Mexicana NOM-003-SEMARNAT-1997.	X	X	
Agua	Establecer un Programa de Monitoreo del Agua, donde se considere el monitoreo de coliformes fecales, materia flotante, $DBO_{5,}$ solidos suspendidos totales y grasas y aceites (al menos cuatro muestras simples tomadas en días representativos mensualmente); y metales pesados y cianuros (dos muestras simples tomadas en días representativos anualmente)	X	X	
	Manejo de residuos sólidos urbanos			
Socioeconómico	Capacitar a los trabajadores en el manejo adecuado de residuos sólidos urbanos.	X	X	X
Suelo	Se promoverá la separación de los residuos sólidos urbanos, en orgánicos e inorgánicos	X	X	X
Suelo	El almacenamiento de residuos sólidos urbanos se realizará en contenedores identificados.	X	X	X

Componente Ambiental	Actividades	Etapas		
		Prep. Del Sitio y Construcción	Op. y Mant.	Abandono
Suelo	El área de residuos sólidos urbanos deberá cumplir con las normas municipales correspondientes.	X	X	X
Suelo	Los residuos extraidos de las rejillas y cribas deberán almacenarse en tambos de 200 L, identificados y con tapa	X	X	
Suelo	Establecer un área para el amacenamiento de residuos sólidos úrbanos.	X	X	X
Suelo	Los residuos sólidos urbanos, que no puedan ser reutilizados o reciclados se dispondrán en el relleno sanitario que establezca las autoridades municipales.	X	X	X
	Residuos de Manejo Especial (Biosólidos)			
Suelo	Cumplir con las especificaciones para biosólidos de la Norma Oficial Mexicana NOM-004-SEMARNAT-2002	X	X	
Suelo	Obtener la constancia de no peligrosidad de los biosólidos previo a su aprovechamiento o disposición final	X	X	
Suelo	Establecer un Plan de Manejo de los Biosólidos	X	X	
Suelo	Promover el uso de los biosólidos para su aprovechamiento como mejoradores o acondicionadores de suelos	X	X	
Suelo /Fauna	Establecer un área para el almacenamiento de los biosólidos, hasta su aprovechamiento o disposición final.	X	X	
Suelo	Las áreas de residuos de manejo especial deberán cumplir con lo establecido en la Ley General de Prevención y Gestión Integral de Residuos, así como con su reglamento; así como observar las normas correspondientes.	X	X	
Suelo	Los biosólidos que no se puedan aprovechar se enviarán a disposición final en sitios autorizados por las autoridades municipales.	X	X	

Componente Ambiental	Actividades	Etapas		
		Prep. Del Sitio y Construcción	Op. y Mant.	Abandono
	Residuos Peligrosos			
Socioeconómico	Capacitar a los trabajadores en la identificación, manejo y disposición de residuos peligrosos	X	X	X
	Los residuos peligrosos serán registrados en bitácoras que serán llenadas por el responsable del área, en ellas se indicará la fecha de generación, el tipo de residuo y la cantidad del mismo.	X	X	
Suelo	El almacenamiento se realizará en tambos provistos de etiquetas con el tipo de residuo y sus características de peligrosidad, se mantendrán cerrados y sobre una charola con una rejilla para contener derrames accidentales.	X	X	X
Suelo	Los residuos peligrosos se depositarán en el almacén el cual cumplirá con lo establecido Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos, siendo el control a través del registro en la bitácora de entradas y salidas del propio almacén.	X	X	X
Suelo	El transporte y envío a disposición final, se hará a través de empresas debidamente autorizadas por la SEMARNAT y la SCT y con destino a empresas que igualmente tengan vigente la autorización para tratamiento o confinamiento de ese tipo de residuos.	X	X	X
	Manejo de Químicos			
Socioeconómico	Capacitar al personal en el manejo de sustancias químicas	X	X	
Agua/Suelo	El manejo de químicos deberá realizarse de acuerdo a las normas oficiales correspondientes para evitar derrames.	X	X	
Agua/Suelo	En los sitios donde se realicen operaciones de carga o descarga de materiales o sustancias se instalarán sistemas de contención alrededor del área de potencial derrame que cumpla con la Ley General para la Prevención	X	X	X

