

I. ANTECEDENTES.

1.1 ELEMENTOS QUE INTEGRAN UN SISTEMA DE AGUAS RESIDUALES

Dependiendo de el uso que se le dé al sistema de aguas residuales. Se ubican dos tipos de éstos sistemas.

Alcantarillado sanitario, cuyos componentes son:

- ✓ Colectores terciarios: Son tuberías de pequeño diámetro (150 a 250 mm de diámetro interno, que pueden estar colocados debajo de las veredas, a los cuales se conectan las acometidas domiciliarias;
- ✓ Colectores secundarios: Son las tuberías que recogen las aguas de los terciarios y los conducen a los colectores principales. Se sitúan enterradas, en las vías públicas.
- ✓ Colectores principales: Son tuberías de gran diámetro, situadas generalmente en las partes más bajas de las ciudades, y transportan las aguas servidas hasta su destino final.
- ✓ Pozos de inspección: Son cámaras verticales que permiten el acceso a los colectores, para facilitar su mantenimiento. (Ver figura 1.1.1)



FIGURA 1.1.1 SISTEMA DE AGUAS RESIDUALES

Conexiones domiciliarias: Son pequeñas cámaras, de hormigón, ladrillo o plástico que conectan el alcantarillado privado, interior a la propiedad, con el público, en las vías. (Ver figura 1.1.2)

- ✓ Estaciones de bombeo: Como la red de alcantarillado trabaja por gravedad, para funcionar correctamente las tuberías deben tener una cierta pendiente, calculada para garantizar al agua una velocidad mínima que no permita la sedimentación de los materiales sólidos transportados. En ciudades con topografía plana, los colectores pueden llegar a tener profundidades superiores a 4 - 6 m, lo que hace difícil y costosa su construcción y complicado su mantenimiento. En estos casos puede ser conveniente intercalar en la red estaciones de bombeo, que permiten elevar el agua servida a una cota próxima a la cota de la vía.

- ✓ Líneas de impulsión: Tubería en presión que se inicia en una estación de bombeo y se concluye en otro colector o en la estación de tratamiento.
- ✓ Estación de tratamiento de las aguas usadas o Estación Depuradora de Aguas Residuales (EDAR): Existen varios tipos de estaciones de tratamiento, que por la calidad del agua a la salida de la misma se clasifican en: estaciones de tratamiento primario, secundario o terciario.



FIGURA 1.1.2. ELEMENTOS DE UN SISTEMA DE AGUAS RESIDUALES

- ✓ Vertido final de las aguas tratadas: el vertido final del agua tratada puede ser:
 - Llevada a un río o arroyo;
 - Vertida al mar en proximidad de la costa;
 - Vertida al mar mediante un emisario submarino, llevándola a varias centenas de metros de la costa;
 - Reutilizada para riego y otros menesteres apropiados.

Componentes de una red de **alcantarillado pluvial**:

- ✓ Cunetas: Las cunetas recogen y concentran las aguas pluviales de las vías y de los terrenos colindantes.
- ✓ Bocas de tormenta (imbornales o tragantes): Son estructuras verticales que permiten la entrada del agua de lluvia a los colectores, reteniendo parte importante del material sólido transportado.
- ✓ Colectores secundarios: Son las tuberías que recogen las aguas de lluvia desde las bocas de tormenta (imbornales o tragantes) y las conducen a los colectores principales. Se sitúan enterradas, bajo las vías públicas.
- ✓ Colectores principales: Son tuberías de gran diámetro, conductos de sección rectangular o canales abiertos, situados generalmente en las partes más bajas de las ciudades, y transportan las aguas servidas hasta su destino final.
- ✓ Pozos de inspección (de registro, cámaras de inspección): Son cámaras verticales que permiten el acceso a los colectores, para facilitar su mantenimiento.

- ✓ Arcas de expansión o pozos de tormentas: Estas estructuras se utilizan en ciertos casos, donde es necesario laminar las avenidas producidas, generalmente, por grandes tormentas, allí donde no son raras.
- ✓ Vertido final de las aguas de lluvia: Son estructuras destinadas a evitar la erosión en los puntos en que las aguas de lluvia recogidas se vierten en cauces naturales de ríos, arroyos o mares.

