



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN

**“SISTEMAS SATELITALES DE TRATAMIENTO DE
AGUA RESIDUAL: UNA APLICACIÓN EN LA FES
ARAGÓN”**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO CIVIL

P R E S E N T A:

IRVING ROJAS RIVERA

ASESORA: M. EN C. MARJORIE MÁRQUEZ
VÁZQUEZ

MÉXICO

2014



FES Aragón



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

A mi familia que los quiero mucho más de lo que se imaginan.

A la Maestra Marjorie, quien estuvo en este viaje conmigo.

AGRADECIMIENTOS

Gracias Teresa Rivera que has hecho hasta lo imposible por que sea una persona de bien, por la excelente educación que me ha dado, por el apoyo y el cariño, y sobre todo por enseñarme a ser fuerte cada día; a Senén Rojas, que también has hecho un buen trabajo como papá y que te has esforzado para que yo sea alguien en la vida, a los dos gracias por todo.

A mis hermanos Israel Rojas y Anayansi Rojas porque a pesar de todo siempre hemos estado juntos, por enseñarme cosas cada uno a su manera, y porque este logro también es de ustedes. A mi cuñado Miguel Rodríguez, por sacarme de problemas de Ingeniería cuando más confundido estaba, gracias eres una de las personas más inteligentes que conozco y un excelente ingeniero. Y claro está a ese niño que cada día me sorprende más con su manera de ser, pensar y actuar, aunque digas que siempre estoy enojado te quiero mucho Derek.

Gracias a mi asesora la M. en C. Marjorie Márquez Vázquez, no solo por el apoyo en este trabajo y por confiar en mí, sino porque me ha enseñado mucho de la carrera, educación y sobre todo de la vida, gracias por escuchar mis novelas y aunque a veces me quiere lejos y a veces cerca, la respeto admiro y la considero una de las personas más importantes en mi vida.

Al M. en C. Sergio Alfonso Martínez González, por apoyarme cuando lo necesitaba y por aportar ideas para este proyecto.

A Laura Fonseca que siempre has confiado en mí y me apoyas en todo lo que quiero hacer y no dudas de mis capacidades intelectuales sabes que te quiero mucho, a Marycarmen Godínez y Cinthia Villena que me enseñaron a disfrutar de las cosas siempre con responsabilidad, me la pase muy bien con ustedes, Jocelyn Mendoza gracias por ayudarme cuando lo necesito y aunque tenemos diferencias las superamos porque sabemos que ante todo somos amigos, claro está a Marycarmen Almaraz que nos separaban los turnos pero no fue impedimento para divertirme contigo, a mis amigos Benito Beltrán y Martín Benítez que aunque están más locos de lo normal siempre me sacan una sonrisa, a Omar Juárez que me divierte con tu forma de ver la vida y tu manera de regañarme hasta para comer y Lupe que llegaste al final y te nos uniste para divertirnos con tu humor, forma de pensar y demás.

También quiero agradecer a las personas del servicio social, Beto Osorio y Efrén Hinostraza que fueron los que más me apoyaron a pesar del olor de las aguas residuales y también me enseñaron nudos, aunque creo no los aprendí bien, y especialmente a Rafael Vences Chora que aunque te molestaba mucho, siempre te consideré mi amigo, la vida nos separó pero siempre te llevare en mi mente.

A la UNAM por darme la oportunidad de cumplir un sueño de mi niñez “Ser Puma” y por darme un lugar en la FES Aragón, donde fue difícil adaptarme, mi corazón siempre le pertenecerá a este campus donde aprendí lo hermosa que es la carrera de Ingeniera Civil en especial la Ingeniería Sanitaria.

Y finalmente pero no menos importante a Dios por darme la vida, y permitirme experimentar cada día una nueva aventura, por ponerme retos que son difíciles de superar pero me ha dado la fuerza para salir de ellos; y a San Judas Tadeo, por ayudarme cuando lo necesitaba.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO 1. SISTEMAS SATELITALES DE TRATAMIENTO DE AGUA

RESIDUAL..... 1

1.1 Sistemas Descentralizados de Tratamiento de Agua Residual 2

1.1.2. Implementación..... 4

1.1.3. Ventajas y Desventajas de los Sistemas Descentralizados 5

1.1.4. Alternativas de la Descentralización 8

1.1.4.1 Tanques Sépticos..... 8

1.1.4.2 Humedales 10

1.1.4.2.1 Clasificación de los HA 16

1.1.4.2.2 Elementos de un Humedal Artificial 20

CAPÍTULO 2. SITUACIÓN DEL SUMINISTRO, ABASTECIMIENTO DE AGUA

POTABLE Y TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES 26

2.1 Sistema de Agua Potable..... 27

2.1.2 Situación del Suministro y Abastecimiento de Agua Potable en México 33

2.1.3 Servicios de Agua Potable 35

2.2 Alcantarillado 41

2.3 Tratamiento de Aguas Residuales 43

CAPÍTULO 3. CONDICIONES DEL USO Y MANEJO DEL AGUA EN LA FES ARAGÓN 48

3.1 Aspectos Ambientales 48

3.1.2 Medio Físico y Sociocultural de la FES Aragón 53

3.1.3 Uso y Manejo del Agua en la FES Aragón..... 56

3.1.3.1 Grupo de Medición 57

3.1.3.2 Grupo de Cultura del Agua..... 60

3.1.3.3 Grupo de Geomática 63

3.1.3.4 Grupo de Calidad del Agua 64

3.1.3.5 Grupo de Rehabilitación de Plazas y Jardines 65

3.1.3.6 Grupo de Agua Pluvial	66
3.1.3.7. Diseño de red de agua potable FES Aragón	67
3.1.3.7.1. Problemática de la red de distribución	69
3.1.3.7.2. Propuestas.....	70
3.1.3.8. Proyecto de reforestación experimental	71
3.1.3.9 Recicle de agua	73
CAPÍTULO 4. DISEÑO DE UN SISTEMA SATELITAL DE TRATAMIENTO EN FES ARAGÓN	77
4.1 Determinación de Caudales de Agua Residual y Caracterización.....	77
4.1.2 Tren de Tratamiento del Sistema Satelital.....	79
4.1.3. Conexión del Pozo de Vista al Cárcamo de Bombeo	81
4.1.4. Cárcamo de Bombeo	81
4.1.4.1 Consideraciones Para la Selección de un Cárcamo de Bombeo.....	83
4.1.4.2 Construcción.....	84
4.1.4.3 Ubicación	85
4.1.5. Diseño de la Fosa Séptica	85
4.1.6 Humedal Escala Banco de Laboratorio	92
4.1.7 Diseño del H.A.F.S	96
4.1.8 Diseño de un Tanque de Almacenamiento.....	103
4.1.9 Desinfección-Cloración	104
4.1.10 Sistemas de Riego por Goteo	109
4.1.10.1 Componentes de un Sistema de Riego.....	111
4.1.10.2 Tipos de Riego Localizado	115
4.1.10.3 Ventajas y Limitaciones.....	119
CAPÍTULO 5. . CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	121
5.1 Calidad del Agua y Caudales.....	121
5.1.2 Componentes del Tren de Tratamiento	121
CAPÍTULO 6. REFERENCIAS	124
ANEXOS.....	132

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura. 1.1. Sistemas descentralizados en una vivienda	3
Figura.1.2. Corte longitudinal de un Tanque Séptico	8
Figura 1.3 Fosa séptica típica	9
Figura.1.4. Humedal Natural	11
Figura.1.5. Corte longitudinal de un humedal flujo horizontal.....	12
Figura. 1.6. Humedal Artificial	13
Figura. 1.7. Corte longitudinal de un humedal flujo superficial.	17
Figura. 1.8. Corte longitudinal de un humedal flujo subsuperficial.	18
Figura. 1.9. Humedal flujo subsuperficial vertical.	19
Figura. 1.10. Humedal flujo subsuperficial vertical.	20
Figura. 2.1. Ciclo hidrológico.....	28
Figura. 2.2. Obras de captación.....	30
Figura. 2.3. Mapa de la cobertura en el país de agua potable	36
Figura. 2.4. Croquis de las líneas de conducción del sistema Cutzamala	39
Figura 2.5. Análisis del contenido de cloro in situ.....	40
Figura 2. 6. Entrega de gotas de plata coloidal.....	41
Figura. 2.7. Mapa de la cobertura en el país de alcantarillado	42
Figura 2.8. Monitores de la calidad de agua de la PTAR “Jorge Ayanegui Suárez”	46
Figura 2.9. Visita a la PTAR “Jorge Ayanegui Suárez”	47
Figura. 3.1. Mapa de la FES Aragón.....	54
Figura. 3.2. Tipo de medidores instalados en la FES Aragón.....	58
Figura. 3.3. Cisterna de Mantenimiento	59
Figura. 3.4. Cisterna del Centro Tecnológico	59
Figura. 3.5. Conferencia “El Cambio climático y el futuro del agua en México”	60
Figura. 3.6. Concurso de mural “Aguas con el Agua”	61
Figura 3.7 Cartel de la convocatoria para el concurso de cortometrajes.....	61
Figura. 3.8. Ejemplo de los resultados de la encuesta aplicada a los alumnos de la FES	62

Figura 3.9. Gaceta Fes Aragón.....	65
Figura. 3.10. Superficie de las áreas a aprovechar	66
Figura. 3.11. Precipitación total anual.....	66
Figura. 3.12. Zonas de captación de agua de lluvia	68
Figura. 3.13. Riego a los arboles trasplantados	73
Figura. 3.14. Vista del Dr. José Narro Robles al invernadero Miztli.....	73
Figura. 3.15. Recorrido del colector principal	76
Figura. 3.16. Análisis al pozo	76
Figura 4.1. Análisis de la muestra de agua residual	79
Figura 4.2. Tren de tratamiento de humedal propuesto.....	80
Figura 4.3. Fosa séptica de dos compartimentos	86
Figura 4.4. Excavación de la zanja para el humedal	92
Figura 4.5. Interior del tanque de sedimentación.....	93
Figura 4.6. Vista final del humedal escala banco de laboratorio.....	94
Figura 4.7. Localización del pozo.....	95
Figura 4.8. Toma de agua residual cruda para tratamiento	95
Figura 4.9. Comparación del afluente y el efluente.....	96
Figura 4.10. Sección de riego y unidad de control autónoma.....	113
Figura 4.11. Sección de riego y unidad de control autónoma.....	114
Figura 4.12. Componentes de un sistema de riego por goteo.....	116
Figura 4.13. Riego por microaspersión.....	118

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Fuentes de abastecimiento de la Ciudad de México.(GDF,2013)	37
Tabla 2.1. Fuentes de abastecimiento de la Ciudad de México. (cont.)	38
Tabla 2.2 Descargas municipales y no municipales 2010	45
Tabla 4.1. Caracterización del agua residual proveniente del pozo 35 de la red de alcantarillado de la FES Aragón	77
Tabla 4.1. Caracterización del agua residual proveniente del pozo 35 de la red de alcantarillado de la FES Aragón (Cont.)	78
Tabla 4.2. Clasificación de los cárcamos de bombeo según su capacidad y método constructivo utilizado	82
Tabla 4.3. Volumen requerido para un tanque séptico que sirve a una vivienda	87
Tabla 4.4. Valores de parámetros recomendados en el diseño de fosas sépticas.....	88
Tabla 4.5. Valores del humedal artificial diseñado para el edificio A-5	103
Tabla 4.6. Vida útil de sistema de riego localizado	118
Tabla 4.7. Ventajas de los principales sistemas localizados	119
Tabla 4.8. Ventajas de los principales sistemas localizados.....	120

INTRODUCCIÓN

En la actualidad el problema de la escasez de agua está incrementándose a una velocidad constante en todo el planeta, a pesar de que varios países se encuentran implementando diversas tecnologías para reducir su uso, todo este esfuerzo aún no es suficiente, debido a que se continúa empleando el agua potable en actividades como el riego de áreas verdes o para la limpieza de áreas comunes en unidades habitacionales, universidades, edificios gubernamentales, etc., dejando a un lado la reutilización de ésta; existen eco tecnologías para el tratamiento de aguas residuales como los humedales artificiales, filtros, lagunas, etc., de bajo costo de operación y mantenimiento, sin embargo en México, a pesar de su implementación, todavía no se trata el 100% de las aguas residuales y algunas tecnologías están en fase de investigación.

Una de las eco tecnologías que se están llevando a cabo alrededor del mundo son los sistemas satelitales basados en humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales en pequeñas comunidades o rurales, puesto que éstas no cuentan con lo suficientes recursos y algunas con el lugar y o el caudal necesario para una planta de tratamiento de aguas residuales, estos sistemas no generan malos olores y colaboran con la imagen paisajista de la zona donde se instalan debido a las plantas utilizadas, ya que pueden ser de carácter ornamental, son muy eficientes y producen una calidad de agua para su uso en riego.

En este trabajo, se plantea la implementación de un sistema satelital dentro de la FES Aragón, su diseño, ubicación y los aspectos que se tomaron en cuenta teniendo como ante proyecto los humedales a escala banco de laboratorio que se tienen en las instalaciones del Centro Tecnológico, así como los datos que se obtuvieron a partir del diseño y construcción de un humedal artificial en escala ubicado en el jardín de dicho centro.

El capítulo uno aborda la información general sobre los Sistemas Satelitales de Tratamiento de aguas residuales, su implementación en algunos países, ventajas y desventajas. Algunos de ellos emplean eco tecnologías; dado que el sistema propuesto para la FES Aragón ocupará

componentes como las fosas sépticas y los humedales artificiales, se explican sus principales características y clasificación.

Como se mencionó anteriormente, México aún es nuevo en estas tecnologías, por lo que en el segundo capítulo se describe la situación actual del manejo del agua en el país abarcando no sólo a los sistemas de abastecimiento, usos y demandas, sino también el tratamiento típico que reciben y su destino final.

Para poder decidir la eco tecnología adecuada para el campus, fue necesario evaluar aspectos como la demanda de agua y los usos que tiene, le eficiencia y la cultura que existe dentro del plantel; a partir de esto definir el tratamiento, lo anterior se expone dentro del tercer capítulo.

En el cuarto capítulo, se habla sobre el tren de tratamiento propuesto para la FES Aragón, y el diseño final que éste contendrá, la ubicación y los datos obtenidos a partir del humedal artificial a escala banco de laboratorio que se realizó para este proyecto, también se dan los datos del proceso de construcción de este modelo.

Por último, en el capítulo de conclusiones y recomendaciones se señalan los puntos críticos durante el proceso del diseño, construcción, operación y mantenimiento de los sistemas satelitales que deben tenerse en consideración, también se añadió un apartado de anexos que contiene hojas de cálculo y esquemas de los procesos y operaciones de tratamiento.

SISTEMAS SATELITALES DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL

Muchos países en todo el mundo se enfrentan a problemas de escasez de agua y México no es la excepción. De acuerdo con el informe *Situación del Subsector Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Edición 2011 (CONAGUA)* y con la investigación del Instituto Nacional de Ecología (Sainz y Becerra, 2007) los principales problemas de escasez de agua en México son la sobre explotación de mantos acuíferos, la contaminación del agua, la poca red de alcantarillado y la distribución de agua potable, no solo en las zonas urbanas si no principalmente en las zonas rurales, además de la baja precipitación pluvial en regiones áridas y la no captación de ella en zonas de alta precipitación; todo esto también debido al incremento de población. Actualmente la mayoría de la población mundial vive en ciudades y el paisaje urbano sigue creciendo. La población urbana está aumentando más rápido que la capacidad de adaptación de su infraestructura.

En México, se reportó que en el período 1990-2010 la cobertura urbana de agua potable pasó de 89.4% a 95.4% y en alcantarillado de 79.0% a 96.3%, sin embargo, el constante crecimiento de la población urbana nacional pone en peligro estos resultados ya que se incrementó un 49%,. Con base en los resultados del XIII Censo de Población y Vivienda (INEGI 2010) y de acuerdo con los cierres de los programas de la CONAGUA, así como de otras dependencias federales cuyos programas inciden en el comportamiento de los niveles de cobertura de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento, a diciembre de 2010 se registró una cobertura nacional de agua potable y alcantarillado de 91.2% y 89.9%, respectivamente.

Los habitantes que viven en zonas suburbanas o en asentamientos irregulares de difícil acceso y de rápido proceso de expansión, son los que más sufren a causa de los efectos hidrometeorológicos o por la carencia del servicio de agua potable; representa un reto dotarlas de los servicios básicos, dado el alto costo que constituye el traer agua de lugares

Sistemas satelitales de tratamiento de agua residual: Una aplicación en la FES Aragón.

cada vez más apartados. Tan solo en el país existen 188 593 comunidades rurales, localidades con menos de 2 500 habitantes, en donde se ubica el 23% de la población nacional. En las zonas rurales, localidades menores a 2 500 habitantes, 20 millones de habitantes cuentan con el servicio. De 2005 a 2010 se incorporó al servicio a 3.1 millones de habitantes logrando una cobertura del 77.2%.

Estos problemas han ayudado a centrar la atención sobre la necesidad de reutilización del agua y para ello existen varias alternativas, como los sistemas convencionales de tratamiento de aguas residuales o centralizados que son los sistemas en los que se procura reunir el agua a través de red de alcantarillado y colectores principales para posteriormente tratarla en un sistema de gran escala. Pero para los pueblos y pequeñas comunidades se recomiendan los sistemas de tratamiento descentralizados. Un sistema descentralizado de manejo de las aguas residuales puede definirse como la recolección, tratamiento, y vertimiento o reutilización de las aguas residuales provenientes de hogares, industrias o comunidades existentes cerca del punto de generación de residuos. Dado que una red completa de alcantarillado no es posible para muchos habitantes, es claro que el manejo descentralizado de aguas residuales es de gran importancia para el manejo futuro del ambiente. Por tanto, el concepto de manejo descentralizado de aguas residuales merece el mismo grado de atención que hasta ahora estaba reservado para los sistemas convencionales de manejo centralizado. (Tchobanoglous, 2000). Estos sistemas incluyen entre muchos el manto de lodos anaerobios, tanques sépticos, lagunas de oxidación, humedales artificiales entre otros.