Componente Ambiental	Actividades	Etapas		
		Prep. Del Sitio y Construcción	Op. y Mant.	Abandono
	y Gestión Integral de Residuos y su reglamento.			
Agua/Suelo	Se mantendrá in situ material absorbente por precaución ante posibles derrames que pudieran rebasar los sistemas de contención de derrames.	X	X	
Agua/Suelo	Durante el desmantelamiento de maquinaría y equipo evitar colocarla en áreas verdes o en zonas donde se pudiera contaminar el suelo.	X		X
	Manejo de Emisiones			
Aire	Durante las excavaciones, demoliciones y acarreos de materiales se deberá estabilizar polvos y partículas a través de riego y uso de lonas en el transporte.	X		X
Aire	Proporcionar mantenimiento continuo a la maquinaria y equipo.	X		
Aire	Estimar las emisiones de Gases de Efecto Invernadero generadas durante la operación de la planta de tratamiento de agua		X	
Ruido	Proveer revisión y mantenimiento a los controles de ruido del equipo de aereación		X	

VI.2 Impactos residuales

Un impacto residual es aquel efecto que permanece en el ambiente después aplicar las medidas de mitigación. Es un hecho que muchos impactos carecen medidas de mitigación; otros pueden ser ampliamente minimizados o reducid (SEMARNAT, 2002).

La operación y mantenimiento del Proyecto es una medida de mitigación pa disminuir la contaminación de los cuerpos de agua, por lo que se considera q tendrá un impacto positivo que mediante una operación adecuada tenc consecuencias favorables en el medio ambiente.

Los impactos negativos previstos son temporables, prevenibles y mitigables, s embargo el manejo de los residuos de manejo especial (biosólidos) represer uno de los retos más importantes ya que por las características que tendr representan una alternativa para su aprovechamiento en la mejora de los suelc aplicables dentro del municipio y en sus alrededores donde existen zonas rural con actividades agrícolas.

Los biosólidos son lodos que han sido sometidos a procesos de estabilizació que por su contenido de materia orgánica, nutrientes y características adquirid después de su estabilización pueden ser susceptibles de aprovechamiento.

De principio los biosólidos previo a ser utilizados como mejoradores de sue deberán cumplir con los límites máximos permisibles en metales pesad establecidos en la Tabla 1, así como con los establecidos en la Tabla 2 patógenos y parásitos de la Norma Oficial Mexicana NOM-004-SEMARNAT-200 además de dar cumplimiento a otros requisitos tales como la obtención de constancia de no peligrosidad, la bitácora de registro de biosólidos generado entre otros requisitos.

La experiencia en aplicación como mejoradores de suelos o fertilizantes presentado los siguientes beneficios para suelos agrícolas y pastizales (Jura Guerra et al. 2004), cuando se aplica en dosis moderada (entre 5 a 45 ton/ha):

- Mayor disponibilidad de humedad y algunos nutrientes en el suelo;

- Incremento en la calidad del forraje de pastos; y

- Una mayor producción de ganado bovino.

Asimismo no recomiendan su disposición en rellenos sanitarios porque al lixiviarse algunos de sus componentes nitratos y/o metales pesados pueden constituir un foco de infección al estar a cielo abierto en combinación con otros residuos representando un riesgo a la salud pública (Potisek Talavera et al., 2011).

El Proyecto coadyuvará al saneamiento de la cuenca del río Lerma incrementando el volumen de agua tratada y mejorando la infraestructura existente; asimismo coontribuirá a evitar enfermedades gastrointestinales derivado del riego con aguas residuales.

En materia de emisiones a la atmósfera, México se ha comprometido en la reducción de los gases de efecto invernadero por lo que en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales se deberá implementar en inicio una estimación de la cantidad de metano que se generá durante el tratamiento de las aguas residuales; de acuerdo a la cantidad de materia orgánica tratada y eliminada.

VII. PRONÓSTICO DEL ESCENARIO, Y EN SU CASO EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

El Proyecto Modernización de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) del municipio de Capulhuac, de aquí en adelante el Proyecto, propone ampliar la PTAR existente a través de la instalación de un segundo módulo de caracteristicas semejantes al existente donde el tratamiento del agua se realiza a través de un sistema biológico de agua por lodos activados, y la desinfección del agua utilizando gas cloro para la adecuada desinfección del agua tratada.

Para el tratamiento de los lodos, el Proyecto incorporará un sistema de espesamiento de lodos crudos (mesas de espesado) así como un digestor aerobio de lodos adicional y un sistema de desaguado de lodos estabilizados por filtro banda.

En este Capítulo se presenta el pronóstico del escenario del Proyecto; asimismo y con base en los resultados de identificación y evaluación de los impactos ambientales incluidos en el Capítulo V, y las medidas de prevención y mitigación incluidas en el Capítulo VI, se presenta el Programa de Monitoreo y Vigilancia Ambiental del Proyecto.

Finalmente las conclusiones de este estudio que engloban los principales temas abordados en todos los capítulos de la Manifestación de Impacto Ambiental.