1.2 IMPORTANCIA DEL SISTEMA DE AGUAS RESIDUALES.

1.2.1. DEFINICIÓN DE AGUAS RESIDUALES.

AGUA RESIDUAL: Aquella que procede de haber utilizado un agua natural, o de la red, en un uso determinado. Las A.R. cuando se desaguan se denominan VERTIDOS y éstos pueden clasificarse en función:

- Del uso prioritario u origen.
- De su contenido en determinados contaminantes.

TIPOS DE AGUAS RESIDUALES.

A continuación se va a realizar una descripción de los principales tipos de A.R.

- **AGUAS RESIDUALES URBANAS.**

Procedencia de la contaminación en los núcleos urbanos:

- ✓ Servicios domésticos y públicos.
- ✓ Limpieza de locales
- ✓ Drenado de Aguas Pluviales

Tipos de contaminantes:

- ✓ Materia Orgánica (principalmente) en suspensión y disuelta
- ✓ N; P; NaCl y otras sales minerales
- ✓ Microcontaminantes procedentes de nuevos productos
- ✓ Las A.R. de lavado de calles arrastran principalmente materia sólida inorgánica en suspensión, además de otros productos (fenoles, plomo -escape vehículos motor-, insecticidas -jardines-...) (Figura1.2.1)

Características Físico-Químicas

La Temperatura de las A.R. oscila entre 10-20 °C (15 °C) · Además de las cargas contaminantes en Materias en suspensión y Materias Orgánicas, las A.R. contienen otros muchos compuestos como nutrientes (N y P), Cloruros, detergentes... cuyos valores orientativos de la carga por habitante y día son:

- ✓ N amoniacal: 3-10 gr/hab/d
- ✓ N total: 6.5-13 gr/hab/d
- ✓ P (PO43-) ; 4-8 gr/hab/d
- ✓ Detergentes : 7-12 gr/hab/d

En lugares donde existen trituradoras de residuos sólidos las A.R.(aguas residuales)Urbanas están mucho más cargadas (100 % más)



Figura 1.2.1 Aguas residuales

Características Biológicas.

En las A·R. van numerosos microorganismos., unos patógenos y otros no. Entre los primeros cabe destacar los virus de la Hepatitis. Por ej. en 1 gr. de heces de un enfermo existen entre 10-106 dosis infecciosas del virus de la hepatitis.

El tracto intestinal del hombre contiene numerosas bacterias conocidas como Organismos COLIFORMES. Cada individuo evacua de 10⁵-4x10⁵ millones de coliformes por día, que aunque no son dañinos, se utilizan como indicadores de contaminación debido a que su presencia indica la posibilidad de que existan gérmenes patógenos de más difícil detección.

Las A.R.Urbanas contienen: 10⁶ colif. totales / 100 ml

- **AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES.**

Son las que proceden de cualquier taller o negocio en cuyo proceso de producción, transformación o manipulación se utilice el agua, incluyéndose los líquidos residuales, aguas de proceso y aguas de refrigeración. En la figura 1.2.2 se aprecia el tipo de descarga mencionado.



Figura 1.2.2. Descargas Industriales

Líquidos Residuales: Los que se derivan de la fabricación de productos, siendo principalmente disoluciones de productos químicos tales como lejías negras, los baños de curtido de pieles, las melazas de la producción de azúcar, los alpechines...

Se debe intentar la recuperación de subproductos A.R. de Proceso: Se originan en la utilización del agua como medio de transporte, lavado, refrigeración directa... y que puede contaminarse con los productos de fabricación o incluso de los líquidos residuales. Generalmente su contaminación es <10% de la de los líquidos residuales aunque su volumen es 10-50 veces mayor.

Aguas de Refrigeración Indirecta: No han entrado en contacto con los productos y por tanto la única contaminación que arrastran es su temperatura.

Ahora bien, hoy día hay que considerar también la existencia de productos que evitan problemas de explotación (estabilizantes contra las incrustaciones y corrosiones, algicidas...) que pueden ser contaminantes.

Tipos de Vertidos Industriales.

i) Continuos: Proviene de procesos en los que existe una entrada y una salida continua de agua (Procesos de Transporte, lavado, refrigeración...)

ii) Discontinuos: Proceden de operaciones intermedias. Son los más contaminados (Baños de decapado, baños de curtidos, lejías negras, emulsiones...)