El agua y el tratamiento de las aguas residuales para su reciclaje son de importancia, por ello, a continuación se abordará el papel de las estrategias de satélite y descentralizados de gestión de recursos hídricos, las razones para el uso de dichos sistemas, las oportunidades para reutilizar el agua regenerada, los tipos de sistemas y varios estudios de caso que ilustran sus diversas aplicaciones.

1.1 SISTEMAS DESCENTRALIZADOS DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL

En un esfuerzo para lograr un agua urbana más sustentable al medio ambiente a través de la descentralización de las fuentes de agua, estos sistemas han cobrado importancia para los nuevos desarrollos urbanísticos (Sharma et al., 2012). La reutilización de aguas residuales del efluente tratado podría ser más prometedora, ya que no se ve obstaculizado por la

Sistemas satelitales de tratamiento de agua residual: Una aplicación en la FES Aragón.

disponibilidad temporal y espacial de las fuentes de agua de lluvia y aguas fluviales. Esto se consigue normalmente a través de la operación de un pequeño tratamiento descentralizado de aguas residuales que sirve a la zona particular, o el desarrollo urbano de interés. Por ejemplo, los tanques sépticos y zanjas de absorción se han utilizado en una escala descentralizada para el tratamiento de aguas residuales para cumplir con las obligaciones ambientales necesarias de descarga. En la figura 1.1 se muestra la forma de los sistemas descentralizados.

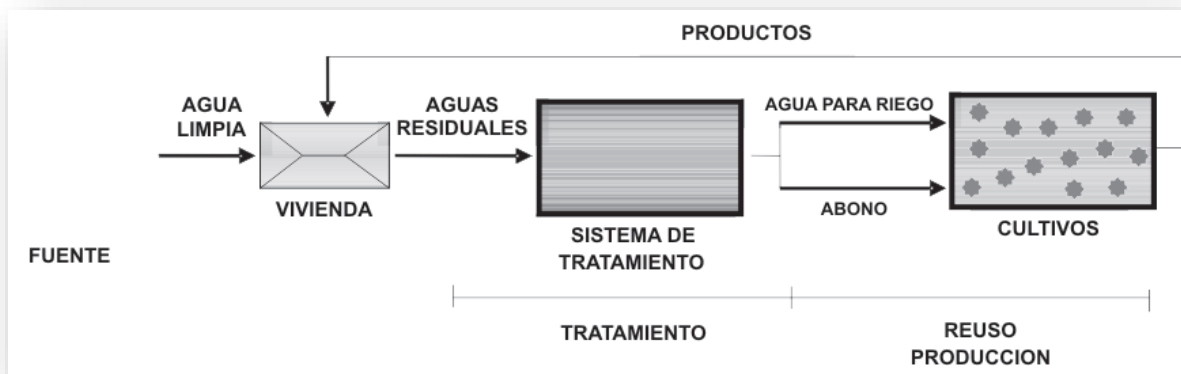


Figura. 1.1. Sistemas descentralizados en una vivienda.

Los Sistemas satelitales de tratamiento de aguas residuales, ubicados generalmente en las partes superiores del sistema de recolección de estas aguas, por lo general carecen de instalaciones de procesamiento de sólidos. Sólidos generados a partir de estas instalaciones son devueltos al sistema de colecta de procesamiento en una planta de tratamiento centralizado.

Además, como los límites de descarga de efluentes se vuelven más rigurosos, el efluente tratado es de una calidad que se puede utilizar directamente en una serie de aplicaciones de reutilización. Sin embargo, en muchos casos se necesita un tratamiento previo para poder reutilizar el agua, ya que en ocasiones se puede afectar la salud pública así como traer otros inconvenientes.

1.1.2 IMPLEMENTACIÓN

Mientras que las ciudades han continuado creciendo, también lo ha hecho la demanda de agua potable. En muchos lugares del mundo, los suministros de agua potable fácilmente disponibles (tanto superficial como subterránea) se han utilizado a sus límites sustentables, y más allá. Si las aguas negras fueran recuperadas y reutilizadas, proporcionarían una fuente de estabilidad sustentable de agua. El uso de las instalaciones descentralizadas para la recuperación de aguas residuales que puedan ser empleadas en una variedad de aplicaciones ayudaría a reducir la demanda de suministro de agua potable (Petros Gikas, George Tchobanoglous 2009).

Además de la obvia utilidad para la reutilización del agua, los sistemas de tratamiento de satélite también se pueden usar para reducir los flujos de aguas residuales de las instalaciones centralizadas, o como medio para eliminar o reducir las descargas a los cuerpos receptores de agua impactados.

Los sistemas descentralizados también pueden utilizarse para el tratamiento de las aguas residuales generadas en los campus de las universidades, o instalaciones comerciales aisladas, industriales y agrícolas. En todos los casos anteriores, el agua regenerada se utiliza normalmente en las proximidades de donde se generan las aguas residuales. Los sistemas descentralizados usualmente no están vinculados a una red de alcantarillado del sistema central de colecta y de una planta de tratamiento centralizada, sin embargo, en algunas ocasiones, pueden conectarse con una instalación centralizada. Las plantas descentralizadas de tratamiento se pueden ocupar para depurar las aguas residuales generadas a partir de una casa individual aislada a un conjunto de casas o a una subdivisión.

En algunos países del mundo estos sistemas ya se han implementado como en el caso de Egipto que aplicará humedales para tratar sus aguas municipales (Sohair I. , *et al.*, 2012.) o en China que se han hecho investigaciones sobre los sistemas descentralizados y se proponen tres tipos de métodos para zonas en particular (R. Chen y Wang X. C.2012) y con ello también tratar el agua de zonas municipales (Zhenhua Li 2012).Otro ejemplo es en

República Checa que cuenta con varios humedales dentro de ella para retirar del agua materia orgánica y otros contaminantes y que funcionan para conjuntos de 150 habitantes (Jiri D., *et al.*, 2008). En la ciudad de Brighton, Ontario se ha implementado esta técnica en 62 pantanos para mejorar la calidad de agua, lo importante es que ya han trabajado por 10 años en un clima moderadamente frío lo cual implica mayores retos. (Kadlec, R. H., *et al.*, 2012)

1.1.3 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS SISTEMAS DESCENTRALIZADOS

Para realizar el estudio entre dos alternativas de solución de tratamiento de agua residual , una compuesta por varias plantas y otra de una sola gran planta, se requiere revisar todos los aspectos técnicos, económicos, administrativos y ambientales para establecer la verdadera magnitud de los costos que implica tomar una u otra decisión. Ambas alternativas presentan sus ventajas pero también sus desventajas que se pueden traducir en costos económicos y sociales. Pensar en utilizar como único indicador la economía de escala, lo cual implica estimar el costo de tratamiento por unidad de volumen tratado, puede llevar hacia una decisión equivocada, es importante establecer un marco de referencia amplio para realizar el análisis financiero completo que permita seleccionar la mejor opción (Servín, C. A., *et al.*, 2012).

Para tratar el agua residual producida por una ciudad o comunidad se pueden plantear dos alternativas extremas, la primera recolectar todo el agua residual del conjunto para llevarla a tratar en una sola gran planta o bien utilizar varias plantas ubicadas estratégicamente para tratar el agua residual producida en cierto sector del conjunto. El principio de las economías de escala lleva a pensar que un Sistema Centralizado (SC), consistente de una gran planta, puede ser mejor opción para el tratamiento de las aguas residuales de un conjunto que un sistema basado en varias plantas pequeñas y que en este documento se definirá como Sistema Descentralizado (SD). Sin embargo, se requieren analizar otros aspectos además de la ventaja del tamaño o capacidad, para tener los elementos suficientes que permitan decidir entre ambas alternativas. Aspectos como: el sistema de recolección o captación de agua residual y sus costos agregados; la superficie requerida para la construcción de la planta; las características del agua residual que pueden variar de manera importante de una zona del conjunto a otro; o las alternativas para el reúso del agua tratada, son entre otros, parámetros que pueden influir de manera determinante para decidir entre la construcción de una gran

planta o concebir un sistema de varias plantas que en su conjunto ofrezcan el mismo caudal tratado. (Servín, C. A., *et al*, 2012).

La construcción de infraestructura para el desalojo en las zonas urbanas no se ha desarrollado a la par del tratamiento de las aguas residuales, por lo que actualmente las ciudades cuentan con sistemas de drenaje, pero pocas veces con las plantas para tratar el agua residual. De manera que cuando el organismo operador pretende construir la infraestructura de tratamiento debe evaluar sus costos inherentes, pero también los de conducción, y tomar en cuenta las bondades técnicas de cada alternativa. Sin embargo, en algunos casos se deberán considerar aspectos tales como la topografía, sobre la que se asienta la ciudad, la cual obliga a la existencia de varias descargas de la red de drenaje.

Independientemente de la aplicación o reutilización del agua, cierta infraestructura será necesaria con los sistemas de satélite y descentralizados. Dependiendo de la aplicación de la reutilización requerida, las instalaciones de infraestructura incluyen el desvío de aguas residuales o sistema de recolección, la igualación del flujo de entrada o salida de las instalaciones, el sistema de distribución de agua regenerada, incluyendo dentro o fuera de la línea de instalaciones de almacenamiento, si es necesario. Los requisitos de infraestructura variarán dependiendo de las aplicaciones de reutilización. Por ejemplo, para aplicaciones estacionales tales como la irrigación de campos, además del tratamiento y los requisitos del sistema de distribución pueden ser necesarias instalaciones de almacenamiento si una cantidad fija de agua se va a reciclar para justificar el costo de las instalaciones de tratamiento (Servín, C. A., *et al*, 2012).

Si las instalaciones de aguas residuales por satélite y de gestión descentralizada se van a utilizar para reducir la demanda de agua potable, debe haber oportunidades para usar el agua recuperada de estas instalaciones. Oportunidades de reutilización del agua y los requisitos de calidad del agua que se deben de considerar. En la mayoría de las regiones del mundo, el uso de agua regenerada es inevitable, especialmente si el nivel de vida actual ha de ser sustentable. Debido a que las instalaciones de tratamiento existentes en las grandes ciudades se encuentran enfocadas a la reutilización del agua, el uso de todo tipo de de satélite y los sistemas descentralizados se agudizará en el futuro. En última instancia, la reutilización potable indirecta por medio de recarga de las aguas subterráneas y el aumento de la superficie de agua se necesitan para optimizar el uso de agua. Para observar detenidamente

Sistemas satelitales de tratamiento de agua residual: Una aplicación en la FES Aragón.

las ventajas se realiza el estudio de las diferentes alternativas para solucionar la problemática de las aguas residuales de las zonas urbanas a partir de un amplio análisis financiero en el que:

- ⊙ Se consideren todas las partes de la infraestructura sanitaria.
- ⊙ Se estimen las inversiones, los costos de operación y mantenimiento de plantas de tratamiento para diferentes caudales de operación y diferentes trenes de tratamiento, de acuerdo a las necesidades locales.
- ⊙ Posteriormente, realizar un análisis financiero de las erogaciones para un horizonte de planeación definido en 25 años. (Servín, C. A., *et al*, 2012).

Aunque existen varios métodos para determinar cuál es la mejor opción para una zona urbe, ciudad o campus de universidades en cierta parte, hay que hacer un estudio propio de la región en cuestión y todos los aspectos que afectan su entorno para poder definir sobre cuál es la mejor opción ya que no todos los casos en el mundo son iguales (Chen, R. y Wang, X. C. 2009).

La descentralización parece aumentar la posibilidad de lograr algunos de los Objetivos de Desarrollo del Milenio, es decir, principalmente reducir a la mitad, para 2015, la proporción de la población sin acceso sustentable al agua potable y a servicios básicos de saneamiento, garantizar la sostenibilidad del medio ambiente y revertir la pérdida de los recursos ambientales. Incrementar la accesibilidad al agua y saneamiento no implica la sobreexplotación de los recursos existentes, pero sí la mejora de su gestión mediante la reducción, reciclaje y reutilización así como de la identificación de nuevas fuentes de agua, como las aguas pluviales y reúso (ONU, 2010). Aunque los sistemas descentralizados se han utilizado en todo el mundo, los tipos de tecnologías que se están adoptado dependerá del contexto local y de las razones que impulsan la necesidad de estos sistemas (Tjandraatmadja *et al.*,2008).

El uso de métodos satelitales y descentralizado para la gestión del agua y las aguas residuales pueden desempeñar un papel importante en el futuro de la gestión de recursos hídricos.

1.1.4 ALTERNATIVAS EN LA DESCENTRALIZACIÓN

Algunas tecnologías que pueden proponerse como alternativas de solución para los Sistemas Descentralizados Integrados y Sustentables, que se caracterizan por integrar el Tratamiento con el Reúso y la Producción, además de ser de bajo costo y fácil construcción, operación y mantenimiento contemplan como tratamiento secundario Humedales artificiales y Tanques Sépticos de Acción Múltiple, con eficiencias teóricas de remoción superiores a 80% en Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), sólidos suspendidos (SS), grasas y aceites (G y A) y 50% en nitrógeno y fósforo (N y P); convirtiéndose en una alternativa para la descontaminación de las micro cuencas.

1.1.4.1 TANQUES SÉPTICOS

Un tanque séptico de acción múltiple es un sistema de tratamiento de aguas residuales, en el cual el tanque se divide en dos compartimentos, complementados con un filtro anaerobio de flujo ascendente. La primera unidad está compuesta por un compartimiento de sedimentación donde las partículas pesadas van al fondo por gravedad y las livianas se dirigen hacia la superficie, conformando una capa delgada de espumas y natas. La segunda es un digestor, donde se depositan los sólidos sedimentados de la sección superior y se inicia su correspondiente biodegradación mediante un proceso anaerobio. El tratamiento secundario se da en el filtro anaerobio, donde el efluente forma una película biológicamente activa en los espacios que dejan los agregados, degradando la materia orgánica restante. (Valencia y Olaya, 1998). La figura 1.3 muestra un corte longitudinal de un Tanque Séptico.

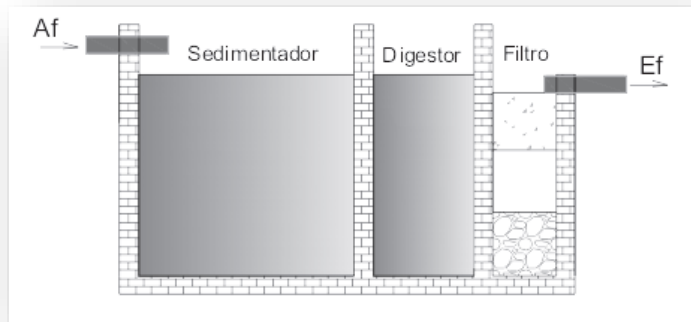


Figura.1.2. Corte longitudinal de un Tanque Séptico.

Un sistema básico de tanques séptico consiste en un depósito subterráneo donde los residuos se colectan y se remueven por gravedad espumas, grasas y sólidos sedimentables; y un sistema de drenaje superficial donde se clarifica el efluente y se filtra en el suelo. El rendimiento del sistema es esencialmente una función del diseño de los componentes del mismo, las técnicas de construcción empleadas, las características de los desechos, la tasa de carga hidráulica, geología y topografía superficial, clima, la composición física y química de la capa del suelo, y la atención prestada al mantenimiento periódico (cortall y Norris, 1969). Un típico sistema en sitio se muestra en la figura 1.3 (Scaf, Dunlap y Kreissl, 1977). El efluente del tanque descarga a una serie de tuberías de distribución colocadas en zanjas (zanjas de absorción) o bien en una sola gran excavación para filtrarse.

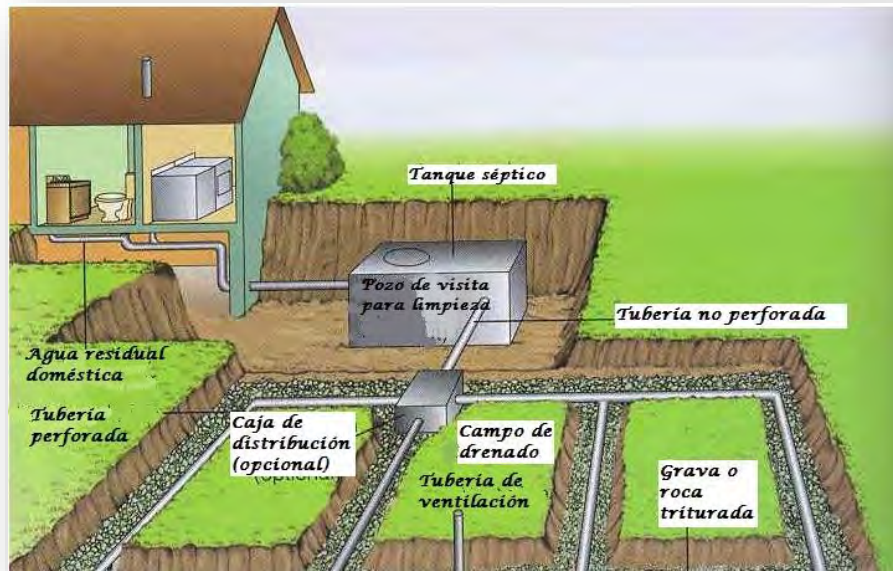


Figura 1.3 Fosa séptica típica

Las ventajas generales de los sistemas de tanques sépticos incluyen los siguientes:

Sistemas satelitales de tratamiento de agua residual: Una aplicación en la FES Aragón.