VII.1 Pronóstico del Escenario

VII.1.1 Escenario Actual

El escenario actual se describió a lo largo del Capítulo IV de la MIA, en el cual se resume que el problema es la descarga de las aguas residuales domésticas y comerciales en el río Acalotli, lo que ha causado la contaminación del mismo, ocasionando una disminución la calidad de los ecosistemas y la salud humana así como en la disponibilidad de fuentes de agua.

La problemática de la cuenca del río Lerma, tiene su origen desde hace mucho tiempo y es un problema que requiere de varias iniciativas de diferentes sectores,

en la actualidad la Promovente tiene como objetivo fomentar el tratamiento de las aguas residuales a través del diseño, construcción, operación de plantas de tratamiento de aguas.

En el municipio de Calpulhuac la planta de tratamiento de aguas residuales existente trataba únicamente 50 L/s, y el crecimiento de la población ha continuado incrementando las actividades comerciales, por lo que se considera que no es suficiente el volumen tratado para el saneamiento del río Acalotli.

VII.1.2 Escenario Futuro

El escenario futuro con Proyecto traera los siguientes beneficios:

- Proporcionar tratamiento a las descargas de aguas residuales municipales
- Promover el saneamiento del río Acalotli al verter agua tratada que cumpla con los límites máximos permisibles establecidos por la Norma Oficial Mexicana NOM-003-SEMARNAT-1997.
- Disminuir la vegetación riparia en el río;
- En el caso de que los biosólidos sean utilizados como mejoradores de suelos, se tendrán mejores cultivos y productos;
- Se capacitará personal en la operación de los sistemas de tratamiento de aguas.
- Mejoras las condiciones de salud de los habitantes del municipio, disminuyendo enfermedades gastrointestinales y de la piel.

VII.1.3 Escenario con Proyecto y medidas de mitigación

Las principales medidas de mitigación del Proyecto están orientadas al cumplimiento de las normas oficiales mexicanas NOM-003-SEMARNAT-1997 y NOM-004-SEMARNAT-2002 , al control de los residuos sólidos urbanos y peligrosos; asi como al manejo de las sustancias químicas.

Uno de los mayores impactos de las plantas de tratamiento de las aguas residuales es el manejo de los lodos generados por el tren de tratamiento. Sin embargo las mejoras realizadas al Proyecto, permite que los lodos reciban un tratamiento adicional que por sus caracteristicas de biosólidos permitirán su aplicación para mejorar las condiciones de los suelos.

VII. 2 Programa de Monitoreo y Vigilancia Ambiental

VII.2.1 Objetivo

El objetivo general del Programa de Monitoreo y Vigilancia Ambiental (PMVA) es el de contar con un documento control para facilitar la supervisión y evaluación del cumplimiento de las medidas de prevención y mitigación establecidas en el Capítulo VI.

A continuación se describe el PMVA, el cual será actualizado en caso de que se modifique el alcance del Proyecto, o se incluyan nuevas actividades o adecuado a las condiciones prevalecientes en el área de desarrollo del Proyecto.

VII.2.2 Estructura del Programa de Monitoreo y Vigilancia Ambiental

La estructura del Programa de Monitoreo y Vigilancia Ambiental se estableció en forma de fichas para cada etapa de desarrollo del Proyecto, en cada una de las etapas se presentan las actividades de acuerdo a las medidas de mitigación, indicador, umbral de alerta, umbral inadmisible, calendario de comprobación, requerimientos del personal encargado y medidas de urgencia (Garmendia *et al*. 2008).

Preparación del sitio y construcción

Ficha 1. Manejo de las aguas residuales sanitarias
Objetivo: Evitar verter aguas residuales sanitarias sin tratamiento previo
Medidas: Utilizar los sanitarios existentes en la planta de tratamiento de agua y/o contratar a una empresa autorizada en proveer el servicio.
Indicador de realización: Contrato con la empresa autorizada en prestar servicios sanitarios y/o capacitacion a los trabajadores para que utilicen los sanitarios de la planta.
Indicador de efectos: Las aguas residuales sanitarias son tratadas previo a ser descargadas al río Acalotli.
Umbral de alerta: Los trabajadores no dispongan de servicios sanitarios durante

Ficha 1. Manejo de las aguas residuales sanitarias
la preparación del sitio y construcción.
Umbral inadmisible: Falta de servicios sanitarios y por lo tanto hay descargas directas de aguas residuales sanitarios.
Calendario de comprobación: Inicio, durante y final de la obra.
Lugares de comprobación: Documentación que pruebe la capacitación de los trabajadores en el uso de los servicios sanitarios de la planta y/o el contrato de los servicios sanitarios externos.
Forma de realizarlo: Revisión directa
Requerimientos del personal encargado: Será realizado por el personal encargado de llevar a cabo la obra de construcción.
Medidas de urgencia: Cuando se tengan muchos trabajadores y las instalaciones sanitarias sean insuficientes se deberá contratar una empresa externa que proporcione el servicio.