Al aumentar el tamaño de la industria, algunos vertidos discontinuos pueden convertirse en continuos.

Clasificación de las Industrias según sus Vertidos.

Se clasifican en 5 grupos de acuerdo con los contaminantes específicos que arrastran las A.R.:

INDUSTRIAS CON EFLUENTES PRINCIPALMENTE ORGÁNICOS

- ✓ Papeleras
- ✓ Azucareras

- ✓ Mataderos
- ✓ Curtidos
- ✓ Conservas (vegetales, carnes, pescado...)
- ✓ Lecherías y subproductos [leche en polvo, mantequilla, queso...]
- ✓ Fermentación (fabricación de alcoholes,levaduras...)
- ✓ Preparación de productos alimenticios (aceites y otros)
- ✓ Bebidas
- ✓ Lavanderías

INDUSTRIAS CON EFLUENTES ORGÁNICOS E INORGÁNICOS

- ✓ Refinerías y Petroquímicas
- ✓ Coquerías (de *coque*: Combustible sólido, ligero y poroso que resulta de calcinar ciertas clases de carbón mineral.)
- ✓ Textiles
- ✓ Fabricación de productos químicos, varios

INDUSTRIAS CON EFLUENTES PRINCIPALMENTE INORGÁNICOS

- ✓ Limpieza y recubrimiento de metales
- ✓ Explotaciones mineras y salinas
- ✓ Fabricación de productos químicos, inorgánicos.

INDUSTRIAS CON EFLUENTES CON MATERIAS EN SUSPENSIÓN

- ✓ Lavaderos de mineral y carbón
- ✓ Corte y pulido de mármol y otros minerales
- ✓ Laminación en caliente y colada continua.

INDUSTRIAS CON EFLUENTES DE REFRIGERACIÓN

- ✓ Centrales térmicas
- ✓ Centrales nucleares

Contaminación Característica de la Industria.

Cada actividad industrial aporta una contaminación determinada por lo que es conveniente conocer el origen del vertido industrial para valorar su carga contaminante e incidencia en el medio receptor. Cuando se conoce el origen del vertido, el número de parámetros que definen la carga contaminante del mismo es reducido.

CONTAMINACIÓN POR TIPO DE INDUSTRIA.

Aguas Residuales de la Industria Papelera

- ✓ Color
- ✓ Materia en suspensión y decantable

- ✓ DBO5 u otra que nos defina la materia orgánica
- ✓ En algunos casos (muy pocos) el pH -

Industria Lechera

- ✓ DBO5 u otra determinación que nos defina la materia orgánica

Industria del Curtido

- ✓ Alcalinidad
- ✓ Materia en suspensión y decantable
- ✓ DBO5 u otra que nos defina la materia orgánica
- ✓ Sulfuros
- ✓ Cromo

Refinerías

- ✓ Aceites
- ✓ DBO5 u otra que nos defina la materia orgánica
- ✓ Fenoles
- ✓ Amoniaco
- ✓ Sulfuros

Industrias de acabado de Metales

- ✓ pH
- ✓ Cianuros
- ✓ Metales, según el proceso de acabado

Lavaderos de mineral

a) Si son de hierro:

- ✓ Sólidos sedimentables
- ✓ Sólidos en suspensión después de decantación

b) Si son de otros materiales habrá que detectarlos así como a los productos tóxicos orgánicos que pueden emplearse como agentes humectantes o flotantes

Siderurgias Integral

- ✓ Fenoles
- ✓ Alquitrans
- ✓ Cianuros libres y complejos
- ✓ DBO5
- ✓ Sulfuros
- ✓ Materias en suspensión

- ✓ pH
- ✓ Hierro
- ✓ Aceites y grasas

Laminación en Caliente

- ✓ Aceites y grasas
- ✓ Sólidos en suspensión

Plantas de ácido Sulfúrico

- ✓ Ácidos
- ✓ Sólidos sedimentables

Arsénico, selenio y mercurio

Las aguas residuales son generadas por residencias, instituciones y locales comerciales e industriales. Éstas pueden ser tratadas dentro del sitio en el cual son generadas (por ejemplo: tanques sépticos u otros medios de depuración) o bien pueden ser recogidas y llevadas mediante una red de tuberías - y eventualmente bombas - a una planta de tratamiento municipal. Los esfuerzos para coleccionar y tratar las aguas residuales domésticas de la descarga están típicamente sujetas a regulaciones y estándares locales, estatales y federales (regulaciones y controles). A menudo ciertos contaminantes de origen industrial presentes en las aguas residuales requieren procesos de tratamiento especializado.