- ⊙ Mantenimiento mínimo, con potencial bombeo de los residuos sépticos cada tres a cinco años. Si bien existen requisitos para la eliminación de los residuos sépticos, hay menos lodos producidos por persona, aunque es necesario un sistema de tanque séptico que mediante el uso de éste separe los lodos.
- ⊙ El costo por individuo o por comunidad del tanque séptico es menor que el costo de las instalaciones centrales de recolección de aguas residuales y plantas de tratamiento.
- ⊙ El tanque séptico representa un sistema de baja tecnología, con lo que la posibilidad de que el funcionamiento a largo plazo sin largos períodos fuera de operación sea mayor.
- ⊙ Los requerimientos de energía son bajos en comparación con instalaciones centralizadas de tratamiento de aguas residuales.

Las desventajas generales de los sistemas de tanques sépticos son:

- ⊙ El potencial de contaminación del agua subterránea, dependiendo de las características del suelo y la densidad de los sistemas en una zona geográfica determinada.
- ⊙ Desbordamientos del sistema y la contaminación de los pozos de agua adyacentes y cursos de agua superficiales si los sistemas no están bien mantenidos.
- ⊙ Los limpiadores utilizados para el mantenimiento de los sistemas de tanques sépticos pueden crear dificultades en cuanto a la contaminación de las aguas subterráneas, en particular productos de limpieza que tienen bases orgánicas disolventes.

Estas ventajas y desventajas deben considerarse como generales, con la decisión específica de localizar un sistema en una área geográfica dada basándose en el sitio más conveniente, los costos relativos y otros sitios de disposición, colecta y tratamiento centrales.

1.1.4.2 HUMEDALES

Los humedales naturales son zonas donde el agua es el principal factor del medio y la vida vegetal y animal asociada a él. Se dan donde la capa freática se halla en la superficie terrestre, cerca de ella o donde la tierra está cubierta por agua. Según la Convención de Ramsar, se entiende por humedales “las extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de aguas, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales,

Sistemas satelitales de tratamiento de agua residual: Una aplicación en la FES Aragón.

estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros”. Hay humedales en todas partes, desde la tundra hasta el trópico; se estiman en un 6% de la superficie de la Tierra, es decir, unos 570 millones de hectáreas.

En general, se reconocen cinco tipos de humedales principales:

- ⊙ Marinos (costeros, lagunas, costa rocosas y arrecifes de coral).
- ⊙ Estuarios (deltas, marismas de marea y manglares).
- ⊙ Lacustres (lagos).
- ⊙ Ribereños (adyacentes a ríos y arroyos).
- ⊙ Palustres (marismas, pantanos y ciénagas).



Figura.1.4. Humedal Natural.

Los humedales figuran entre los medios más productivos del mundo. Son cunas de diversidad biológica y fuentes de agua y productividad primaria de las que innumerables especies vegetales y animales dependen para subsistir. Dan sustento a altas concentraciones de especies de aves, mamíferos, reptiles, anfibios, peces e invertebrados. Los humedales son

Sistemas satelitales de tratamiento de agua residual: Una aplicación en la FES Aragón.

también importantes depósitos de material genético vegetal. El arroz, por ejemplo, una especie común de los humedales, es el principal alimento de más de la mitad de la humanidad. Las múltiples funciones de los ecosistemas de humedales y su valor para la humanidad se han llegado a comprender y documentar en grado creciente en los últimos años. Esto se ha traducido en gastos ingentes para restablecer las funciones hidrológicas y biológicas degradadas o interrumpidas de los humedales.

Hay también humedales artificiales, como estanques de cría de peces y camarones, estanques de granjas, tierras agrícolas de regadío, depresiones inundadas salinas, embalses, estanques de grava, piletas de aguas residuales y canales.

Un humedal artificial es un sistema que consiste en un estanque o canal poco profundo, construido por el hombre, para el tratamiento de aguas residuales, en el que se siembran plantas acuáticas; estas plantas ayudan a purificar el agua mediante la absorción de los nutrientes, eliminando una cantidad significativa de contaminantes, mientras sus raíces proporcionan el hábitat para los microorganismos. El tratamiento en el humedal ocurre cuando el flujo de agua atraviesa lentamente el tallo y la raíz de la vegetación emergente, la cual permite la degradación biológica de contaminantes y materia orgánica por microorganismos, generando también la sedimentación de los sólidos suspendidos. (Thurnhofer, 2007).

La figura 1.4 muestra un corte de un humedal de flujo horizontal con heliconias.

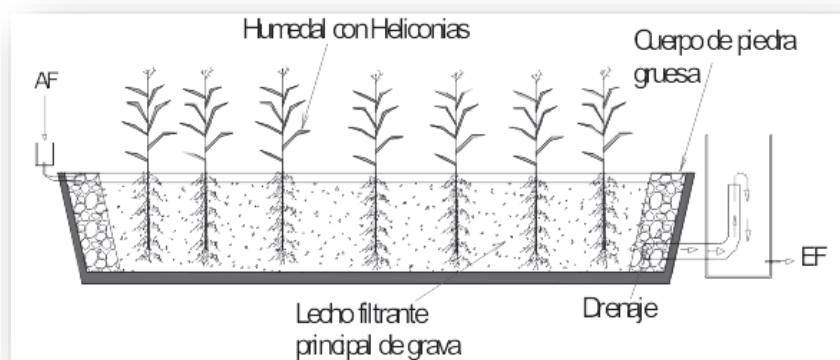


Figura. 1.5. Corte longitudinal de un Humedal de flujo horizontal.



Figura.1.6.Humedal Artificial.

La historia de los humedales artificiales se refleja en el manual de Kadlec y Knight . Desde que se desarrollaron las redes de alcantarillado sobrevivieron lugares de vertido de las aguas residuales. Se tiene constancia que el vertido se hacía de forma controlada en algunas zonas de Estados Unidos hace aproximadamente 100 años. Los primeros experimentos destinados a probar la capacidad de depuración de sistemas de humedales fueron llevados a cabo por Seidel en 1952, en el instituto Max Plank de Alemania. A partir de entonces y durante las décadas de 1950 y 1960 Seidel trabajó junto Kickuth y desarrollaron el tratamiento conocido como “Root Zone Method”, que corresponde a un humedal de flujo subsuperficial relleno de arcilla. En 1971 se inició el estudio de un humedal natural al que se le vertía un efluente secundario con el objetivo de evitar la eutrofización de un lago situado aguas abajo (Houghton Lake, Michigan). A partir de 1972 se empezaron a estudiar otros humedales construidos de flujo superficial en Michigan, Florida y California que trataban efluentes secundarios. El primer estudio de un humedal construido de flujo subsuperficial a escala real se realizó en 1974 en Wolverton, Mississippi. En Europa fue en Othefresen (Alemania) en 1974. Este humedal, que fue diseñado siguiendo el modelo del Instituto Max Plank, sigue operativo a día de hoy y trata agua residual doméstica.

En Inglaterra el interés por estos sistemas de depuración se inició en 1985 cuando un grupo de investigadores del “Water research Center” (Swindon) visitó Alemania para documentar las experiencias de Seidel y de Kickuth en la que se construyeron múltiples instalaciones y se dotó de pendiente al fondo de los humedales.

Cabe destacar que algunas de las primeras experiencias entre 1970 y 1980 fracasaron debido principalmente a que se utilizaba como material granular el propio suelo en el que se realizaba la obra y la colmatación en algunos casos aparecía en muy poco tiempo. Hasta finales de los años 80 no se comprendió que no se podía utilizar como sustrato el propio suelo, a no ser que se garantizara una conductividad hidráulica adecuada y permanente. Una vez superado este problema, gracias a la utilización de gravas como sustrato, se empezaron a construir gran número de humedales. En el año 1998 se estimaba millones de instalaciones repartidas por todo el mundo. No fue hasta finales de 1980 que apareció el primer manual con criterios de diseño y constructivos y se realizó el primer simposio internacional sobre la tecnología en Chattanooga (EEUU), que se sigue repitiendo cada dos años. También se creó el grupo especializado en humedales de la International Water Association. Desde entonces han aparecido excelentes manuales científicos y técnicos, y capítulos de libros que han ido recopilando el conocimiento y el estado de esta tecnología. Estas referencias fueron de necesaria consulta para el desarrollo de este proyecto y las podemos encontrar en el apartado final de referencias.

Los humedales artificiales (HA) se están haciendo cada vez más populares en todo el mundo para eliminar la materia orgánica, nutrientes, oligoelementos, agentes patógenos u otros contaminantes de las aguas residuales y / o escorrentía. Los HA utilizados para el tratamiento de aguas residuales proporcionan una solución relativamente simple y de bajo costo para el tratamiento de las aguas residuales de las pequeñas comunidades y las industrias, así como las aguas negras tormentas y escorrentías agrícolas (Kadlec y Knight, 1996).

La construcción de humedales puede ser muy útil en los países en vías de desarrollo, ya que son tecnologías fáciles e implican bajos costos operativos (Zurita y Andab De, 2009). Los humedales artificiales pueden eliminar la mayoría de contaminantes como los patógenos, nutrientes, contaminantes orgánicos e inorgánicos; así como colaborar a la protección de la salud pública para prevenir la transmisión de enfermedades por el agua (Kivaisi, 2001). La

Sistemas satelitales de tratamiento de agua residual: Una aplicación en la FES Aragón.

mayoría de los sistemas de Humedales operados son con flujo horizontal y pueden proporcionar un nivel de confianza de tratamiento secundario con respecto a la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y sólidos suspendidos totales (SST) (Vymazal, 2009), pero con frecuencia son menos eficaces para la eliminación de nitrógeno, a menos que el tiempo hidráulico de retención y la oxigenación proporcionados sean suficientes (Liu et al., 2005). Recientemente, los trabajos de investigación se han dirigido hacia los humedales construidos de flujo vertical (HFV) ya que son muy eficaces no sólo para la eliminación de DBO y SST, sino también para la nitrificación incluso a una alta tasa de carga en un clima frío (Arias et al., 2005 , Cooper, 2005; Prochaska et al, 2007).

Al igual que otros procesos de tratamiento de aguas residuales los Humedales artificiales presentan ventajas y desventajas sobre este.

Las ventajas generales de los humedales artificiales incluyen los siguientes:

- ⊙ Bajos costos operacionales.
- ⊙ Bajo consumo de materiales e insumos de energía.
- ⊙ Toleran una amplia gama de contaminantes.
- ⊙ Método natural y sostenible para el tratamiento de aguas residuales.
- ⊙ En ellos se desarrolla una amplia gama de procesos de depuración.
- ⊙ Aparte de dar tratamiento de aguas residuales pueden tener múltiples beneficios (por ejemplo hábitat para fauna silvestre). (Knight,2000)

Las desventajas generales de los humedales artificiales son:

- ⊙ Los costos de construcción necesitan un capital de medio a alto.
- ⊙ Para su construcción necesitan de extensiones amplias de terreno.
- ⊙ Acumulación de sustancias tóxicas en el suelo y sedimentos.
- ⊙ Ya que son sistemas naturales, pueden presentar variaciones en su rendimiento debido a los cambios estacionales.
- ⊙ Limitado control operacional sobre los procesos de tratamiento.
- ⊙ Bajo ciertas circunstancias los beneficios adicionales pueden estar bajo conflicto (ejemplo pueden afectar a la fauna local o pueden atraer fauna nociva). (Knight,2000)

Sistemas satelitales de tratamiento de agua residual: Una aplicación en la FES Aragón.

1.1.4.2.1 CLASIFICACIÓN DE LOS HA.

Actualmente, existen principalmente dos tipos de HA: (1) humedales de agua superficial libre (HFS), (2) humedales de flujo subsuperficial (HFSS), éstos últimos a su vez se dividen en los humedales de flujo vertical (HFVSS), horizontal (HFHSS) y en sistemas híbridos, y también se incorporan humedales de flujo superficiales y subsuperficiales en un mismo tren de tratamiento (Cui et al., 2009; Kadlec y Wallace, 2009). De los cuales, el humedal de flujo vertical están ganando popularidad debido a su mayor capacidad de transferencia de oxígeno y un tamaño más pequeño (Cooper, 1999) aunque la obstrucción de los poros puede ser un problema. Muchos investigadores reportan que los HA son alternativas viables para remover nitrógeno (N) y fósforo (P) de las aguas residuales debido a los procesos de desnitrificación, la adsorción, y la absorción que tienen lugar en ellos (Van Oostrom y Russel, 1994; Horne, 1995; Kadlec, 1997; Baker, 1998; Robins et al, 2000). Una amplia gama de eliminación de nutrientes y sus eficiencias de remoción con HA se han reportado, aunque muchos de ellos no cumplen con las normas gubernamentales pertinentes, en particular para el nitrógeno total (NT) y fósforo total (PT), dado las altas concentraciones de algunas aguas residuales (Fraser et al, 2004;. Greenway, 2005). Las variaciones en eficiencia de remoción de nutrientes se atribuyen a diferentes las plantas de humedales, sustratos, y las tasas de carga hidráulica utilizada para los diferentes experimentos.

Humedal de flujo superficial. (HFS)

Un HFS es un sistema que consiste en un tanque pequeño para el tratamiento de aguas residuales, donde se siembran plantas flotantes las cuales realizan el tratamiento. Este tanque está dividido en dos compartimientos donde se siembra Jacinto de agua (buchón de agua) o alguna otra variedad de plantas flotantes, las plantas funcionan como medio de filtración y adsorción de sólidos, poseen un sistema radicular sobre el cual las bacterias crecen y ayudan a realizar la limpieza a la planta; el sistema está complementado con un filtro compuesto de piedra, grava y arena, en el cual se culmina el tratamiento del efluente proveniente de los humedales. (Medina, 2007). La figura 1.6 muestra el corte longitudinal de un humedal flujo superficial con Jacinto de agua.

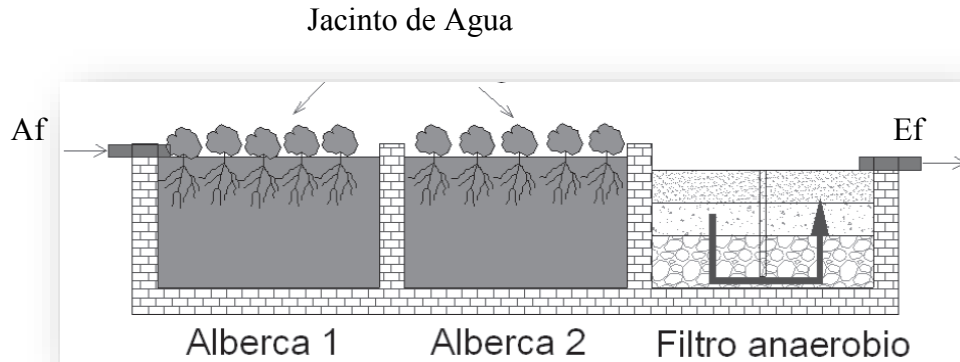


Figura. 1.7. Corte longitudinal de un humedal flujo superficial.

Humedal de flujo subsuperficial. (HFFS)

Los humedales de flujo subsuperficial están constituidos por balsas generalmente construidas por excavación, rellenas de un medio granular con suficiente conductividad hidráulica (grava) y plantadas con vegetales característicos de las zonas húmedas, como el carrizo o la espadaña. El agua circula a nivel subterráneo en contacto con el medio granular y las raíces y rizomas de los vegetales (figura 1). La eliminación de los contaminantes sucede gracias a una sinergia de procesos físicos, químicos y bioquímicos, aunque los principales son los bioquímicos asociados a la biopelícula que crece adherida al medio granular y a las partes subterráneas de las plantas.

El principal papel de los vegetales en estos sistemas es el de crear alrededor de sus partes subterráneas un ambiente adecuado para que crezcan y se desarrollen comunidades microbianas que después van a degradar o transformar los contaminantes. Los sistemas de flujo subsuperficial se pueden clasificar en horizontales si el agua fluye horizontalmente de un extremo a otro, o verticales si el agua fluye de arriba a abajo (García et al., 2004a).

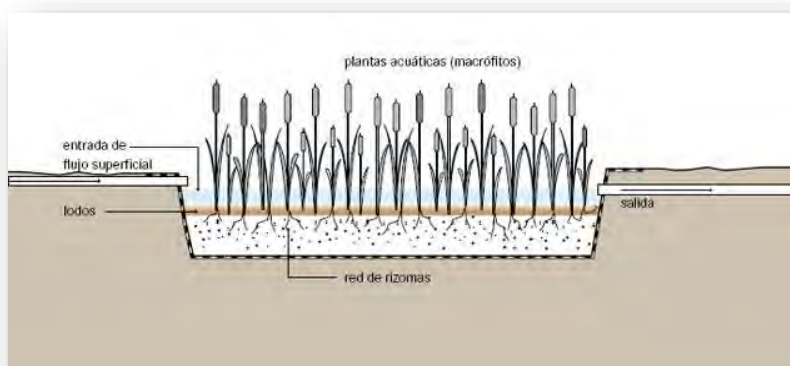


Figura. 1.8. Corte longitudinal de un humedal flujo subsuperficial.

Humedal de flujo horizontal (HFHSS)

Este tipo de sistemas el agua circula horizontalmente a través del medio granular y los rizomas y las raíces de las plantas. El agua ingresa al sistema por la parte superior de un extremo y es recogida por un tubo en la parte inferior del otro extremo (figura 1.8). La profundidad del agua es de entre 0.3 y 0.9m. Se caracterizan por funcionar permanentemente inundados el agua se encuentra entre 0.05 y 0.1 m por debajo de la superficie y con cargas alrededor de 6 g DBO/m²/día (García y corzo, 2008).