Ficha 2. Control de emisiones a la atmósfera
Objetivo: Evitar la emisión de polvos, partículas y gases de combustión
Medidas: Establecer un plan de riego con agua tratada para estabilización de polvos y partículas; así como un plan de mantenimiento de la maquinaria y equipo. Cuando se realice el acarreo de materiales, y tierra hacia los sitios de disposición final utilizar una lona para cubrir.
Indicador de realización: Bitacora de registro de riego; documentación del mantenimiento de la maquinaria y equipo y fotografías.
Indicador de efectos: Disminución de polvos y partículas en el área del Proyecto, así como menores efectos a la salud de los gases de combustión.
Umbral de alerta: Polvos y partículas en el área del Proyecto.
Umbral inadmisible: Exceso de polvos y partículas que dificulten la visión en las áreas del Proyecto y afecten la salud de los trabajadores.

Ficha 2. Control de emisiones a la atmósfera
Calendario de comprobación: Al inicio, durante y al final de la etapa de prepración del sitio y construcción.
Lugares de comprobación: Documentación y fotografías.
Forma de realizarlo: Esparcir agua tratada con la manguera previo al inicio del movimiento de la tierra; y registrarlo en una bitacora. El mantenimiento de la maquinaria y equipo tambien se debe registrar, y el combustible deberá cargarse en lugares adecuados para ello.
Requerimientos del personal encargado: Será realizado por el personal de la empresa constructora
Medidas de urgencia: La afectación de la salud de los trabajadores.

Ficha 3. Gestión de los residuos sólidos urbanos
Medidas: Elaboración e implementación de un Programa de gestión de residuos sólidos urbanos.
Indicador de realización: Documentación evidenciada y la correcta identificación contenedores, almacenamiento temporal, separación, reciclaje, transporte y disposición de los residuos sólidos urbanos.
Indicador de efectos: Paisaje libre de residuos, bitácoras y/o fotografías.
Umbral de alerta: Malos olores debido a la no recolección.
Umbral inadmisible: Contaminación del suelo.
Calendario de comprobación: Según programa.
Lugares de comprobación: Área del Proyecto, bitácoras.
Forma de realizarlo: El programa deberá incluir identificación de contenedores, separación, reciclaje, almacenamiento temporal, transporte y disposición de los residuos sólidos urbanos.
Requerimientos del personal encargado: técnico ambiental, ingeniero ambiental, biólogo o afines.
Medidas de urgencia: Sanción al personal por incumplimiento, limpieza y orden del área de manejo de los residuos sólidos urbanos.

Ficha 4. Gestión de los residuos de manejo especial.
Medidas: Elaboración e implementación de un Plan de Manejo de los residuos de la construcción (tales como tierra y/o producto de la excavación)
Indicador de realización: Documentación evidenciada (como los Manifiestos de Generación de residuos de manejo especial, bitacora) y la correcta identificación contenedores, almacenamiento temporal, transporte y disposición de los residuos de manejo especial.
Indicador de efectos: Se cuenta con un área especial para el almacenamiento de los mismos, así como con un contrato con una empresa autorizada para el transporte y disposición final de los mismos. Se registra el volumen generado en bitadorás así como la fecha de generación.
Umbral de alerta: Acumnulación de residuos de manejo especial, mal transporte y disposición final.
Umbral inadmisible: Contaminación del suelo.
Calendario de comprobación: Según programa.
Lugares de comprobación: Área del Proyecto.
Forma de realizarlo: El programa deberá incluir delimitación e identificación del área de almacenamiento de residuos, contenedor adecuado; contrato con una empresa autorizada en transporte y disposición final, y registro en bitacora de generación y salida de materiales de la construcción.
Requerimientos del personal encargado: técnico ambiental, ingeniero ambiental, biólogo o afines.
Medidas de urgencia: Suspensión temporal o permanente según reincidencia.