Típicamente, el tratamiento de aguas residuales comienza por la separación física inicial de sólidos grandes (basura) de la corriente de aguas domésticas o industriales empleando un sistema de rejillas (mallas), aunque también pueden ser triturados esos materiales por equipo especial; posteriormente se aplica un desarenado (separación de sólidos pequeños muy densos como la arena) seguido de una sedimentación primaria (o tratamiento similar) que separe los sólidos suspendidos existentes en el agua residual. A continuación sigue la conversión progresiva de la materia biológica disuelta en una masa biológica sólida usando bacterias adecuadas, generalmente presentes en estas aguas. Una vez que la masa biológica es separada o removida (proceso llamado sedimentación secundaria), el agua tratada puede experimentar procesos adicionales (tratamiento terciario) como desinfección, filtración, etc. Este efluente final puede ser descargado o reintroducidos de vuelta a un cuerpo de agua natural (corriente, río o bahía) u otro ambiente (terreno superficial, subsuelo, etc.). Los sólidos biológicos segregados experimentan un tratamiento y neutralización adicional antes de la descarga o reutilización apropiada.

Las aguas residuales son residuos líquidos provenientes de tocadores, baños, regaderas o duchas, cocinas, etc.; que son desechados a las alcantarillas o cloacas. En muchas áreas, las aguas residuales también incluyen algunas aguas sucias provenientes de industrias y comercios. La división del agua casera drenada en aguas grises y aguas negras es más común en el mundo desarrollado, el agua negra es la que procede de inodoros y orinales y el agua gris, procedente de

piletas y bañeras, puede ser usada en riego de plantas y reciclada en el uso de inodoros, donde se transforma en agua negra. Muchas aguas residuales también incluyen aguas superficiales procedentes de las lluvias. Las aguas residuales municipales contienen descargas residenciales, comerciales e industriales, y pueden incluir el aporte de precipitaciones pluviales cuando se usa tuberías de uso mixto pluvial - residuales.



Figura 1.2.3. Construcción Sistemas de aguas residuales

Los sistemas de alcantarillado que transportan descargas de aguas sucias y aguas de precipitación conjuntamente son llamados sistemas de alcantarillas combinado. La práctica de construcción de sistemas de alcantarillas combinadas es actualmente menos común en los Estados Unidos y Canadá que en el pasado, y se acepta menos dentro de las regulaciones del Reino Unido y otros países europeos, así como en otros países como Argentina. Sin embargo, el agua sucia y agua de lluvia son colectadas y transportadas en sistemas de alcantarillas separadas, llamados alcantarillas sanitarias y alcantarillas de tormenta de los Estados Unidos, y “alcantarillas fétidas” y “alcantarillas de agua superficial” en Reino Unido, o cloacas y conductos pluviales en otros países europeos. El agua de lluvia puede arrastrar, a través de los techos y la superficie de la tierra, varios contaminantes incluyendo partículas del suelo, metales pesados, compuestos orgánicos, basura animal, aceites y grasa. Algunas jurisdicciones requieren que el agua de lluvia reciba algunos niveles de tratamiento antes de ser descargada al ambiente. Ejemplos de procesos de tratamientos para el agua de lluvia incluyen tanques de sedimentación, humedales y separadores de vórtice (para remover sólidos gruesos).

Para el caso de la Zona Metropolitana del Valle de México, el sistema de drenaje comienza a nivel de red secundaria, que puede ser definida por las tuberías de diámetros menores de 60 cm que recolectan los escurrimientos por las calles, para descargar aguas abajo a sistemas de colectores primarios, que pueden ser definidos como las tuberías con diámetros de 60 cm y mayores, que dan servicio a varias colonias o toda un área urbana. Los sitios de descarga final de las redes primarias son al sistema principal de drenaje de la ZMCM, siendo en la mayoría de los casos por medio de bombeo, debido a los fuertes hundimientos que se presentan en el Valle de México.