Los humedales con flujo superficial horizontal son sistemas eficientes en la remoción de DBO Y SST, sin embargo no son eficientes en la remoción de nutrientes. La calidad de los efluentes depende de la calidad del agua residual afluyente, aunque se plantea medias logradas son de 91% para los SST, 89% para la DBO. 33% NT y 32% PT. (Rodríguez, 2003)

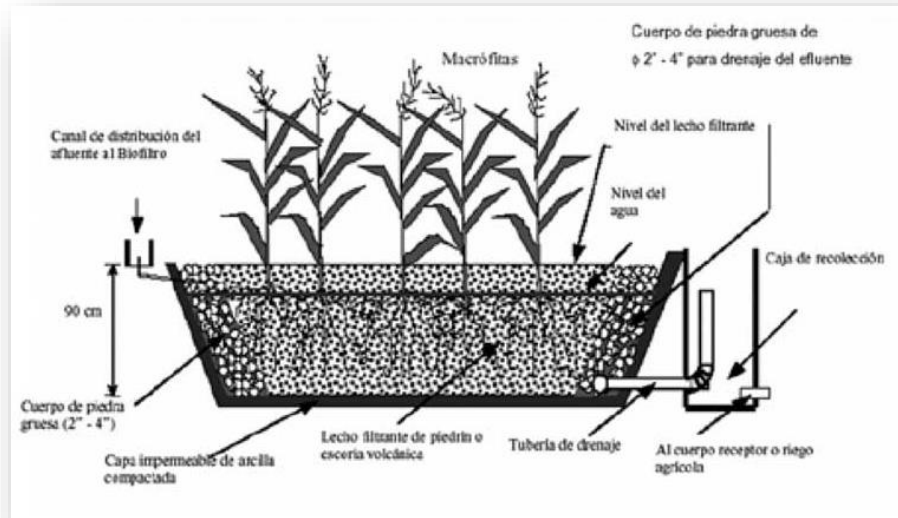


Figura. 1.9. Humedal flujo subsuperficial vertical.

Humedal de flujo vertical (HFVSS)

Los sistemas verticales con flujo subsuperficial son cargados intermitente. De esta forma las condiciones de saturación en el sustrato son seguidos por periodos de instauración estimulando el suministro de oxígeno. Este tipo de humedales las aguas residuales son aplicadas de arriba hacia abajo por medio de un sistema de tuberías de y recogidas posteriormente por una red de drenaje situada en el fondo del humedal como se observa en la figura 1.8 (Delgadillo, et al, 2010).

Los humedales con flujo vertical operan con cargas superiores que los horizontales (entre 20 y 40 g DBO/m²/día) y llegan a producir efluentes más oxigenados y sin malos olores (García, et, al, n/d2009).

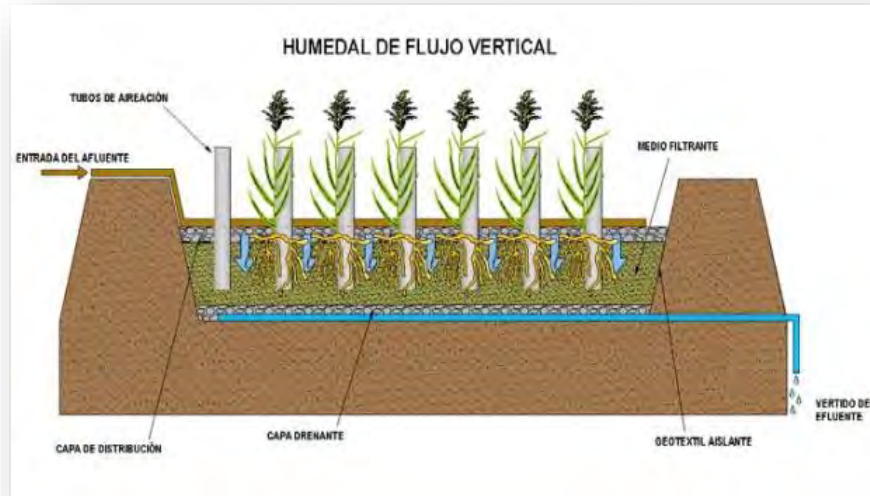


Figura. 1.10. Humedal flujo subsuperficial vertical.

1.1.4.2.2 ELEMENTOS DE UN HUMEDAL ARTIFICIAL

Un humedal artificial consta de varios componentes para poder realizar el proceso de tratamiento y reducción de contaminantes; ya que cada uno de ellos tiene un papel de suma importancia; entre estos componentes se encuentra la vegetación, el agua, sustrato y microorganismos.

Agua

Los sistemas de tratamiento con humedales construidos han sido usados, generalmente, para tratar agua residuales municipales sin embargo también han sido aplicados para la depuración de aguas industriales, esorrentía de aguas agrícolas y de lluvia, lixiviados de vertederos, rebose de alcantarillados combinados, drenaje de minas y aguas residuales en pequeños humedales tras tanques sépticos convencionales(Lara, 1999).

La hidrología es el factor ms importante de diseños de huméales artificiales por que conecta todas la funciones del humedal y porque es, a menudo, el factor principal de éxito o fracaso

Sistemas satelitales de tratamiento de agua residual: Una aplicación en la FES Aragón.

de este. Mientras la hidrología de un humedal construido no es muy diferente a las otras aguas superficiales y cercanas a superficie puede diferir de algunos otros aspectos importantes (Davis, 1995).

Vegetación

Las plantas de los humedales son una parte integral del tratamiento de sistemas HA. Ellas juegan un papel importante en la degradación y eliminación de nutrientes y otros contaminantes. Las plantas de los humedales incluyen plantas flotantes, plantas emergentes y las plantas sumergidas. El principio en la selección de una especie de planta adecuada para uso en sistemas construidos de humedales depende del tipo de diseño de los mismos (por ejemplo, superficie o flujo subsuperficial vertical u horizontal), el modo de operación (Por ejemplo, continuo, por lotes o flujo intermitente), y la carga de la tasa y las características de las aguas residuales. Las plantas de los humedales no sólo toman nutrientes, metales pesados y compuestos orgánicos, también el control de la ventilación y las condiciones microbianas en el lecho del humedal. Además, las plantas pueden filtrar con eficacia o asentar sólidos suspendidos. Por lo tanto, las plantas de los humedales tienen gran influencia en la capacidad de purificación de las aguas residuales (Groudeva et al, 2001; Fu y Tang, 2005).

En los sistemas de Flujo superficial las plantas actúan como base para el crecimiento de la biopelícula encargada de la biodegradación, así como la filtración mecánica de las partículas. En los sistemas Flujo subsuperficial la biopelícula crece en las partes subterráneas de la plantas y en el medio granular. Además del valor intrínseco para el mantenimiento de la biodiversidad en los humedales, y de su indudable valor estético, la vegetación tiene otras funciones en estos sistemas:

Efectos físicos: La vegetación distribuye y ralentiza la velocidad del agua lo que favorece la sedimentación de los sólidos suspendidos y aumenta el tiempo de contacto con el agua y la vegetación. La vegetación origina un importante gradiente de luz, viento y temperatura desde el suelo hasta el límite superior de dicha vegetación, disminuyendo la velocidad del viento, la luz, y amortiguando los cambios de temperatura permitiendo temperaturas más cálidas en invierno y más frías en verano. En climas fríos la vegetación protege de la congelación,

sobretudo en humedales subsuperficiales los cuales se han demostrado que pueden funcionar adecuadamente a temperaturas de -40°C .

Superficie para la biopelícula. En sistemas FS los tallos y hojas sumergidos aumentan la superficie de la biopelícula encargada de la eliminación de los contaminantes, por lo que la cantidad de vegetación en el sistema debería estar relacionada con el rendimiento del mismo. En sistemas FSS son las raíces las que sirven de soporte para la biopelícula junto al material granular. Se espera que la biopelícula mejore los procesos ya que el funcionamiento del sistema depende de la abundancia de bacterias del mismo.

Aireación de la rizosfera: Una adaptación importante, presentes un muchas plantas de los humedales es el desarrollo de un tejido tubular poroso (aerénquima) en hojas y tallos que permite el transporte de oxígeno a la rizosfera. Este oxígeno transportado incrementa el potencial redox del sustrato, siendo más favorable para el crecimiento de la raíz y permite la reoxidación y precipitación de iones tóxicos como el manganeso. Aunque se piensa que las plantas ayudan a la desnitrificación por la capacidad de llevar oxígeno a las raíces, otros autores argumentan que la oxigenación afecta primeramente al tejido de la raíz, no al sedimento, y que el oxígeno que entra al sedimento es normalmente consumido instantáneamente por los microorganismos y no airean la rizosfera como se creía inicialmente. De todos modos, las dificultades de estas medidas y la variabilidad de resultados podrían indicar que los valores medidos están subestimados. En conclusión, pese a que es probable que las plantas no aporten el oxígeno suficiente para degradar la materia orgánica o nitrificar de forma significativa el agua residual, se comprueba que sus efectos sobre la microbiología y funcionamiento de la rizosfera es significativo en condiciones naturales.

Eliminación de nutrientes: En general, la asimilación de nutrientes por la vegetación parece explicar, en el mejor de los casos, una eliminación del 10 % del fósforo y el 25% del nitrógeno . No obstante, el efecto puede ser importante en aguas poco cargadas. La mayor parte de los nutrientes acumulados vuelve al agua cuando muere la planta, salvo algunos que quedan retenidos en la materia recalcitrante, por eso, es muy importante cosechar periódicamente.

Liberación de sustancias por la raíz: Las plantas liberan diversos compuestos orgánicos a través de sus raíces y hojas. Algunos con propiedades alelopáticas que evitan el crecimiento de otras especies y otra gran variedad de compuestos con diferentes propiedades. Estos compuestos orgánicos liberados por las plantas suponen entre el 5% y el 25% del carbono fijado fotosintéticamente, y podrían actuar como fuente de carbono para bacterias desnitrificantes y otros microorganismos de la rizosfera, influyendo sobre la estructura de las comunidades microbianas que en ella se desarrollan. También se ha descrito en algunos estudios la liberación de sustancias antibióticas por parte de las raíces. Otro aspecto de interés es el efecto que puede tener el empleo de una o más especies en el tratamiento. Según algunos manuales, para sistemas FS debería favorecerse la mayor diversidad de especies posibles ya que ello permite una mayor estabilidad a largo plazo frente a perturbaciones (por ejemplo plagas), aumenta la superficie colonizada por las bacterias y mejora el valor ecológico del humedal. Sin embargo, una mayor biomasa heterogénea también tendrá un efecto negativo por la mayor producción de necromasa y su degradación.

En sistemas de FSS, aunque algunos experimentos demuestran mejores rendimientos a corto plazo en policultivos, se acepta que a largo plazo el policultivo acentuaría la disminución de conductividad hidráulica del sistema disminuyendo la vida activa del mismo, por ello dentro del mantenimiento de estos sistemas se incluye la eliminación de la potencial vegetación oportunista. (Sánchez Font, David 2012).

Sustratos, sedimentos y restos de vegetación

Los sustratos en los humedales construidos incluyen suelo, arena, grava y roca. Algunos sedimentos y restos de vegetación se acumulan en el humedal debido a la baja velocidad del agua y a la alta productividad típica de estos sistemas. El sustrato, sedimento y los restos de vegetación en estos sistemas son importantes por varias razones (Rodríguez, 2008):

- ⊙ Soportan a muchos de los organismos vivientes en el pantano.
- ⊙ La permeabilidad del sustrato afecta el movimiento del agua a través del pantano.
- ⊙ Muchas transformaciones químicas y biológicas (sobre todo microbianas) tiene lugar dentro del sustrato.
- ⊙ El sustrato proporciona almacenamiento para muchos contaminantes

- ⊙ La acumulación de restos de vegetación aumenta la cantidad de materia orgánica en el pantano. La materia orgánica da lugar al intercambio de materia, la fijación de microorganismos y es una fuente de carbono, que es la fuente de energía para algunas de las más importantes reacciones biológicas en el pantano.

Microorganismos

Una característica fundamental de los humedales es que sus funciones son principalmente reguladas por los microorganismos y su metabolismo. Entre los microorganismos presentes en estos sistemas se incluyen bacterias, levaduras, hongos y protozoarios. La biomasa microbiana consume gran parte del carbono y muchos nutrientes (Davis, 1995).

La actividad microbiana en un sistema de humedal (Rodríguez 2008):

- ⊙ Transforman un gran número de sustancias e inorgánicas en sustancias inocuas o insolubles.
- ⊙ Altera las condiciones de potencial redox del substrato y así afecta la capacidad del proceso del pantano.
- ⊙ Está involucrada en el reciclaje de nutrientes.

En las zonas del humedal, donde predomina el oxígeno liberado por la rices de las plantas y el oxígeno proveniente de la atmósfera, se desarrollan colonias de microorganismos aerobios y en el resto del sistema predominan los microorganismos anaerobios. Los principales procesos que llevan a cabo los microorganismos son la eliminación de materia orgánica así como la eliminación de nutrientes y elementos traza (Delgadillo, 2010).

Cuando las características del agua que entra al sistema presentan variaciones, las comunidades microbianas pueden ajustarse a los cambios y seguir extendiéndose. En cambio, cuando son muy cambiantes o no son favorables muchos organismos se inactivan y pueden estar mucho tiempo en este estado. Gracias a esta plasticidad se aseguran que existan reservas de microorganismos en el sistema, incluso en condiciones ambientales adversas (Burciaga, 2008).

La comunidad microbiana de un humedal artificial puede ser afectada por sustancias tóxicas, como pesticidas y metales pesados y debe tenerse cuidado para prevenir que tales sustancias se introduzcan en las cadenas tróficas en concentraciones perjudiciales (Rodríguez, 2008).

SITUACIÓN DEL SUMINISTRO, ABSTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.

El agua es un elemento vital e indispensable para la vida. Cubre casi cuatro quintas partes de la superficie terrestre y en el hombre, representa aproximadamente el 70% del peso total de su cuerpo. El hombre la utiliza como elemento para su nutrición, sea como bebida o como integrante de alimentos; la requiere para el lavado de trastos, ropas; la exige para el baño y dispone de ella para alejar sus desechos, proporcionar comodidad y resolver numerosos problemas de su vida cotidiana produciendo electricidad y vapor. Pero la salud humana, depende no sólo de la cantidad, sino también de la calidad del agua que utiliza. (Secretaría de Salubridad y Asistencia, 2004)

Por lo anterior, es obvia la importancia que tiene la distribución de este recurso, pero también el conocer de dónde viene y cuáles son las principales problemáticas que se enfrentan para poder hacerlo llegar a la población particularmente en México, teniendo en cuenta las diferentes zonas urbanas y rurales que se encuentran en el país, pues cada una de ellas conlleva diferentes métodos y estrategias que algunas de las organizaciones llevan a cabo y que se mencionarán en este capítulo.

Para saber la situación del suministro, se explicará qué es el agua potable y qué componentes regulan este sistema, o las fuentes de abastecimiento de las cuales el hombre toma este recurso; así como se ha modificado a nuestros días. Además también se mencionará qué es lo que pasa con esta agua después de que los humanos la han consumido para sus necesidades, pues casi todos saben de dónde viene el agua; pero nunca se preguntan a dónde va después, ¿Tienen un tratamiento?; es por eso que se menciona el tratamiento de aguas residuales y la situación en México de ellas.

2.1. SISTEMA DE AGUA POTABLE

El agua potable es aquella que puede beberse sin peligro, pues no provoca ningún daño para la salud. Muy por el contrario, es la bebida ideal para el organismo. Antes de tomarla, el agua de ríos, lagos y otras fuentes debe ser potabilizada, que significa purificar o depurar, es un método con el que se eliminan las partículas de arcilla, las algas y los microbios. Según la norma oficial mexicana 127- SSA1-1994, el agua para uso y consumo humano, es aquella que no contiene contaminantes objetables, ya sean químicos o agentes infecciosos y que no causan efectos nocivos al ser humano. La potabilización del agua proveniente de una fuente en particular, debe fundamentarse en estudios de calidad y pruebas de tratabilidad a nivel de laboratorio para asegurar su efectividad.

El agua potable estará libre de contaminación fecal humana cuando al ser analizada los resultados sean:

- ⊙ Menos de 20 NMP de los grupos coliforme por litro de muestra, definiéndose como organismos de grupo coli y coliforme todos los bacilos aerobios o anaerobios facultativos no esporogéneos, Gran negativos que fermenten el caldo lactoso con formación de gas.
- ⊙ Menos de 200 colonias bacterianas por cm^3 de muestra de agua incubada a 37°C por 24 horas.
- ⊙ Ausencia de colonias bacterianas licuantes de la gelatina, cromogéneas o fétidas en la cuantía de un cm^3 de muestra de gelatina incubada a 20°C por 48 horas. (Secretaría de Salubridad y Asistencia, 2004)

Fuentes de abastecimiento

La Tierra y la atmósfera que la envuelve contienen grandes cantidades de agua. Alrededor del 97% del agua que hay en la Tierra es salada, el resto, el 3%, se encuentra en forma de hielo. Sólo un 0.7% del agua de la Tierra es dulce, y se encuentra en forma de lagos, ríos, acuíferos y vapor. El origen de las fuentes de que se sirve el hombre para su desenvolvimiento cotidiano es el ciclo hidrológico, es decir, los pasos del agua circulando durante el transcurso del tiempo a través de distintos medios. Las aguas superficiales son un componente esencial del ciclo del

Sistemas satelitales de tratamiento de agua residual: Una aplicación en la FES Aragón.