Ficha 5. Gestión de los residuos peligrosos
Medidas: Elaboración e implementación de un Programa de Manejo de Residuos Peligrosos
Indicador de realización: Documentación evidenciada (como los Manifiestos de Generación de residuos peligrosos, las bitacoras de entrada y salida del almacén)

Ficha 5. Gestión de los residuos peligrosos
y la correcta identificación contenedores, almacenamiento temporal, transporte y disposición de los residuos peligrosos
Indicador de efectos: Paisaje libre de residuos.
Umbral de alerta: Derrames menores
Umbral inadmisible: Contaminación del suelo.
Calendario de comprobación: Según programa.
Lugares de comprobación: Área del Proyecto.
Forma de realizarlo: El programa deberá incluir identificación de contenedores, separación, almacenamiento temporal, transporte y disposición de los residuos de manejo especial
Requerimientos del personal encargado: técnico ambiental, ingeniero ambiental, biólogo o afines.
Medidas de urgencia: Suspensión temporal o permanente según reincidencia

Operación y mantenimiento

Ficha 6. Manejo de las aguas tratadas
Objetivo: Asegurar el cumplimiento de la calidad de las aguas tratadas
Medidas: Establecer un Programa de Monitoreo del agua tratada
Indicador de realización: Bitacora y documentación del laboratorio
Indicador de efectos: Cumplimiento con los límites máximos permisibles establecidos por la NOM-003-SEMARNAT-1997 para servicios al público con contacto directo (Tabla 1) y la NOM-001-SEMARNAT-1996 (Tabla 3).
Umbral de alerta: no llevar a cabo el monitoreo del agua tratada
Umbral inadmisible: No dar cumplimiento a los limites máximos permisibles
Calendario de comprobación: Según el programa
Lugares de comprobación: Documentación y bitacora de laboratorio
Forma de realizarlo: Seguir el método del muestreo establecido por la NOM-003-

Ficha 6. Manejo de las aguas tratadas
SEMARNAT-1997
Requerimientos del personal encargado: Será realizado por el personal del laboratorio del Proyecto
Medidas de urgencia: En caso de no contar con los reactivos necesarios para llevar a cabo el monitoreo, o falta de personal, será necesario contratar un laboratorio acreditado.

Ficha 7. Gestión de los residuos sólidos urbanos
Medidas: Elaboración e implementación de un Programa de gestión de residuos sólidos urbanos.
Indicador de realización: Documentación evidenciada y la correcta identificación contenedores, almacenamiento temporal, separación, reciclaje, transporte y disposición de los residuos sólidos urbanos.
Indicador de efectos: Paisaje libre de residuos.
Umbral de alerta: Malos olores debido a la no recolección.
Umbral inadmisible: Contaminación del suelo.
Calendario de comprobación: Según programa.
Lugares de comprobación: Área del Proyecto.
Forma de realizarlo: El programa deberá incluir identificación de contenedores, separación, reciclaje, almacenamiento temporal, transporte y disposición de los residuos sólidos urbanos.
Requerimientos del personal encargado: técnico ambiental, ingeniero ambiental, biólogo o afines.
Medidas de urgencia: Sanción al personal por incumplimiento, suspensión temporal o permanente según reincidencia.

Ficha 8. Gestión de los residuos de manejo especial.
Medidas: Elaboración e implementación de un Plan de Manejo de Biosólidos
Indicador de realización: Documentación evidenciada (como los Manifiestos de Generación de residuos de manejo especial, bitacora) y la correcta identificación contenedores, almacenamiento temporal, transporte y disposición de los residuos de manejo especial; así como la constancia de no peligrosidad; y pruebas de laboratorio.
Indicador de efectos: Paisaje libre de residuos.
Umbral de alerta: Derrames menores y presencia de fauna nociva
Umbral inadmisible: Contaminación del suelo.
Calendario de comprobación: Según programa.
Lugares de comprobación: Área del Proyecto.
Forma de realizarlo: El programa deberá incluir identificación de contenedores, separación, almacenamiento temporal, transporte y disposición de los residuos de manejo especial, así como el calendario de monitoreo de acuerdo a lo establecido por la NOM-004-SEMARNAT-2002
Requerimientos del personal encargado: técnico ambiental, ingeniero ambiental, biólogo o afines.
Medidas de urgencia: Suspensión temporal o permanente según reincidencia.