La necesidad de contar con un sistema de drenaje en condiciones favorables de operación, radica en las dimensiones de los conductos y del área drenada, de tal forma que una falla en la red

secundaria provocará problemas locales en calles (encharcamientos), la falta de capacidad o una política de operación errónea en colectores primarios presentará desbordamientos de mayor consideración en colonias (inundaciones de horas), mientras que una falla en cualquiera de los dos aspectos anteriores (capacidad y operación) del sistema principal de drenaje dará como resultado inundaciones de horas o hasta días en áreas extensas, causando daños que podrían cobrar vidas humanas.

Existen estructuras, como derivaciones y plantas de bombeo, cuya operación debe estudiarse regularmente, para proponer las obras de mantenimiento y la mejor forma de operación, con base en registros de niveles y gastos disponibles, así como experiencias anteriores y el conocimiento de las nuevas áreas de aportación que reciben.

Por lo anterior, es necesario regularmente realizar estudios del sistema de drenaje para identificar posibles problemas para el drenado de tormentas, partiendo de la premisa que para lograr el drenado eficaz de las áreas urbanas de la ZMCM, el sistema principal de drenaje debe contar con capacidad y políticas de operación que no provoquen daños aguas arriba, seguido de las redes primarias de colectores y por último las redes secundarias.

1.3 PROBLEMÁTICA ACTUAL DEL DRENAJE DE LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO.

Problemática en materia de drenaje y saneamiento

- ✓ Infraestructura insuficiente, obsoleta y con escaso mantenimiento.
- ✓ El Gran Canal del Desagüe, uno de los componentes principales del sistema, funciona en forma deficiente debido a los hundimientos prevalecientes. (Figuras 1.3.1 y 1.3.2)
- ✓ Riesgo constante de inundaciones catastróficas con aguas negras en diferentes sitios de la Zona Metropolitana, principalmente en la zona oriente



FIGURA 1.3.1. PENDIENTE DEL GRAN CANAL EN EL AÑO 1910



FIGURA 1.3.2 PENDIENTE DEL GRAN CANAL A PARTIR DEL AÑO 2002

1.4 PROYECTOS IDENTIFICADOS PARA EFICIENTAR EL DESALOJO DE LAS AGUAS RESIDUALES EN LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO.

✓ ACCIONES INMEDIATAS

Para atender el problema anterior se han realizado, por parte del SACM y de CNA diversas actividades tendientes a recuperar el control de las descargas al Drenaje Profundo y la capacidad de la red superficial de drenaje mediante la rehabilitación de captaciones, mantenimiento a las plantas de bombeo superficiales, revisión y rehabilitación de las presas del poniente, entre otras acciones.

En forma simultánea, el Fideicomiso 1928 en coordinación con la Comisión Nacional del Agua y con los gobiernos del Distrito Federal y del Estado de México, a principios del año 2007 instrumentaron un programa de emergencia para permitir inspeccionar y reparar el Sistema de Drenaje Profundo. Este programa incluyó la construcción de cuatro plantas de bombeo:

1. PB Gran Canal Km. 11+600,
2. PB Superficial Casa Colorada,
3. PB Canal de Sales y
4. PB Vaso del Cristo;

La primera permitirá mejorar la conducción de las aguas residuales a través del Gran Canal, los cuales actualmente son derivadas por la Obra de Toma de este último. La segunda planta tiene como objeto mejorar las condiciones de descarga del río Churubusco en la zona de Texcoco y su sistema de drenaje; la tercera planta tiene la función de aliviar el Dren General del Valle a través del Canal de Desfogue que descarga al Gran Canal del Desagüe a la altura del Km 20+000. Finalmente, la cuarta planta tiene la función de reducir las descargas hacia el río de los Remedios y conducir las al Emisor del Poniente, evitando su almacenamiento prolongado en el Vaso del Cristo. Los grandes drenes de la ciudad, otrora ríos, que cruzan ésta en el sentido poniente-oriente tales como los ríos de los Remedios, Tlalnepantla, Consulado; río de la Piedad y sus afluentes, Becerra, Tacubaya, etc.; río Churubusco y sus afluentes, San Angel, Mixcoac, Magdalena, etc. y río San Buenaventura, prácticamente han desaparecido como corrientes superficiales y en su lugar se han construido conductos cerrados que también han sido afectados por los hundimientos regionales y

locales del subsuelo, reduciendo su capacidad de conducción y evacuación de las redes primarias que vierten a ellos por gravedad y/o bombeo a través de grandes plantas.