Así gracias al ciclo hidrológico se encuentran disponibles las siguientes fuentes de abastecimiento:

- ⊙ Agua superficial.- Son aquellas que se encuentran en el seno de los ríos, lagos, lagunas, o las de una cuenca de embalse, presas, etc. Las aguas de los ríos en su recorrido, se van transformando en diversas maneras, ya que debido a su gran poder disolvente, recogen materias de los diferentes suelos por los cuales pasan, que hacen efectiva su modificación además reciben sustancias como desechos de poblaciones e industrias; generalmente estas aguas se encuentran contaminadas.
- ⊙ Aguas subterráneas.- Son las aguas que se filtran en el terreno pudiendo aflorar en forma de manantiales. Se pueden captar por medio de galerías filtrantes, pozos poco profundos y pozos profundos. También esta agua sufre modificaciones, ya que al atravesar las capas terrestres absorbe ácido carbónico, se mineraliza, pierde oxígeno, etc.
- ⊙ Agua atmosférica.- Son aquellas procedentes directamente de la atmósfera en forma de lluvia. Estas aguas se captan antes de que lleguen a la superficie terrestre, por medio de áreas expuestas a la precipitación pluvial. Para luego almacenarlas en cisternas. Por lo tanto, para su captación es necesario tener áreas muy grandes y solo es suficiente para pequeñas poblaciones en donde no hay otro recurso.
- ⊙ Aguas saladas.- Hasta 2004 se pensaba que el tratamiento de agua del mar era muy caro pero en la actualidad con el proceso de osmosis inversa; que tiene un bajo consumo de energía eléctrica, un bajo costo de inversión y producción y una mayor flexibilidad en el caso de incremento de la demanda, además de que se sigue investigando para su mayor eficiencia,(Antonio Lamela, 2013)

Ser recurre a las aguas atmosféricas y saladas muy raras veces y solamente cuando no existe otra posibilidad ya sea porque las aguas subterráneas o superficiales sean escasas o de muy mala calidad, o también en ocasiones por factores económicos. En el caso de las aguas atmosféricas, tienen el inconveniente de que se requiere de obras civiles importantes para recolectarlas y almacenarlas en las cantidades requeridas, por lo que sólo podrán emplearse en comunidades muy pequeñas. Para las aguas saladas, la ingeniería sanitaria ha desarrollado nuevas tecnologías que permite desalarla para ser utilizada como fuente de abastecimiento.

Por lo tanto las grandes fuentes de abastecimiento de agua potable son dos la subterránea y la superficial. (Valdez, 1990)

Captación

La captación consiste en recolectar y almacenar agua proveniente de diversas fuentes para su uso benéfico. El agua captada de una cuenca y conducida a estanques reservorios puede aumentar significativamente el suministro de ésta para el riego de huertos, bebederos de animales, la agricultura y usos domésticos. Algunos ejemplos de obras de captación se esquematizan en la Figura 2.2 . El diseño de la obra de captación debe ser tal que se prevean las posibilidades de contaminación del agua para evitarlas. (Alex Bocek, 2013)

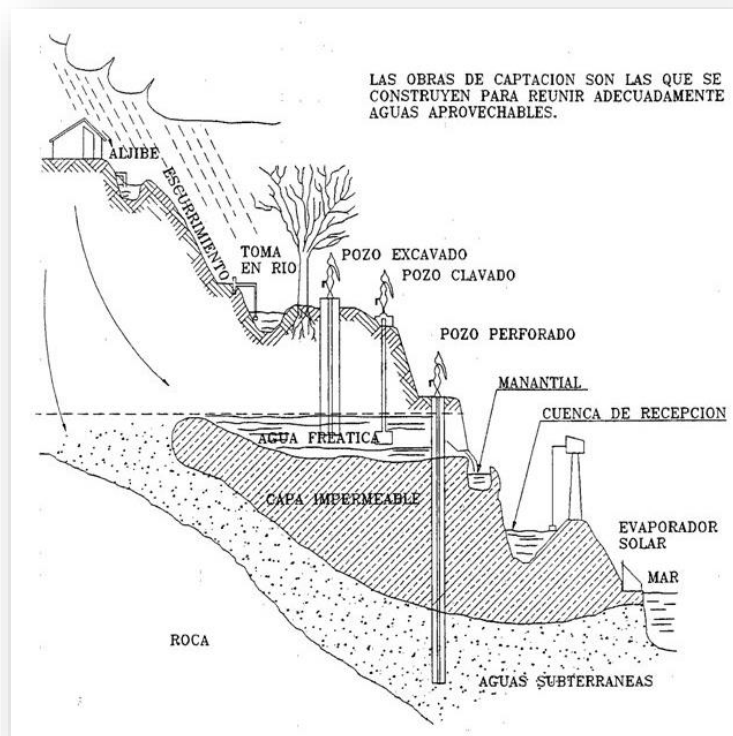


Figura. 2.2. Obras de captación

Conducción

Se denomina *línea de conducción* a la parte del sistema constituida por el conjunto de conductos, obras y accesorios destinados a transportar el agua proveniente de la fuente de abastecimiento desde el lugar de la captación hasta un punto que puede ser un tanque de regularización o un cárcamo para una segunda conducción o una planta potabilizadora.

Tratamiento

El término tratamiento se refiere a todos aquellos procesos que de una u otra manera sean capaces de alterar favorablemente las condiciones del agua. El tratamiento no está, en general, constituido por un solo proceso, sino que será necesario, de acuerdo con las características propias del agua cruda, integrar un “tren de procesos y operaciones” esto es, una serie de procesos y operaciones capaces de proporcionar al agua las distintas características de calidad de agua que sean necesarias para hacerla apta para su utilización. Cuando el tratamiento que se le da al agua es con el fin de hacerla apta para la bebida, se le llama *potabilización* y a la *planta potabilizadora* a la obra de Ingeniería Civil en la que se construyen las unidades necesarias para producir agua potable. (Valdez 1990)

Regularización y Almacenamiento

La regularización tiene como objetivo transformar el régimen de alimentación de agua, que generalmente es constante, en régimen de demanda que es variable en todos los casos. Se almacena agua cuando la demanda es menor que el gasto de llegada, la cual se utilizará cuando la demanda sea mayor.

El almacenamiento también se hace para disponer de una determinada cantidad de agua como reserva, con objeto de no suspender el servicio en caso de desperfectos en la captación o en la conducción, así como para satisfacer demandas extraordinarias (incendios). (Secretaría de Salubridad y Asistencia, 2004)

Distribución

Después de la regularización, el sistema de distribución debe entregar el agua a los propios consumidores. Es obvia la importancia del sistema de distribución, si se toma en cuenta que más de la mitad de la inversión total en un sistema de abastecimiento de agua potable corresponde a la distribución del agua potabilizada. (Valdez, 1990)

Los sistemas de distribución de agua potable, deberán proyectarse y construirse para suministrar en todo tiempo la cantidad suficiente de agua en cualquier sección de la red, manteniendo presión adecuada en todo el sistema. También deben permitir circulación continua del agua en la red, evitándose los ramales con punta muerta que dan lugar a presiones bajas y a estancamientos del agua con acumulación de sedimentos y bacterias. (Secretaría de Salubridad y Asistencia, 2004)

Potabilización

Una planta potabilizadora puede operar con la combinación de uno o más de los procesos indicados, según sea la naturaleza de las impurezas que contiene y la calidad final del agua que se desee. En el medio rural generalmente, solo son aplicables procesos de sedimentación, filtración y cloración.

Su aplicación exige conocimientos técnicos especiales reservados a ingenieros sanitarios, entre estos procesos comprenden la aireación, coagulación, ablandamiento, eliminación de hierro y magnesio, eliminación de olor y sabor, sedimentación, filtración, control de corrosión, evaporación, intercambio iónico, desgacificación, oxidación con ozono y la desinfección. (NOM-127-SSA1, 1994)

En México las plantas potabilizadoras municipales condicionan la calidad del agua de las fuentes superficiales y/o subterráneas al uso público urbano. En 2009 se potabilizaron 90.04 m³/s en las 631 plantas que operan en el país. De las cuales 43 plantas administran la región del Valle de México con una capacidad instalada de 5.27 m³/s y un caudal potabilizado de 4.17 m³/s. (CONAGUA, 2011)

2.1.2. SITUACIÓN DEL SUMINISTRO Y ABSTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN MÉXICO

Actualmente la mayoría de la población mundial vive en ciudades y el paisaje urbano sigue creciendo. La población urbana está aumentando más rápido que la capacidad de adaptación de su infraestructura. La gestión de los recursos hídricos es uno de los problemas ambientales y de recursos más apremiantes de México. Con una extensión de poco más de dos millones de km², la población nacional se ha cuadruplicado, al pasar de 25 millones en 1950, a 112 millones en 2010. (CONAGUA, Edición 2012)

Este aumento del número de habitantes se ha registrado en todas las entidades federativas que integran la nación pero, debido a la migración interna, ha sido mayor la concentración de población en las regiones semiáridas y áridas del norte, noroeste y centro, regiones con mayor actividad económica en donde el agua es escasa. Sin embargo, esta región apenas cuenta con menos de la tercera parte de los recursos hidráulicos del país. Por lo tanto, el agua subterránea juega un papel esencial en la economía de México, ya que para dos terceras partes del país es la principal fuente, y en ocasiones la única fuente de agua. Esto ha dado como resultado la sobreexplotación de 100 de los 653 acuíferos con los que cuenta el territorio nacional, los cuales representan más de la mitad de la extracción de agua subterránea en el país, colocando a México en una crisis del líquido. Un hecho al que se le debe dar especial atención es el uso que se le da al recurso hídrico en el país, en donde el 76.7% de agua de primer uso, superficial y subterránea, se destina a la agricultura; el 4.1% a la industria, el 5.1% a las termoeléctricas y el restante 14.1% al abastecimiento público. (SEMARNAT, Edición 2011.)

Cabe destacar que el problema del agua no es privativo de México, se vislumbra a nivel internacional y amenaza en convertirse en el mayor conflicto geopolítico del siglo XXI, ya que se espera que en los próximos años la demanda de este elemento rebase con mucho su suministro.

Localidades urbanas

En las comunidades urbanas se asienta el 77% de la población nacional y la CONAGUA tiene implementados los siguientes programas: Programa de Devolución de Derechos (Prodder), Programa de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento en Zonas Urbanas (APAZU), Programa para la Modernización de los Organismos Operadores (Promagua) y el Programa

Sistemas satelitales de tratamiento de agua residual: Una aplicación en la FES Aragón.

de Abastecimiento de Agua Potable y Saneamiento de la Zona Metropolitana del Valle de México.

Cabe mencionar que la SEDESOL (Secretaría de Desarrollo Social) también destina recursos a estas zonas a través de su programa Hábitat. En estas zonas durante 2011 se destinaron 31 129.0 millones de pesos para la construcción y rehabilitación de obras de agua potable, alcantarillado y saneamiento; 15 688.4 millones provinieron del Gobierno Federal, 5 907.2 millones de los gobiernos estatales, 3 456.7 de los gobiernos municipales y 6 076.7 millones de otros conceptos. En “Otros” destacan las inversiones realizadas por los desarrolladores de vivienda, cuyos inmuebles, construidos principalmente en las periferias de las ciudades, incluyen la infraestructura de agua potable y alcantarillado.

En las localidades urbanas los recursos se aplicaron de la siguiente manera: 19.3% se destinó para agua potable, 37.5% para alcantarillado, 22.3% para saneamiento, 14.7% para mejoramiento de la eficiencia y 6.2% para otros conceptos. (CONAGUA, Edición 2012.)

Localidades rurales

En el país existen 192 244 comunidades rurales, localidades con menos de 2 500 habitantes, en donde se ubica el 23% de la población nacional. La CONAGUA, en coordinación con los gobiernos estatales, fomenta el desarrollo y mejoramiento de infraestructura de agua potable, alcantarillado y saneamiento básico a través del Programa para la Construcción y Rehabilitación de Sistemas de Agua Potable y Saneamiento en Zonas Rurales, (Prossapys). Otros programas que tienen incidencia en estas zonas son: Desarrollo Local (Micro Regiones); Incentivos Estatales; Iniciativa Ciudadana 3X1, Empleo Temporal 3X1 para migrantes y Jornaleros Agrícolas; programas que coordina la Sedesol. Durante 2011 se destinaron 6 345.9 millones de pesos a la construcción y rehabilitación de obras de agua potable, alcantarillado y saneamiento, inversión 1.4% inferior a la ejecutada el año anterior. De estos recursos 4 509.3 millones (71%) provinieron del Gobierno Federal, 1 280.5 millones (20.2%) de los gobiernos estatales, 518.6 millones (8.2%) de los gobiernos municipales y 37.5 millones (0.6%) de otras fuentes.

En las localidades rurales las inversiones se aplicaron de la siguiente manera: 47.8% se destinó para agua potable, 36.2% para alcantarillado, 12.3% para saneamiento y 3.7% para otros conceptos. (CONAGUA, Edición 2012)

2.1.3 SERVICIOS DE AGUA POTABLE.

La CONAGUA considera que la cobertura de agua potable incluye a las personas que tienen agua entubada dentro de la vivienda, pero dentro del terreno; de la llave pública; o bien de otra vivienda. Los habitantes con cobertura no necesariamente disponen de agua con calidad para consumo humano. Por otro lado la CONAGUA considera que la cobertura de alcantarillado incluye a las personas que tienen una conexión a la red de alcantarillado o una fosa séptica o bien a un desagüe, a una barranca grieta, lago o mar.

Tomando en cuenta esta definición, cabe mencionar que para obtener las coberturas se tomó como base la población que habita en viviendas particulares que publica el INEGI. Esta cifra excluye a ocupantes, tanto de refugios como de viviendas móviles, al personal del Servicio Exterior Mexicano y a la población que no fue encontrada cuando los encuestadores visitaron su domicilio.

México se encuentra ubicado entre los meridianos 118°22' y 86°42' de longitud oeste y entre las latitudes 14°32' y 32°43' norte. Según el censo de población y vivienda 2010 del INEGI, en 2010 el 53.2% de la población del país habitaba en cotas superiores a los 1 500 metros sobre el nivel del mar. De los 110.5 millones de personas que habitan en viviendas particulares, 100.5 cuentan con el servicio de agua potable y 99.1 con el de alcantarillado, es decir, 10 millones de personas no cuentan con servicio de agua entubada y 11.5 carecen del servicio de alcantarillado, cifras que representan el 9.1% y 10.4% de la población, respectivamente.

A nivel de entidad federativa, se observa que en 23 estados de la República Mexicana se registra una cobertura de agua potable superior al promedio nacional; sobresalen los estados de Aguascalientes, Coahuila, Colima y Tlaxcala con coberturas superiores al 98%. En contraste, las coberturas en Chiapas, Guerrero y Oaxaca son inferiores al 78%.

Como resultado del trabajo coordinado entre las tres órdenes de gobierno, al 31 de diciembre de 2011 se registró una cobertura nacional de agua potable del 91.6%, al incorporar por primera vez al servicio a 1.8 millones de habitantes. A nivel de entidad federativa, se observa que en 25 estados de la República Mexicana se registra una cobertura superior al promedio nacional, sobresalen Yucatán y Colima con coberturas superiores al 98%. En contraste Chiapas, Oaxaca y Guerrero presentan coberturas inferiores al 80%. (CONAGUA, Edición 2012)



Figura. 2.3. Mapa de la cobertura en el país de agua potable

Por su parte, para atender la demanda de agua potable de los habitantes de la ciudad de México se suministra un caudal promedio de 32 m³/s

El 67 por ciento del caudal suministrado se obtiene de fuentes subterráneas: 55 por ciento del acuífero del valle de México y 12 por ciento del valle del Lerma, el cual se ubica en el Estado de México a 70 km de la gran ciudad. En tanto que el caudal restante se obtiene de fuentes superficiales, 3 por ciento de manantiales ubicados en la zona surponiente de la ciudad y 30 por ciento del sistema Cutzamala, el cual se encuentra en los estados de México y Michoacán, a una distancia de 124 Km de la ciudad. (GDF, 2013)

Tabla 2.1. Fuentes de abastecimiento de la Ciudad de México.(GDF,2013)

Fuentes de Abastecimiento	Municipios de los que se traen los caudales	Caudal promedio de abastecimiento en 2008 (m ³ /s)
Fuentes externas al Distrito Federal		
<i>Fuentes Operadas por la Gerencia de Aguas del Valle de México</i>		
Sistema Cutzamala	Ixtapan del Oro, Valle de Bravo, Donato Guerra, Villa de Allende, Villa Victoria, Almoloya de Juárez, Toluca, Estado de México.	9.575
Sistemas Barrientos y Risco	Tultitlan, Cuautitlán, Tlalnepantla, Estado de México.	2.239
Sistema de Aguas del Sur	Milpa Alta, Tláhuac, Valle de Chalco y La Paz, Estado de México.	0.382
SUBTOTAL		12.196
<i>Fuentes Operadas por el Sistema de Aguas de la Ciudad de México</i>		
Sistema Lerma	Lerma, Ocoyoacac, Otzolotepec, San Lorenzo Oyamel, Temoaya, Xonacatlan, Almoloya de Juárez, Almoloya del Río, Calpuhuac, Ixtlahuaca, Jiquipilco, Joquicingo, San Pedro Techuchulco, Santa Cruz Atizapán y Santiago Tianguistenco, Estado de México.	3.832
Sistema Chiconautla	Ecatepec, Tecamac, Acolman, Estado de México.	1.402
SUBTOTAL		5.234
Fuentes ubicadas dentro del Distrito Federal		
<i>Fuentes Operadas por el Sistema de Aguas de la Ciudad de México</i>		
Pozos a la Red Norte	Azcapotzalco, Gustavo A. Madero, Distrito Federal.	1.037
Pozos a la Red Centro	Benito Juárez, Cuauhtémoc, Coyoacán, Distrito Federal.	2.037

Tabla 2.1. Fuentes de abastecimiento de la Ciudad de México. (cont.)