Ficha 9. Gestión de los residuos peligrosos
Medidas: Elaboración e implementación de un Programa de Manejo de Residuos Peligrosos
Indicador de realización: Documentación evidenciada (como los Manifiestos de Generación de residuos peligrosos, las bitacoras de entrada y salida del almacén) y la correcta identificación contenedores, almacenamiento temporal, transporte y disposición de los residuos peligrosos
Indicador de efectos: Paisaje libre de residuos.
Umbral de alerta: Derrames menores

Ficha 9. Gestión de los residuos peligrosos
Umbral inadmisible: Contaminación del suelo.
Calendario de comprobación: Según programa.
Lugares de comprobación: Área del Proyecto.
Forma de realizarlo: El programa deberá incluir identificación de contenedores, separación, almacenamiento temporal, transporte y disposición de los residuos de manejo especial
Requerimientos del personal encargado: técnico ambiental, ingeniero ambiental, biólogo o afines.
Medidas de urgencia: Suspensión temporal o permanente según reincidencia

Ficha 10. Capacitación sobre condiciones de impacto ambiental
Medidas: Pláticas informativas referentes a las condicionantes de impacto ambiental **Indicador de realización**: Que el personal aplique buenas prácticas de protección y conservación al ambiente y se de cumplimiento con las autorizaciones correspondientes.
Indicador de efectos: Cuidado de la flora, fauna, y entendimiento de la gestión de los residuos de manejo especial , residuos peligrosos y residuos sólidos urbanos.
Umbral de alerta: Impacto al ambiente.
Umbral inadmisible: Multas por incumplimiento.
Calendario de comprobación: Diaria.
Lugares de comprobación: Área del Proyecto y lugares circundantes.
Forma de realizarlo: Juntas semanales con pláticas sobre seguridad y ambiente.
Requerimientos del personal encargado: Tener conocimiento de buenas prácticas ambientales.
Medidas de urgencia: Suspensión temporal o permanente ante reincidencia a los trabajadores.

Abandono

Con respecto a la generación de residuos sólidos urbanos, de manejo especial y peligrosos se seguirá las fichas 2,3 y 4.

Ficha 11. Gestión de los residuos de demolición (En caso de que se proceda, pues se considera una estructura de utilidad permanente).
Medidas: Retiro de la estructura y disposición de los residuos de demolición generados.
Indicador de realización: Documentación de recibo de empresa encargada del servicio.
Indicador de efectos: Área limpia de residuos.
Umbral de alerta: Depósito y acumulación de residuos en el área del Proyecto o en sus alrededores
Umbral inadmisible: Residuos de demolición en el sitio o en sus alrededores
Calendario de comprobación: Después de la demolición de la estructura.
Lugares de comprobación: Área del Proyecto
Forma de realizarlo: Contratación de una empresa autorizada para transportar y disponer residuos especiales
Requerimientos del personal encargado: Ingeniero Civil
Medidas de urgencia: Solicitar al municipio el listado de empresas autorizadas y los sitios de disposición final

Ficha 12. Restauración de vegetación
Medidas: Remoción de construcciones, conformación topográfica y revegetación.
Indicador de realización: Restablecer las condiciones de flora y fauna, así como las pendientes del terreno.
Indicador de efectos: Observación de fauna local en el sitio.
Umbral de alerta: Vegetación sin crecimiento.

Ficha 12. Restauración de vegetación
Umbral inadmisible: Ausencia de vegetación.
Calendario de comprobación:
Lugares de comprobación: Área del Proyecto.
Forma de realizarlo: Revegetación del área con especies locales, documentación de la acción con evidencia fotográfica.
Requerimientos del personal encargado: Biólogo, técnico agrónomo, forestal, botánico, técnico en medio ambiente.
Medidas de urgencia: Plantación con semillas nuevas.

VII.3 Conclusiones

La Comisión del Agua del Estado de México (CAEM) actualmente desarrolla varios programas para la rehabilitación de la plantas de tratamiento de aguas residuales del Estado de México con el fin de mejorar la Cuenca del río Lerma.

La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del municipio de Capuhlac se encuentra en un área estrategica para proporcionar tratamiento a las descargas municipales, minimizando el impacto de las mismas al área de protección de flora y fauna que se encuentra en el trayecto del río Acalotli.

Debido al crecimiento de la población del municipio, se ha incrementado la carga de contaminantes al río, por lo que se necesita incrementar la capacidad de la Planta de Tratamiento existente.

El Proyecto ampliará la capacidad de la PTAR existente a 100 lps a través de la construcción de un segundo modulo que utilizará un sistema de tratamiento igual al existente de tipo biológico por lodos activados, continua utilizando cloro gas para la desinfección del agua tratada.

Para el tratamiento de los lodos, el Proyecto incorporará un sistema de espesamiento de lodos crudos (mesas de espesado) así como un digestor aerobio de lodos adicional y un sistema de desaguado de lodos estabilizados por filtro banda.

Cabe señalar que el área del Proyecto presenta vegetación secundaria en vías de regeneración, así como fauna asociada a los cuerpos de agua del predio.