Las lagunas y vasos de regulación existentes en la parte plana de la ZMVM así como las redes primarias de drenaje superficial, también se han visto afectadas por los hundimientos locales y regionales por lo que se ha reducido su capacidad de desalojo, afectando también a las redes secundarias, con lo que se incrementa la cantidad de zonas bajas susceptibles de inundarse.

A la fecha, se han concluido las obras emergentes antes referidas y con ello se pudo inspeccionar el Sistema de Drenaje Profundo y llevar a cabo en el estiaje pasado, una primera etapa de los trabajos de mantenimiento y rehabilitación del Emisor Central. Estos trabajos se pretenden continuarlos en el próximo estiaje, a principios del mes de octubre de 2008, y extenderlos a los interceptores.

✓ ACCIONES FUTURAS

En virtud de que las obras de emergencia construidas tienen una vida útil reducida debido a su ubicación y concepción original de considerarse como provisionales, en tanto se construye infraestructura complementaria, sobre todo el nuevo Túnel Emisor del Oriente y otra infraestructura importante de bombeo, surge la inquietud de que, mientras no se cuente con dicha infraestructura ¿cómo va a evolucionar el funcionamiento hidráulico de las obras emergentes ya construidas así como el de la infraestructura principal de drenaje existente, ante el fenómeno de los hundimientos?.

Asimismo, para las acciones a futuro, concretamente para la construcción del Túnel Emisor Oriente (TEO), es necesario identificar los sitios y características hidráulicas y geométricas para las obras de captación de las aguas residuales y de lluvia de los municipios del Estado de México al norte y oriente de la Zona Metropolitana del Valle de México que requieran ser incorporadas a dicho túnel.

De acuerdo a lo expuesto, el Fideicomiso 1928 ha considerado de especial importancia llevar a cabo un estudio integral del funcionamiento y de prospección de la infraestructura primaria de drenaje, el cual permita dar respuesta al funcionamiento hidráulico actual y futuro que tendrá cada componente principal, de tal manera que se identifiquen aquellas acciones y obras de captación al nuevo Túnel Emisor Oriente, para optimizar el uso de la nueva infraestructura y mantener, tanto la existente como la nueva, en condiciones óptimas de operación.

En tanto se construye nueva infraestructura, se estudiarán y propondrán esquemas de solución que permitan conservar, de ser posible, la capacidad de evacuación de lo existente, ya que ésta, seguramente se seguirá afectando por el crecimiento urbano y poblacional así como por los hundimientos que tienen lugar en la mayor parte de la ZMVM.

Planta de tratamiento de aguas residuales Atotonilco

El Túnel Emisor Oriente no sólo duplicará la capacidad de drenaje de la Cuenca del Valle de México, sino que conducirá las aguas residuales a la planta de tratamiento más grande del país que se va a construir en Atotonilco de Tula, Hidalgo, con capacidad para tratar 23 metros cúbicos por segundo.

En todas las ciudades importantes de los países desarrollados, el nivel de tratamiento de las aguas residuales es superior al 90%, mientras que en el Valle de México sólo se trata el 6%.

Por ello, después de un siglo de verter más de 725 millones de metros cúbicos anuales de aguas negras en Hidalgo, con una carga contaminante por año de más de 180 mil toneladas de sólidos suspendidos totales (SST) y otra cantidad igual de demanda bioquímica de oxígeno (DBO5), se construirá esta planta, la cual es la mayor de un conjunto de otras cinco: Guadalupe (0.5 m³/s), Berriozábal (2 m³/s), El Cristo (4 m³/s), Zumpango (4 m³/s) y Nextlalpan (9 m³/s).

La localización de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) obedece a que las aguas negras del Valle de México descargan en Atotonilco de Tula, además de que será factible que los distritos de riego de la región aprovechen las aguas tratadas que hoy utilizan sin tratamiento.

Esta obra será de gran beneficio para los hidalguenses, ya que mejorará las condiciones sanitarias de la población y permitirá utilizar agua tratada en la agricultura conservando los nutrientes de las aguas residuales y eliminando los contaminantes, además de facilitar la tecnificación de los sistemas de riego y la producción de cultivos de mayor valor agregado.



FIGURA 1.4.1. PREDIO EN QUE SE UBICARÁ LA PTAR ATOTONILCO