Fuentes de Abastecimiento	Municipios de los que se traen los caudales	Caudal promedio de abastecimiento en 2008 (m ³ /s)
Fuentes ubicadas dentro del Distrito Federal		
<i>Fuentes Operadas por el Sistema de Aguas de la Ciudad de México</i>		
Pozos a la Red Norte	Azcapotzalco, Gustavo A. Madero, Distrito Federal.	1.037
Pozos a la Red Centro	Benito Juárez, Cuauhtémoc, Coyoacán, Distrito Federal.	2.037
Pozos a la Red Sur	Milpa Alta, Tláhuac, Xochimilco, Distrito Federal.	7.853
Pozos a la Red Oriente	Iztacalco, Iztapalapa, Venustiano Carranza, Distrito Federal.	2.773
Pozos a la Red Poniente	Álvaro Obregón, Cuajimalpa, Magdalena Contreras, Miguel Hidalgo, Tlalpan, Distrito Federal.	0.213
Río Magdalena	Magdalena Contreras, Distrito Federal.	0.203
Manantiales	Álvaro Obregón, Cuajimalpa, Magdalena Contreras, Tlalpan, Distrito Federal.	0.792
SUBTOTAL		14.908
TOTAL AL D. F.		32.338

El Sistema Cutzamala, cuyo caudal es conducido hasta el área metropolitana de la Ciudad de México, cuenta con 6 plantas de bombeo, 2 acueductos de 100 km cada uno, 2 túneles con longitud de 19 km y una canal cubierto con 7.5 km de longitud. Once delegaciones y once municipios se ven beneficiados por este sistema, y el municipio de Netzahualcóyotl es uno de ellos. (CONAGUA, 2006)

El Municipio de Nezahualcóyotl se abastece de agua potable de fuentes federales, estatales y municipales, y hasta el 2009 cubría un 98% del servicio.

El agua potable se distribuye a través de 317 mil 580 metros de red primaria, cuya tubería tiene diámetros de 6 a 42 pulgadas, y con una red secundaria de 954 mil 500 metros, que abastece el líquido con tuberías de diámetros de 3 y 4 pulgadas.

La zona norte recibe el caudal de la explotación proveniente del Ramal Peñón-Texcoco, que se compone de 15 pozos. Mientras que la zona oriente y centro se abastecen a través de la línea de 42 pulgadas de diámetro que proviene del Tanque “La Caldera”, así como de 14 pozos profundos distribuidos en los municipios de Los Reyes, Chimalhuacán y en el propio Municipio. Otra fuente de abastecimiento es el tanque Pantitlán, el cual recibe agua proveniente de la transferencia de caudales del sistema Cutzamala, formando parte del sistema de abastecimiento de agua en bloque de fuentes federales para el municipio Nezahualcóyotl. (Gómez. 2010)



Figura. 2.4. Croquis de las líneas de conducción del sistema Cutzamala.

Con el fin de monitorear la calidad del agua en el municipio, el organismo operador de Nezahualcóyotl, ODAPAS (Organismo Descentralizado de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento) puso en marcha el **"Programa de Calidad del Agua"** en el cual se han realizado las siguientes actividades (ODAPAS, 2013):

Sistemas satelitales de tratamiento de agua residual: Una aplicación en la FES Aragón.

- ⊙ 202 verificaciones de calidad del agua en el sistema de abastecimiento (pozos de extracción, plantas y/o tanques de almacenamiento, en la red y tomas domiciliarias) para la vigilancia de la calidad del agua potable que se suministra al Municipio de Nezahualcóyotl y de esta manera evitar una posible afección en la salud entre a la población que la use y consuma.
- ⊙ Se adicionó gas cloro a 11 126 412.38 m³ de agua de los ocho pozos operados por este Organismo Operador, para la destrucción de microorganismos patógenos a la salud humana y dar cabal cumplimiento con las concentraciones requeridas de cloro residual libre (0.2 mg/L a 1.5 mg/L) según la normatividad en vigencia con respecto a la desinfección del agua extraída y suministrada a la población.
- ⊙ Aún cuando se lleva el control permanente de la desinfección del agua en las fuentes de abastecimiento, esto no es suficiente ya que durante el trayecto de la fuente al consumidor puede sufrir alteraciones en su composición, por ello, se visitaron 1 500 domicilios de forma aleatoria de las 87 colonias del Municipio, para determinar la concentración de cloro residual libre en los puntos terminales de la red de distribución (tomas domiciliarias) como lo indica la NOM-179-SSA1-19981. En dichas visitas domiciliarias se proporcionaron 1 500 dispositivos con pastillas con hipoclorito de calcio para desinfectar el agua almacenada en cisternas y tinacos.



Figura 2.5. Análisis del contenido de cloro *in situ*.

- ⊙ Con el propósito de proporcionar información preventiva sobre el mantenimiento, lavado y desinfección de cisternas y tinacos, en las Jornadas convocadas por el Organismo y del H. Ayuntamiento, se informó a la ciudadanía sobre la importancia de desinfectar el agua y alimentos que se consumen, por lo que se han obsequiado 2, 449 goteros con solución de plata coloidal, capaces de desinfectar 2 938 000 litros de agua.



Figura 2. 6. Entrega de gotas de plata coloidal.

2.2. ALCANTARILLADO

En materia de alcantarillado, al 31 de diciembre de 2011 se registró una cobertura nacional del 90.2%, como resultado de incorporar por primera vez al servicio a 1.6 millones de habitantes. Sin embargo, la población que no cuenta con el servicio asciende a 11.1 millones de habitantes, 100 mil menos que en 2010. A nivel de entidad federativa, se observa que en 18 estados de la República Mexicana se registra una cobertura superior al promedio nacional, sobresalen el Distrito Federal y Colima con coberturas superiores al 98%. En contraste Yucatán, Guerrero y Oaxaca presentan coberturas inferiores al 80%.

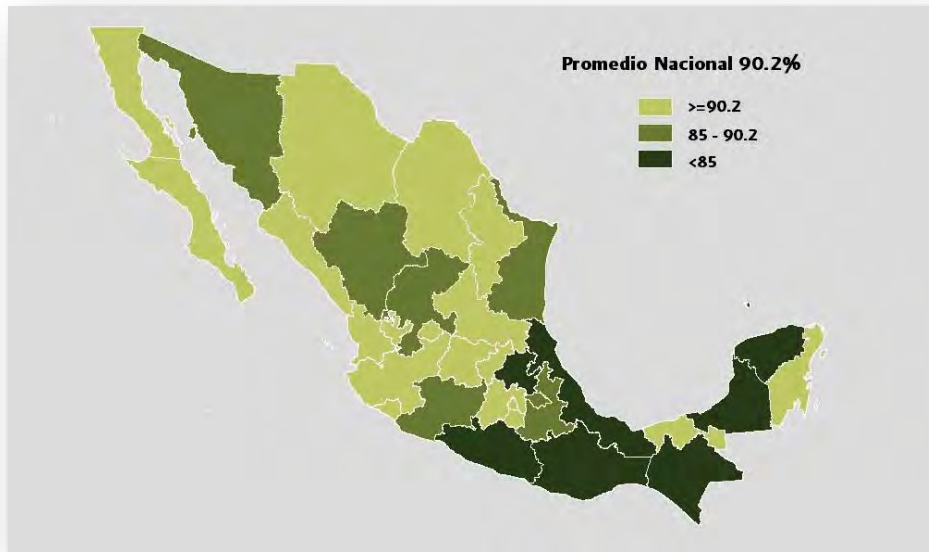


Figura. 2.7. Mapa de la cobertura en el país de alcantarillado.

En el Edo. México se registraron los siguientes datos de cobertura de agua potable y alcantarillado, este estado cuenta con una población de 15 577 867 habitantes, de los cuales 15 343 147 viven en viviendas particulares. El 93.9% es decir 14 413 258 habitantes cuentan con el servicio de agua potable y el 6.1% ósea 929 890 no cuentan con este servicio. Con respecto al alcantarillado 93.9% es decir 14 411 743 cuentan con el servicio lo que nos dice que 6.1% que representan 931 404 habitantes que carecen de este servicio.

En cuanto al Municipio de Nezahualcóyotl, sitio donde se ubica la FES Aragón, la cobertura del servicio de drenaje fue de un 99.80 por ciento, lo que representó una población atendida de 1 millón 200 mil habitantes; la zona carente de servicio es la colonia San Agustín Atlapulco, que no tenía el servicio de drenaje debido a problemas de carácter territorial, pero que inició trabajos de introducción de la red, una vez que la justicia federal determinó la permanencia del lugar dentro del territorio del municipio.

Por la configuración topográfica del terreno, el sistema de drenaje del municipio es casi de forma rectangular, el cual canaliza las aguas residuales de sur a norte y las deposita en el Dren

Sistemas satelitales de tratamiento de agua residual: Una aplicación en la FES Aragón.

Xochiaca y Río de la Compañía, a través de las plantas ubicadas en el Bordo de Xochiaca y Avenida de los Reyes, así como en el Río Churubusco, en el caso de la zona centro-oriente.

El Río de los Remedios es el principal cauce federal de la zona norte y lugar de depósito de aguas residuales.

Con respecto a la infraestructura sanitaria y pluvial del municipio, ésta se compone de colectores que presentan diámetros que van desde 107 a 244 centímetros y conducen las aguas residuales y pluviales hacia las plantas de bombeo (cárcamos). Se tienen 2.6 kilómetros de emisores, que corresponden a los cárcamos Villada, Carmelo Pérez, Esperanza y Los Reyes.

En los municipios conurbados del Estado de México se dispone aproximadamente de 122 plantas de bombeo, de las cuales diez se ubican en el municipio Nezahualcóyotl. (Gómez. 2010)

2.3. TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Aguas residuales

“Las aguas residuales pueden definirse como las aguas que provienen del sistema de abastecimiento de agua de una población, después de haber sido modificadas por diversos usos en actividades domésticas, industriales y comunitarias.....” (Mara, 1976)

Según su origen, las aguas residuales resultan de la combinación de líquidos y residuos sólidos transportados por el agua que proviene de residencias, oficinas, edificios comerciales e instituciones, junto con los residuos de las industrias y de actividades agrícolas, así como de las aguas subterráneas, superficiales o de precipitación que también pueden agregarse eventualmente al agua residual (Mendonca, 1987).

Así, de acuerdo con su origen, las aguas residuales pueden ser clasificadas como:

- ⊙ **Domésticas:** son aquellas utilizadas con fines higiénicos (baños, cocinas, lavanderías, etc.). Consisten básicamente en residuos humanos que llegan a las redes de alcantarillado por medio de descargas de instalaciones hidráulicas de la edificación también en residuos originados en establecimientos comerciales, públicos y similares.

Sistemas satelitales de tratamiento de agua residual: Una aplicación en la FES Aragón.

- ⊙ Industriales: son líquidos generados en los procesos industriales. Poseen características específicas, dependiendo del tipo de industria.
- ⊙ Infiltración y caudal adicionales: las aguas de infiltración penetran en el sistema de alcantarillado a través de los empalmes de las tuberías, paredes de las tuberías defectuosas, tuberías de inspección y limpieza, etc. Hay también aguas pluviales, que son descargadas por medio de varias fuentes, como canales, drenajes y colectores de aguas de lluvias.
- ⊙ Pluviales: son agua de lluvia, que descargan grandes cantidades de agua sobre el suelo. Parte de esta agua es drenada y otra escurre por la superficie, arrastrando arena, tierra, hojas y otros residuos que pueden estar sobre el suelo.

Cada persona genera 1.8 litros de material fecal diariamente, correspondiendo a 113.5 gramos de sólidos secos, incluidos 90 gramos de materia orgánica, 20 gramos de nitrógeno, más otros nutrientes, principalmente fósforo y potasio. (Mara y Cairncross, 1990)

En México a las aguas residuales no se les daban una vital importancia, pues en algunos casos el tratarlas tiene un costo muy elevado, pero debido a que el nivel de estas aguas ha incrementado y es un riesgo para la salud pública ya que eran destinadas a riego o simplemente seguían su curso hasta llegar a ríos y mares.

Las descargas de aguas residuales se clasifican en municipales e industriales. Las primeras corresponden a las que son manejadas en los sistemas de alcantarillado municipales urbanos y rurales, en tanto que las segundas son aquellas descargadas directamente a los cuerpos receptores de propiedad nacional, como es el caso de la industria autoabastecida. Con el objeto de preservar la calidad del agua, se construyen plantas para tratar el agua antes de su descarga a los ríos y cuerpos de agua. En el año 2010, las 2 186 plantas en operación en el país trataron 93.6 metros cúbicos por segundo, es decir el 44.76% de los 209.1 metros cúbicos por segundo recolectados en los sistemas de alcantarillado. (CONAGUA, 2012)

Centros urbanos (descargas municipales):		
Volumen		
Aguas residuales	7.41	km ³ /año (235.1 m ³ /s)
Se recolectan en alcantarillado	6.59	km ³ /año (209.1 m ³ /s)
Se tratan	2.95	km ³ /año (93.6 m ³ /s)
Carga contaminante		
Se generan	2	millones de toneladas de DBO ₅ al año
Se recolectan en alcantarillado	1.78	millones de toneladas de DBO ₅ al año
Se remueven en los sistemas de tratamiento	0.65	millones de toneladas de DBO ₅ al año
Usos no municipales, incluyendo a la industria:		
Volumen		
Aguas residuales no municipales incluyendo industria tratada	6.70	km ³ /año (212.6 m ³ /s)
Agua residual de industria tratada	2.00	km ³ /año (63.6 m ³ /s)
Carga contaminante		
Se generan no municipal	10.05	millones de toneladas de DBO ₅ al año
Se generan en industria	3.00	millones de toneladas de DBO ₅ al año
Se remueven en los sistemas de tratamiento	1.35	millones de toneladas de DBO ₅ al año

Tabla 2.2 Descargas municipales y no municipales 2010

En lo que se refiere al estado de México el tratamiento de algunas de las aguas residuales mezcladas con las del distrito federal, se envían a 85 plantas en operación con una capacidad de 10.89 m³/s y un caudal tratado de 6.35 m³/s. (CONAGUA, 2012)

Actualmente las aguas residuales generadas por la zona metropolitana del valle de México, se envían a Hidalgo y, sin ningún tipo de tratamiento, se utilizan para riego agrícola en más de 80 mil hectáreas de cultivos principalmente de alfalfa y maíz, gracias a esto la actividad agrícola genera altos ingresos, pero también ha traído problemas de salud pública ya que como se menciona no tienen ningún procesos de tratamiento. (SEMARNAT, 2013)

El tratamiento y reutilización de agua es un recurso que se ha desarrollado en las últimas décadas, por lo que hasta agosto del 2009 el agua residual producida por el municipio de Nezahualcóyotl se empleó en la industria, el llenado de lagos, y riego de jardines, esto último a través de la red de riego de agua tratada construida desde 1997 en los camellones de las avenidas principales.

Dada la importancia del recurso líquido, en agosto del 2009 prácticamente concluyó la remodelación de la planta de tratamiento de aguas residuales “Jorge Ayanegui Suárez”, En esta planta, se han producido 91 953 m³ de agua residual tratada, la cual se dispone en el riego de las áreas verdes por medio de la red instalada en la mayoría de los camellones de Avenidas Principales del Municipio. Así mismo se realizaron 750 análisis de agua residual tratada y se le realizaron 39 mantenimientos al equipo hidráulico instalado para su óptimo funcionamiento (ODAPAS, 2013).



Figura 2.8. Monitores de la calidad de agua de la PTAR “Jorge Ayanegui Suárez”.

Así mismo, en la **RED DE RIEGO** se llevaron a cabo las siguientes actividades de mantenimiento para garantizar el suministro de agua tratada:

- ⊙ 1 mantenimiento a cajas de válvulas de la red de riego de agua tratada.
- ⊙ 11 clausuras de tomas de ½” en la red de riego.
- ⊙ 5 reparaciones de fuga en la red de agua residual tratada.

Es importante mencionar que se han realizado reuniones con vecinos que se ubican sus domicilios sobre las avenidas principales para a coordinar y programar el calendario de riego de agua tratada.

Por otra parte se han hecho reuniones y acuerdos con la Constructora de la Obra del Mexibus para tratar sobre las afectaciones que ha ocasionado a la red de riego de agua tratada y de las reparaciones que deberá realizar.

Finalmente, el organismo operador han llevado a cabo 4 Visitas a la Planta de Tratamiento de diferentes Escuelas del Municipio, con la finalidad de que el visitante conozca el proceso del Tratamiento del Agua y promover el uso del Agua Tratada en actividades que no requieran la calidad Potable.



Figura 2.9. Visita a la PTAR “Jorge Ayanegui Suárez”,

CONDICIONES DEL USO Y MANEJO DEL AGUA EN

LA FES ARAGÓN

3.1 ASPECTOS AMBIENTALES

Hay diversos factores que se tienen que tomar en cuenta para hablar sobre la FES Aragón entre ellos su localización, orografía, hidrología, geología clima etc., como se mencionó anteriormente la facultad se encuentre ubicada en el Estado de México dentro del municipio de Nezahualcóyotl. El Estado de México es conocido por su variación o diversidad de ámbitos naturales y de desarrollo es sumamente variable y contrastante en su perspectiva ambiental; en las últimas décadas ha sido transformado de diversas maneras.

La Región IX, Nezahualcóyotl, se localiza al oriente de Estado de México, está integrada por 5 municipios y tiene una población de 1 110 565 de habitantes. Los cinco municipios forman parte de la Zona Metropolitana del Valle de México, la cual por su complejidad, presenta diversos problemas ambientales, entre ellos, altos niveles de contaminación atmosférica, inadecuada disposición de residuos sólidos municipales e insuficiente tratamiento de aguas residuales. A pesar del crecimiento urbano y conurbación de estos municipios, la zona de estudio presenta importantes recursos naturales localizados en la parte que corresponde a la Sierra de Río Frío, así como de zonas agrícolas que requieren ser reactivadas para con ello evitar los cambios de uso de suelo y darles un mejor aprovechamiento a los mismos. Parte de estos recursos naturales conforman el sistema de áreas naturales protegidas que para la Región consisten en dos parques nacionales y tres parques estatales incluyendo un zoológico.

Localización

El Municipio Nezahualcóyotl colinda al norte con la región de Texcoco al este con el estado de Puebla, al sur con la región de Amecameca y al oeste con el Distrito Federal. Se encuentra entre las paralelas 19 °21'56" y 19°30'04 " de latitud norte y las meridianas

Sistemas satelitales de tratamiento de agua residual: Una aplicación en la FES Aragón.