El Proyecto se llevará a cabo dentró del área existente sin afectar sustancialmente la vegetación del predio en su mayoría pasto.

La zona circundante al Proyecto en su mayoría se observó con características agrícolas. Cercano al Proyecto se encuentra la comunidad de Aguas Blancas, la cual de acuerdo con el Plan Municipal de Desarrollo de Capulhuac no cuenta con un sistema de drenaje por lo que descarga a canales a cielo abierto, incluyendo al río Acalotli.

El municipio cuenta con industria mediana, sin especificar si la industria cuenta con sistemas de tratamiento adicionales o si esta vierte sus descargas junto con las provenientes del municipio, catalogadas como comerciales y domésticas.

El manejo adecuado de los biosólidos pudiera representar una oportunidad para la mejora de los suelos utilizados para la agricultura, y facilitaría su manejo, ya que en el Proyecto está rodeado de zonas agrícolas.

Con base en los resultados obtenidos de la identificación de los impactos durante las etapas evaluadas del Proyecto, se puede concluir lo siguiente:

- La construcción del Proyecto se llevará a cabo en el área del predio donde se presentaba vegetación secundaria en vias de regeneración.
- El Proyecto resultará principalmente en impactos benéficos directos y de corto a mediano plazo y reversibles;
- La ejecución del Proyecto resultará en impactos socioeconómicos benéficos;
- La mayoría de los impactos son prevenibles y mitigables;
- Todos los impactos negativos serán mitigados o evitados para dar cumplimiento a la legislación; y
- El manejo adecuado de los biosólidos evitará que su generación se convierta en un impacto residual.

De esta manera, el Proyecto contribuirá al saneamiento del río Acalotli, y del área de protección de flora y fauna cercano; proporcionando beneficios socioeconómicos sin comprometer la integridad ambiental de la zona.

VIII. IDENTIFICACION DE LOS INSTRUMENTIOS METODOLOGICOS Y ELEMENTOS TECNICOS QUE SUSTENTAN LA INFORMACION SEÑALADA EN LOS CAPITULOS ANTERIORES

VIII.1 Listado de Figuras y planos

Figura 1. Localización del Proyecto

Figura 2. Ubicación del Proyecto

Figura 3. Uso actual del suelo y/o cuerpos de agua en el sitio del Proyecto

Figura 4. Ubicación del Proyecto en el AMOETEM

Figura 5. Trayecto inicial del influente al Proyecto

Figura 6. Trayecto final del agua tratada al río Lerma

Figura 7. Zonas vulnerables y de riesgos

Figura 8. Plano con los tipos de vegetación del predio del Proyecto

Figura 9. Distribución espacial y abundancia de la fauna observada durante el recorrido de campo.

Plano No. 00-PG-03-CAP Planta General Dimensional. Fecha: Septiembre 2013

Plano No. T-TOP-02 Topografía Plano General Altimetría. Fecha 19 Diciembre 2013

VIII.2 Referencias

Ceballos, G. 2004. Ficha informativa de los Humedales de Ramsar (FIR). Sitio RAMSAR No. 1335.

Chávez, C. y G. Ceballos. 1998. Diversidad y estado de conservación de los mamíferos del Estado de México. Revista Mexicana de Mastozoología 3: 113-134.

Comisión Nacional del Agua. Ley de Aguas Nacionales

CONABIO. 2002. Área de importancia para la conservación de aves (AICA) Ciénegas del Lerma, Clave de AICA C-11. (http://conabioweb.conabio.gob.mx/aicas/doctos/C-11.html).

CONABIO. 2015. Naturalista. (http://www.naturalista.mx/)

Garmendia A., Salvador A., y Garmendia L. 2005. "Evaluación de Impacto Ambiental". Edit. Prentice Hall. pág. 206-213. España.

Guidelines for the assessment of indirect and cumulative impacts and impacts interactions, pp.28.

INEGI. Tabulados básicos por localidad. Base de datos y tabulados de la muestra censal. II Conteo de población y vivienda 2010.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 1995. "Cuaderno Estadístico del municipio de Capulhuac ". INEGI México.

Lips A. K., Burrowes P. A., Mendelson J. R. y G. Parra-Olea 2005. Amphibian Population Declines in Latin America: A Synthesis. *Biotropica.* 37(2): 222–226. Mammalian species (www.science.smith.edu/msi/)

Mata J. A. 2008. Ciénegas de Lerma, consideraciones técnicas. SEMARNAT, Dirección General de Impacto y Riesgo Ambiental. México. D. F.

Modelo de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de México. Decreto Gubernamental publicado en el Periódico Oficial del 19 de diciembre del 2006 y actualizado el 27 de mayo de 2009.