98°57'59" y 99 °04'17" de longitud oeste; con una extensión territorial de 512.76 km² que corresponde a 2.3% del territorio estatal. Su cabecera municipal es Ciudad Nezahualcóyotl con una superficie territorial de 63.44 km² y una altitud de 2 220 metros sobre el nivel del mar.

La FES se localiza en la colonia San Juan de Aragón, cuya dirección es Av. Rancho Seco S/N, se localiza en el Municipio de Netzahualcóyotl, Estado de México, con las coordenadas geográficas 19 °24' de latitud norte y 98°59' de longitud oeste.(Google Earth, 2013)

Hidrografía

La macro región se localiza dentro de una de las regiones hidrológicas más importantes del país, tanto por su extensión como por el volumen de sus corrientes superficiales: la Región hidrológica No. 26 Rio Panuco (RH26) con una extensión de 405.80 km² y un porcentaje de 79.1%, así mismo en la parte oriente se encuentra el parteaguas entre las regiones hidrológicas RH26 y RH18 (Región Hidrológica No.18, Rio Balsas), esta última con una superficie de 106.96 km² y un porcentaje 20.9%.

Durante el recorrido de las corrientes de agua principales sobre el territorio, éstas son recargadas por corrientes tributarias, pequeños afluentes que escurren de manera independiente denominadas subcuencas tributarias. Dentro de la RH26 se presenta la subcuenca tributaria denominada Vaso de Texcoco. En la RH18 están las subcuencas Río Tuzantlapa y Río Chiautonco. Las subcuencas son de gran importancia para su estudio y manejo en la planificación de sistemas de potabilización, distribución de asentamientos humanos, almacenamiento y distribución de agua para riego y prevención de desastres por inundaciones.

Básicamente la hidrografía de la Región tiene su origen en los escurrimientos provenientes de la zona montañosa de la Sierra de Río Frío. Entre los arroyos más representativos están: Texcahuey, la Cruz, Jícaras, San Francisco, el Capulín. Respecto a los ríos, éstos se han convertido en colectores de las descargas de aguas residuales de uso doméstico, por ejemplo,

Sistemas satelitales de tratamiento de agua residual: Una aplicación en la FES Aragón.

el Río de los Remedios, La Compañía y un ramal del Río Churubusco. En el lado poniente de la Región, entre los límites municipales de Nezahualcóyotl y Texcoco se localizan remanentes de los embalses conocidos como Cola de Pato, la Regalada y el Tesorito. El municipio de Nezahualcóyotl tiene 5 cuerpos de agua con una superficie 34.16 ha. (Edo. México, 2003)

Geología

Las rocas más recientes consisten en rocas ígneas o volcánicas de la época Plioceno-Holoceno de la era Cenozoica, con una edad de entre 37 y 10 millones de años de antigüedad. Este tipo de rocas son de composición clástica, andesítica y basáltica, con depósitos piroclásticos y sedimentos fluviales y lacustres producidos simultáneamente con el vulcanismo. Como ejemplos de este tipo de rocas están: andesita, tobas, brecha, basaltos, rolitas y dacitas.

Los edificios volcánicos más notables que caracterizan a la provincia del eje Neovolcánico Transversal son los estratovolcanes ubicados en el complejo de la Sierra Nevada-Río Frío y constituyen algunos de los volcanes más altos del país.

Con relación a la minería la Región IX, Nezahualcóyotl, pertenece al distrito minero de Texcoco Ixtapaluca, en el cual destacan los municipios de Ixtapaluca, Chicoloapan, Chimalhuacán y La Paz. Este distrito abastece de materiales pétreos a un importante mercado de la zona oriente del Distrito Federal y a municipios aledaños. Las sustancias minerales con que cuentan estos municipios consisten en: arena, basalto, grava, tepetate y tezontle. Asimismo, existen 37 localidades de minerales no metálicos las cuales tienen diferentes grados de operación: unas están activas, otras inactivas, algunas son de explotación esporádica o bien no han sido explotadas. (Edo. México, 2003)

Edafología

La región de Netzahualcóyotl presenta 5 tipos de de suelo entre ellos el cambisol y el feozem que son los de mayor extensión y con menor están el regosol, restringido en las

Sistemas satelitales de tratamiento de agua residual: Una aplicación en la FES Aragón.

zonas montañosas el andosol, y el solonchak que son suelos donde se acumulan sales en condiciones de aridez lo que limita el desarrollo de la mayor parte de las especies vegetales; son de color claro y no son aptos para la agricultura. Son propios de zonas que antiguamente fueron lagos y que han sido desecados. Están presentes en las cabeceras municipales de Nezahualcóyotl y La Paz. (Edo. México, 2003)

Clima

El municipio de Netzahualcóyotl está regido por un clima seco estepario o semiárido templado, es el menos seco de los secos, presenta lluvia invernal inferior a 5% con reducida oscilación térmica y la temperatura más elevada ocurre antes del solsticio de verano. Durante la primavera la temperatura comienza a aumentar considerablemente en la mayor parte de la Región. Las temperaturas más elevadas se registran durante mayo. En general, la temperatura media anual oscila entre los 16° y 10° C y la precipitación anual promedio está en el rango de 700 a 1 100 milímetros. Las lluvias más abundantes acontecen en los meses de junio a septiembre, temporada en la cual suelen presentarse desbordamientos de ríos e inundaciones en algunos sitios de los valles. Las lluvias finalizan regularmente en la primera quincena de octubre. (Edo. México, 2003)

Tipo de vegetación

Debido al tipo de clima, variedad de suelos, al relieve y las actividades humanas, los tipos de vegetación que se desarrollan en la región están representados de la siguiente manera, en las zonas montañosas, por bosques de: encino, pino, oyamel y bosque mixto; en el área del ex Lago de Texcoco (al noroeste de Nezahualcóyotl) se encuentra vegetación halófila y gipsófila, es decir, pastos tolerantes a suelos con altas concentraciones de sales y yeso; y en las áreas perturbadas se tiene bosque inducido derivado de las actividades de reforestación.

El bosque de pino se desarrolla en las partes altas de la Sierra Río Frío. Entre las especies arbóreas dominantes de pinos está el pino *Pinus montezumae* asociado con *P. rudis*, *P. leiophylla* y *P. teocote*, asimismo, en el estrato arbustivo los géneros más comunes son: *Eupatorio*, *Senecio*, *Arctostaphylos*, *Baccharis*, *Stevia* y *Buddleia*. En el estrato herbáceo

Sistemas satelitales de tratamiento de agua residual: Una aplicación en la FES Aragón.

destacan las especies leguminosas *Lupinus excelsa* y *Lupinus montana*, y gramíneas como *Festuca toluensis*.

El bosque de oyamel se presenta en los lugares más altos de la Sierra de Río Frío. Esta comunidad vegetal presenta un ecotono con el bosque de pino, por lo que es común encontrar cinturones donde las especies de *Pinus* se encuentran mezcladas con las de oyamel. La especie dominante en esta comunidad es *Abies religiosa*. Donde las condiciones lumínicas lo permiten, existe un estrato arbóreo inferior constituido por *Garrya ovata*, *Buddleia sp* e individuos juveniles de *Abies religiosa*. Dentro del estrato herbáceo, las familias mejor representadas son *Asteraceae* y *Gramineae*.

En el bosque de encino el estrato más importante es el arbóreo, con alturas promedio entre los 15 y 25 metros, las especies dominantes pertenecen a *Quercus rugosa*, *Q. laeta* y *Q. mexicana* y suelen ir acompañadas por especies de los géneros *Arbutus*, *Buddleia*, *Alnus* y *Cupressus*. La presencia o ausencia de un estrato arbustivo bien definido está relacionada con el manejo que se le dé al bosque en cada sitio; así por ejemplo, en áreas donde se extrae madera o en sitios perturbados el estrato arbustivo se encuentra poco representado o no existe. El estrato arbustivo está constituido por distintas especies de las familias *Compositae*, *Labeate*, *Graminae* y *Leguminosae* que resultan ser las más importantes.

Vegetación halófila y gipsófila. Este tipo de vegetación se localiza en la zona que corresponde al ex lago de Texcoco, al noroeste de Nezahualcóyotl. Los pastizales se refieren a las comunidades vegetales en las que predominan las gramíneas adaptadas a vivir en suelos con alto grado de salinidad. Prácticamente solo existe el estrato herbáceo. Entre las especies más representativas están: el zacate salado (*Distichlis spicata*), el romerillo (*Atiplex muricata*) y el romerito (*Suaedanigra sp*). Por otra parte, la vegetación gipsófila se caracterizan por resistir altas concentraciones de yeso (Sulfato de calcio anhidro). Algunas especies existentes en el Estado de México son: *Alcalypha phleoides*, *Cortón ciliatoglandulifer*, *Croton diobicus* y *Traiga nepetifolia*.

En ciertas áreas con altos índices de perturbación y que fueron reforestadas se encuentran bosques cultivados los cuales no presentan una estructura claramente definida, ni una fase de

crecimiento dominante. En éstos se pueden observar especies de pino, cedro, fresno, álamo y otras especies exóticas como el eucalipto, la casuarina y la jacaranda.

3.1.2 MEDIO FÍSICO Y SOCIOCULTURAL DE LA FES ARAGÓN

La Fes Aragón se inauguró el 16 de enero de 1976 siendo la más joven de las multidisciplinarias de la universidad, comenzó su labor educativo el 19 de enero de 1976 con 2 mil 122 alumnos 82 profesores y 200 trabajadores. Se ofrecían 10 carreras profesionales: Arquitectura, Derecho, Economía, Diseño Industrial, Ingenierías Civil y Mecánica Eléctrica, Pedagogía, Periodismo y Comunicación Colectiva(hoy Comunicación y Periodismo), Relaciones Internacionales y Sociología; en 1980, 1981 y 2004 se crearon las licenciaturas en Planificación para el Desarrollo Agropecuario e Ingeniería en Computación así como Derecho mediante el Sistema de Universidad Abierta, Respectivamente.

Gracias a que en febrero de 1974, el Consejo Universitario aprobó el programa el Programa de Descentralización de Estudios Profesionales de la UNAM con el propósito de regular el crecimiento de la población escolar, redistribuir la oferta educativa y contribuir a la expansión y diversificación del sistema de educación superior del país, la zona nororiente del DF, contaría desde entonces con una unidad universitaria más cercana a ese espacio habitacional. (FES Aragón, 2013)

Infraestructura

Cabe destacar la modificación del contexto urbano de una zona semidesértica que rápidamente se pobló y comenzó a ofrecer servicios útiles para la comunidad como alumbrado público, suministro de agua potable, drenaje e incluso fuentes de trabajo, ya que antes de que la FES Aragón se construyera era una zona poco poblada y no contaba con estos servicios.

La FES Aragón tiene una superficie de 400 000m² están destinados a edificios académicos y administrativos; 130 000m² en áreas verdes y 40 000m² en estacionamiento (Delgado, 2005).

Sistemas satelitales de tratamiento de agua residual: Una aplicación en la FES Aragón.

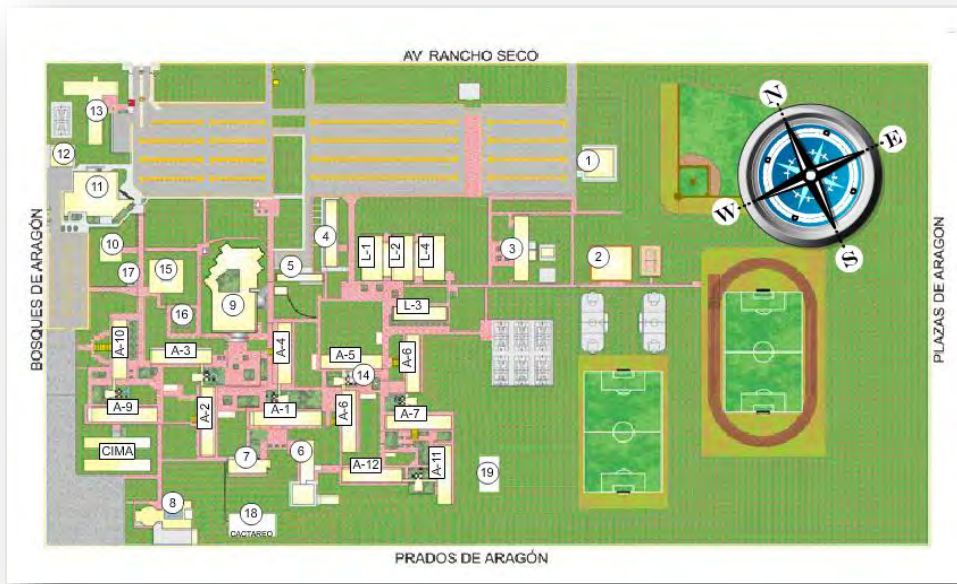


Figura. 3.1. Mapa de la FES Aragón.

En la figura anterior se observa el mapa de la Fes Aragón y se menciona cada edificio que la componen.

1. Salón de usos múltiples
2. Gimnasio de Parquet
3. Edificio de actividades deportivas
4. Almacén, impresión y gimnasio de lucha
5. Servicios generales
6. Talleres de CYP y centro de computo
7. CLE y SUAyEC
8. Centro tecnológico
9. Biblioteca “Jesús Reyes Heróles”
10. Servicio médico y comedor
11. Centro de extensión universitaria
12. Estacionamiento techado
13. Clínica Iztacala
14. Esculturas Edificios A-5 y A-6
15. Edificio de Gobierno

Sistemas satelitales de tratamiento de agua residual: Una aplicación en la FES Aragón.

16. Torres de la Facultad
17. Plaza del Estudiante
18. Cactáceo “Biocalli”
19. Centro de Practicas Productivas

Edificios

- A-1 Relaciones Internacionales, Sociología.
- A-2 Ingeniería en Computación, Ingeniería Mecánica Eléctrica.
- A-3 Arquitectura, Ingeniería Mecánica Eléctrica.
- A-4 Relaciones Internacionales y Comunicación y Periodismo.
- A-5 Ingeniería civil, Diseño Industrial, Ingeniería Mecánica Eléctrica.
- A-6 Pedagogía, Ingeniería civil.
- A-7 Derecho.
- A-8 Ingeniería Civil, Derecho.
- A-9 Derecho.
- A-10 Economía, Ingeniería Mecánica Eléctrica, Planificación para el Desarrollo Agropecuario.
- A-11 Ingeniería civil, Ingeniería Computación, Ingeniería Mecánica Eléctrica.
- L-1 laboratorio Diseño y Manufactura
- L-2 Laboratorio Térmica y Fluido
- L-3 Ingenierías
- L-4 Ingeniería civil, geotecnia y construcción.

Población

En licenciatura, la FES Aragón actualmente atiende a 17,550 alumnos, de los cuales 10,023 son hombres (57.1%) y 7,527 son mujeres (42.9%). La matrícula se distribuye por División Académica y género de la siguiente manera: Ciencias Sociales concentra a 5,219 hombres y 5,200 mujeres, Humanidades y Artes a 1,137 hombres y 1,635 mujeres, Ciencias Físico-Matemáticas y de las Ingenierías a 3,285 hombres y 488 mujeres, Sistema Universidad Abierta a 382 hombres y 204 mujeres.

Sistemas satelitales de tratamiento de agua residual: Una aplicación en la FES Aragón.

La Facultad cuenta con profesores comprometidos con la docencia y con experiencia en su campo profesional, a la fecha la planta académica está conformada por 1,558 profesores, de los cuales 1,305 son profesores de asignatura, 75 profesores de carrera, 46 técnicos académicos y 132 ayudantes de profesor de asignatura “B”. El 5% de los profesores de asignatura son definitivos y el 95% restante son interinos.

3.1.3 USO Y MANEJO DEL AGUA EN LA FES ARAGÓN

Las necesidades ante los retos planteados por la creciente demanda poblacional, particularmente en el segmento estudiantil, han desembocado en el replanteamiento de las características de la infraestructura instalada, particularmente en lo que se refiere al agua, ya que como se ha mencionado es un problema a nivel mundial y la facultad debido a diversas causas como su localización, tiene un fuerte problema para abastecer a la población. (PUMAGUA, 2010)

Principalmente el agua potable en la FES se destina para riego de aéreas verdes, sanitarios, laboratorios y otras actividades como limpieza de las instalaciones.

Con base en los reportes de actividades de el Programa de Manejo, Uso y Reuso del Agua, (PUMAGUA) en la FES Aragón, la situación de la escasez del agua en la institución se debe a diversos motivos como la falta de abastecimiento o la irregularidad del mismo que otorga el municipio así como las constantes fugas que se presentan en la red dada su antigüedad, ya que lleva más de 30 años en funcionamiento, por ésto se consideró pertinente su sustitución; pero no solo estos son los problemas a los que la facultad se enfrenta si no también a la falta de cultura y al desperdicio de este vital recurso.

Para hacer frente a esta situación, el 13 de octubre de 2009 se llevó a cabo la conferencia, *Programa de Manejo, Uso y Reuso del Agua en la UNAM, PUMAGUA* dirigida a la comunidad de la FES Aragón, impartida por el Dr. Fernando González Villareal, Coordinador General del Programa, en la que destacó las ventajas y resultados obtenidos en su implementación en Ciudad Universitaria.

Sistemas satelitales de tratamiento de agua residual: Una aplicación en la FES Aragón.

Posteriormente a la conferencia el M en I. Gilberto García Santamaría, Director de la FES Aragón, anunció la incorporación de la Facultad al programa, PUMAGUA. Las metas a alcanzar se refirieron a disminuir las fugas en las tuberías, fomentar un uso eficiente del agua, implementar sistemas de tratamiento para el aprovechamiento del agua residual y pluvial, contar con la información actualizada de la topografía y de las redes hidráulicas en forma digital, conocer la calidad del agua, así como, el diseño e implementación de campañas de cultura del agua.