National Geographyc Society. 1994. Field Guide to the Birds of North America. Second edition. Washington D.C. EUA.

NORMA Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación, Jueves 30 de diciembre de 2010 (http://dof.gob.mx/normasOficiales.php?codp=4254&view=si).

Peterson, R. T. y E. L. Chalif. 2008. Aves de México. Guía de Campo. Ed. Diana.

Plan Estatal de Desarrollo 2011-2017.

Plan Hídrico de la Cuenca del Río Lerma

Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018

Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 7 de septiembre de 2012.

Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Capulhuac

Programa Nacional de Infraestructura 2014-2018.

Programa Nacional Hídrico 2014-2018.

Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2013-2018.

Rodríguez Bravo, F. J., N. A. Navarrete Salgado, E. Trujillo Pérez, G. Contreras Rivero. 2007. Contribución al estudio avifaunístico del área de estanques rurales en Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México. Revista de Zoología 18:27-35.

Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente.

Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente en materia de Evaluación del Impacto Ambiental

Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos

Secretaría del Medio Ambiente, Gobierno del Estado de México. 2010. Inventarios Florísticos y Faunísticos de la Cuenca Alta del Río Lerma. Plan Maestro para la Restauración Ambiental de la Cuenca Alta del Río Lerma. Gobierno del Estado de México.

Sibley D. A. 2006. The Sibley Guide to Birds. National Audubon Society. Ed. Knopf. New York

Vázquez, R. H. 2004. Preferencias de hábitat por la avifauna presente en la Laguna de Chimalipan, Ciénegas de Lerma, Lerma, Estado de México. Tesis de Maestría. ENEP Iztacala, UNAM.

VIII.3 Instrumentos metodológicos

VIII.3.1 Valoración de los elementos ambientales según Garmendia *et al*. (2008).

Escala de importancia definida

Es una variante de la técnica de ponderación mediante puntuación, en donde se califica cada factor con un valor, en este caso, con escalas definidas lo que facilita la sistematización en la asignación de pesos, con la variante que puede emplearse para localizar los factores ambientales con la valoración del experto sobre los factores en una lista, la lista utilizada fue la siguiente:

Escala de importancia definida	
4	Empeora mucho
3	Empeora poco
2	Mejora algo
1	Mejora mucho
0	Sin efecto

Empeora mucho se refiere a efectos negativos relevantes de implicación directa y debe solucionarse o tratarse.
Empeora poco se refiere a que produce un impacto negativo significativo relevante.
Mejora mucho se refiere a un impacto positivo significativo relevante.
Mejora algo se refiere a un impacto positivo significativo.
Sin efecto se refiere al efecto sin relevancia y que no tiene efectos medibles.

VIII.4 Anexo Fotográfico

Fotografías antes de la Modernización de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del municipio de Capulhuac



Fotografía 1. Vista del área de pre-tratamiento, al fondo se observa el área del filtro prensa, el área de cloración y las oficinas



Fotografía No. 2. En esta imagen se puede observar las características del área previo a la construcción de la Segunda Etapa.



Fotografía No. 3. Vista de la parte norte de la caseta de cloración y del área de filtros prensa.



Fotografía No. 4. Vista norte del predio previo a la construcción de la segunda etapa de la PTAR.



Fotografía No. 5 Vista hacia el sur de la PTAR; previo al inicio de la construcción de la segunda etapa.

Fotografías después de la Modernización de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del municipio de Capulhuac



Fotografía 6. Biofiltro del segundo módulo de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Capulhuac



Fotografía 7. Se observa que la cobertura del predio, en la parte sur oriental, dominada por pastos y herbáceas.



Fotografía 8. Vista del espesador de lodos del segundo módulo.



Fotografía 9. Vista superior del biofiltro del segundo módulo.



Fotografía 10. Se observa la comunidad arbórea que se encuentra en el perímetro del predio.



Fotografía 11. Se observa la comunidad asociada al canal de agua.



Fotografía 12. Vista del espesador de lodos del primer modulo.



Fotografía 13. Canal Parshall y tanque de contacto de cloro del primer módulo.



Fotografía 14. Tablero de control



Fotografía 15. Área de dosificación de polímero y filtro para desaguado de lodos



Fotografía 16. Área de almacenamiento de cloro



Fotografía 17. Vista de los tanques de cloro



Fotografía 18. Vista del puente utilizado para la entrada de maquinaria y equipo para la construcción del segundo módulo.



Fotografía 19. Puente de acceso para la recolección de biosólidos.



Fotografía 20. Acceso principal a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Capulhuac