Los trabajos del programa PUMAGUA en la FES Aragón se realizan por medio de varios grupos, originalmente se tenían seis de ellos, uno más en Ciudad Universitaria:

- ⊙ Cultura del Agua
- ⊙ Calidad del Agua.
- ⊙ Geomática
- ⊙ Medición
- ⊙ Rehabilitación de plaza y Jardines
- ⊙ Agua pluvial

Sin embargo, con el paso del tiempo, se vio la necesidad de agregar 3 grupos más:

- ⊙ Reciclaje de Agua
- ⊙ Diseño de la Red de Distribución de Agua Potable
- ⊙ Programa Experimental de Reforestación.

Las actividades que se han realizado por los grupos desde la implementación del programa a la fecha se señalan en el cuarto informe de actividades de Director de la Facultad, M. en I. Gilberto García Santamaría Gonzales las cuales se indican a continuación.

3.1.3.1. GRUPO DE MEDICIÓN.

El área responsable de este grupo es la Superintendencia de Mantenimiento y Obras, y las acciones realizadas son:

Sistemas satelitales de tratamiento de agua residual: Una aplicación en la FES Aragón.

- ⊙ Detección y reparación de 27 fugas de la red de distribución de agua potable.
- ⊙ Se cambiaron 7 carátulas de los 19 medidores de agua instalados, debido a que no contaban con una memoria de respaldo para almacenar datos en caso de tener fallas con la antena receptora con lo cual se evita la pérdida de información.
- ⊙ Se proporcionó mantenimiento preventivo a la antena que capta las lecturas de todos los medidores y que se encuentra ubicada en el Centro de Extensión Universitaria.
- ⊙ Se continúan realizando las acciones correspondientes para captar la totalidad de las señales de los medidores, pues actualmente se están captando 12.
- ⊙ Continúa la remodelación y sustitución de muebles sanitarios con dispositivos ahorradores de agua.
- ⊙ Se está proporcionando mantenimiento preventivo a los medidores de agua para garantizar su correcto funcionamiento.
- ⊙ Se hizo limpieza de las cinco cisternas de almacenamiento de agua potable en la Facultad,

Cantidad	Descripción
3	Medidor volumétrico, tipo disco mutante, cuerpo de plástico o de bronce, modelo RCDL M25, tamaño DN 13 mm (1/2") con radio Orión integrado.
7	Medidor volumétrico, tipo disco mutante, cuerpo de plástico o de bronce, modelo RCDL M25, tamaño DN 20 mm (3/4") con radio Orión remoto 22 m de cable.
7	Medidor de turbina, tipo woltman, cuerpo de bronce, modelo RCDL turbo series 1000, DN 100 mm (1") con radio Orión remoto 22 m de cable.
1	Medidor electromagnético modelo magnetoflow carrete y bridas acero al carbón, brida ANSI 150 RF (psi) interior goma dura, electrodos hastelly A, anillos a tierra 316 ss, amplificador remoto 15 mts. de cable fuente 110V" con radio Orión remoto 22 m de cable.

Figura. 3.2. Tipo de medidores instalados en la FES Aragón



Figura. 3.3. Cisterna de Mantenimiento



Figura. 3.4. Cisterna del Centro Tecnológico

3.1.3.2. GRUPO DE CULTURA DEL AGUA.

Tiene como objetivo realizar actividades para concientizar y sensibilizar a la comunidad de la FES Aragón sobre el uso y reuso del agua mediante actividades académicas, artísticas y culturales entre ellas:

- ⊙ Ciclo de cine "Por un mundo sin sed", se proyectaron las siguientes películas: a) *La guerra del agua*, Bolivia; b) *Agua, nuestra vida, nuestra esperanza*; c) *Por un trago de agua*.
- ⊙ Taller de pintura sobre agua.
- ⊙ Taller de murales sobre agua.
- ⊙ Feria del agua.
- ⊙ Concurso de fotografía.
- ⊙ Se continúa con la aplicación del cuestionario en línea con el cual se pretende obtener información sobre la cultura que tiene los alumnos de la Facultad en materia del agua. (figura 3.5)



Figura. 3.5. Conferencia “El Cambio climático y el futuro del agua en México”

Sistemas satelitales de tratamiento de agua residual: Una aplicación en la FES Aragón.



Figura. 3.6. Concurso de mural “Aguas con el Agua”



Figura 3.7. Cartel de la convocatoria para el concurso de cortometrajes.

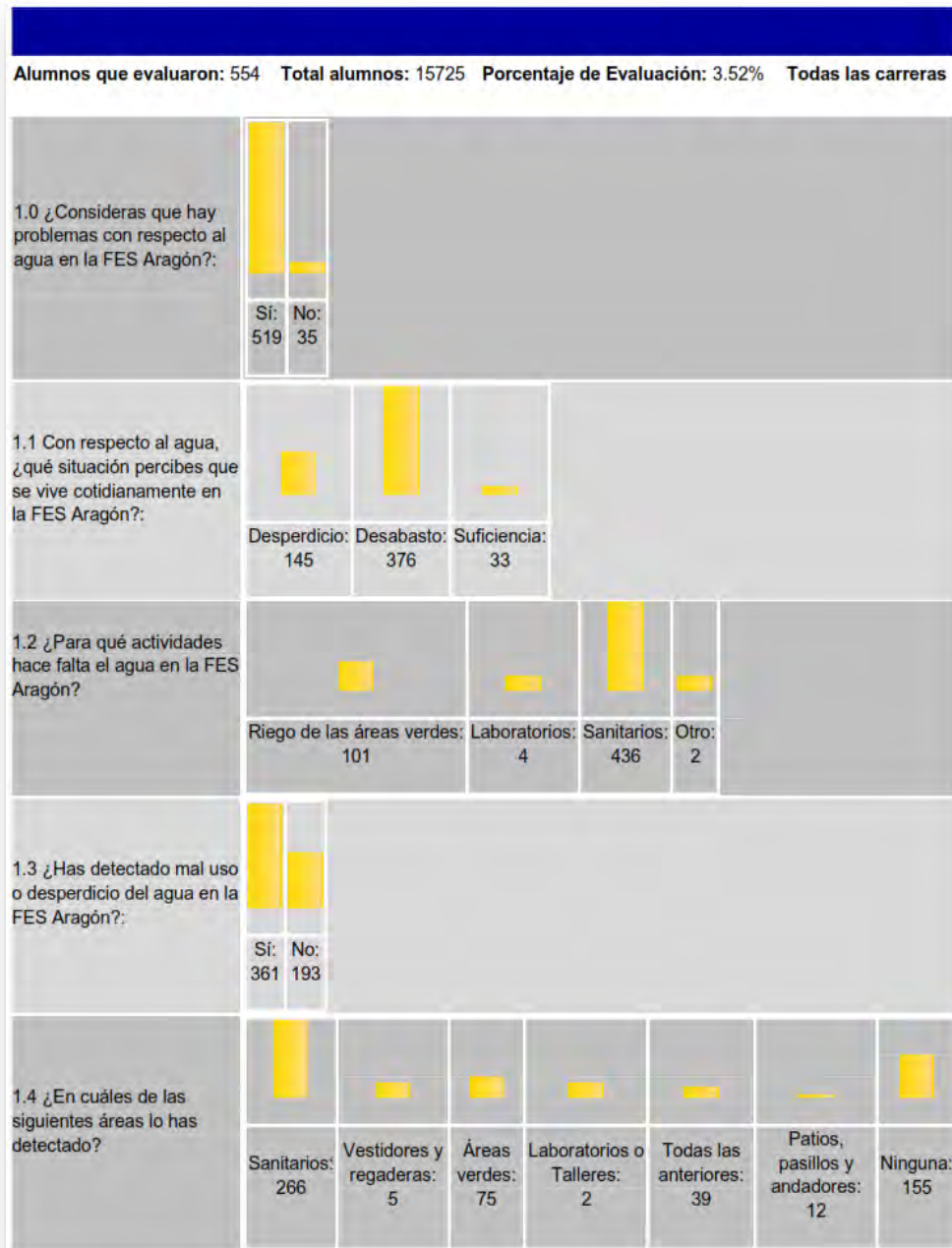


Figura. 3.8. Ejemplo de los resultados de la encuesta aplicada a los alumnos de la FES.

3.1.3.3. GRUPO DE GEOMÁTICA.

Debido al crecimiento de la población especialmente a la demanda estudiantil se necesitaba replantear la infraestructura instalada de la FES Aragón, por ello la necesidad de recabar toda la información grafica (planos) mediante los trabajos de topografía realizados por los encargados de los gabinetes y los prestadores de servicio social el objetivo principal era realizar el plano horizontal que contuviera la ubicación precisa de las diferentes instalaciones de infraestructura, especialmente la hidráulica, después de las actividades realizadas como la capacitación a los prestadores de servicio social y la realización de levantamiento encontraron los siguientes resultados.(PUMAGUA, 2010)

Actualmente, la secretaría Técnica de Ingeniería Civil es la responsable del grupo de Geomática. Se han realizado las siguientes actividades:

- ⊙ Se realizó el trazo de los sitios que serían destinados para las actividades de forestación en el lindero sur de la facultad, durante marzo del 2010. Posteriormente, se repitió esta actividad en 2012 para continuar con la franja de árboles y dar inicio a la segunda etapa del proyecto de reforestación en la institución.
- ⊙ Primera nivelación de los edificios A9 y A10, únicamente en la planta baja, considerando tres puntos distribuidos a nivel de piso.
- ⊙ Se impartió el curso intersemestral *Manejo de la estación total* por el Ing. Axel Velásquez Vargas, por lo que se obtuvieron los levantamientos de configuración en las zonas jardineadas aledañas a la estructura de *Las torres*.
- ⊙ Capacitación de personal para la administración del Sistema de Información Geográfico de todos los levantamientos topográficos que se han realizado.

3.1.3.4. GRUPO DE CALIDAD DEL AGUA

El grupo es responsabilidad del Laboratorio de Ingeniería Ambiental del Centro Tecnológico Aragón. Ha realizado las siguientes actividades:

- ⊙ Monitoreo trimestral de la calidad de las cisternas y la red de distribución de agua potable, que incluye la determinación de 25 parámetros fisicoquímicos.
- ⊙ El monitoreo mensual de la concentración de cloro en la red de distribución de agua potable.
- ⊙ Procesamiento de los datos obtenidos de los medidores de agua para determinar el consumo de cada edificio.
- ⊙ Capacitación de alumnos de servicio social para realizar los procedimientos de toma de muestras de agua potable, limpieza de material y manejo de quipo de laboratorio.
- ⊙ Se hizo una evaluación de las condiciones actuales del sistema de distribución de agua potable y de los sanitarios, para llevar a cabo un comparativo de las condiciones existentes antes de implementar el programa PUMAGUA.
- ⊙ Con el apoyo del laboratorio del Cómputo del Centro Tecnológico se desarrolló un software para el almacenamiento y procesamiento de los resultados de laboratorio aplicados a las muestras de agua.
- ⊙ Participación en el festival H₂O: efecto esperado, llevado a cabo en CU el 6 de septiembre, el que se mostraron los avances al Dr. José Narro Robles.



Figura 3.9. Gaceta Fes Aragón.

3.1.3.5. GRUPO DE REHABILITACIÓN DE PLAZAS Y JARDINES.

Los objetivos de este programa son mejorar la imagen de la facultad, fortalecer y complementar acciones de mejoras ambientales existentes e introducir criterios nuevos para mejora del ambiente en la FES. Actualmente es coordinado por la Jefatura de Arquitectura. Para esto también se llevó a cabo un levantamiento topográfico, y se plantaron metas de los cuales ya hay avances notables.

- ⊙ Re-Pavimentación de las áreas de circulación
- ⊙ Construcción de casetas de acceso vehicular y peatonal
- ⊙ Reposición de guarniciones.
- ⊙ Diseño y colocación de señalizaciones
- ⊙ Catálogo de plantas existentes en la periferia de la FES, con el propósito de mejora del entorno

Sistemas satelitales de tratamiento de agua residual: Una aplicación en la FES Aragón.

3.1.3.6. GRUPO DE AGUA PLUVIAL.

Debido a los encharcamientos que hay en la zonas de transito de la facultad y otras áreas, el Centro Tecnológico Aragón, coordinador de este grupo, tuvo el objetivo de aprovechar esas aguas para diversos usos y reducir el consumo de agua potable en la FES. En las siguientes imágenes se muestran los datos que utilizaron para el desarrollo del proyecto.

Uso de suelo	Superficie (m ²)
Edificios	19,500
Plazas y andadores	19,040
Áreas verdes	139,500
Estacionamiento	36,000
Canchas deportivas	40,000
Reserva territorial	96,760
Total	350,800

Figura. 3.10. Superficie de las áreas a aprovechar

Estación	Período	Precipitación promedio	Precipitación del año más seco	Precipitación del año más lluvioso
Acolman	1981-2000	596.7	437.6	885.3
San Juan de Aragón	1941-2000	586.9	361.5	850.5

Figura. 3.11. Precipitación total anual

Con los datos anteriores se calculó el gasto de agua pluvial que se puede obtener durante la época de lluvia que dio como resultado $Q=4.60 \text{ m}^3/\text{s}$. Con este gasto se diseñó un colector con las siguientes características:

- ⊙ Ser de concreto reforzado con un diámetro de 152 cm
- ⊙ Una pendiente de 5 milésimas y una velocidad de 2.85 m/s (máxima permisible)
- ⊙ Y la combinación de las tuberías de drenaje existentes de la FES, que son de 61 cm y 117 cm de diámetro las cuales descargan a un colector en bosques de África de 122 cm de diámetro

Por lo anterior, no se considera viable la descarga de un sistema combinado hacia la red municipal, a la calle Bosques de África, debido a que se saturaría el colector existente, el cual es insuficiente para el desalojo del agua de lluvia de la colonia Bosques de Aragón, en la que se presentan severos encharcamientos y de hacer la descarga hacia la Avenida Hacienda de Rancho Seco, implicaría una restructuración de la red de drenaje.

Se propusieron 3 alternativas para la captación de agua de lluvia eligiéndose la más óptima. Esta propuesta plantea captar el agua de lluvia de los estacionamientos, a través de canales paralelos a las guarniciones de las banquetas con rejillas a nivel de la superficie. El gasto se concentraría en estructuras de concreto y las aportaciones de edificios cercanos a estas zonas también serían canalizadas a dichas estructuras. El agua recibiría un tratamiento para la remoción de los sólidos y así lograr una calidad óptima para después conducirla a la cisterna principal y abastecer la red de distribución. Se tuvieron en cuenta los siguientes datos:

- ⊙ La obra se llevaría a cabo en espacios abiertos perimetrales a los edificios, lo que ocasionaría menos molestias a los miembros de la comunidad.
- ⊙ No implica la modificación de la infraestructura existente.
- ⊙ El gasto que puede captarse es considerable: $Q = 27.78(0.83)(26.8)(3.6) = 2,225 \text{ L/s}$
($2.22 \text{ m}^3 / \text{s}$)

- ⊙ El gasto captado representaría, aproximadamente, el consumo de 5 días de la comunidad de toda la Facultad, considerando solamente el área de los estacionamientos.
- ⊙ Se reduciría sensiblemente la aportación de agua al drenaje.



Figura. 3.12. Zonas de captación de agua de lluvia.

Para complementar el proyecto que ya se desarrolló, se efectuarían estudios de las diversas tecnologías para el almacenamiento del agua captada.

3.1.3.7. DISEÑO DE RED DE AGUA POTABLE FES ARAGÓN

Este trabajo no estaba contemplado dentro del programa PUMAGUA en la FES Aragón, pero surge como consecuencia de la evaluación de los responsables del mismo en esta facultad; debido a la antigüedad de la red, de más de treinta años, así como las constantes fugas que se presentan en las mismas, se consideró pertinente su sustitución. Este trabajo se inició el 16 de marzo del 2010.

A continuación se mencionan los trabajos realizados.

Sistemas satelitales de tratamiento de agua residual: Una aplicación en la FES Aragón.

- ⊙ ***Recopilación de Información;*** llevaron acabo un exhaustivo trabajo de investigación documental consultando trabajos previos de distintas instituciones así como tesis relacionadas con el tema, reportes presentados por otros grupos del programa PUMAGUA de esta entidad académica. Ya con la información recopilada procedieron a verificar la infraestructura en campo, hicieron recorridos a las diversas instalaciones de red de agua potable de la facultad (toma de agua potable, cisternas, equipos electromecánicos, cajas de conexión, muebles de baño, etc.). Con la verificación obtenida realizó un reporte sobre la situación actual de la red.

- ⊙ ***Determinación de los datos de proyecto;*** con la información recopilada y analizada, se determinaron los datos de proyecto como la dotación asignada a cada miembro de da facultad, el gasto demandado de cada edificio, el gasto total requerido de la red municipal, así como la capacidad recomendada de almacenamiento en las cisternas.

- ⊙ ***Análisis de funcionamiento del sistema;*** en el caso de la FES Aragón, no se llevó a cabo la simulación del estado actual, dado que se busca realizar un proyecto nuevo, agregando también que no existía un plano de la red en el cual se señalara los distintos tipos de materiales, conexiones y diámetros que la conforman. Además, como se había mencionado anteriormente, la red tiene más de treinta años, presentando una gran cantidad de fugas en las tuberías, generadas por las condiciones físicas en que se encuentran así como por factores externos entre los que señalaron: el colchón insuficiente sobre los conductos, la existencia de vegetación que incide sobre éstos y practicas inapropiadas de relleno en las zanjas después de reparar las fugas.

3.1.3.7.1. PROBLEMÁTICA DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN

Con base al análisis y la revisión física de la red, así como la demanda de agua potable se concluyó lo siguiente:

- ⊙ La red rebasaba por mucho la vida de útil considerada para un sistema de distribución de agua potable de 20 años.

Sistemas satelitales de tratamiento de agua residual: Una aplicación en la FES Aragón.

- ⊙ El gasto suministrado por la red municipal es irregular e insuficiente.
- ⊙ La mayoría de las instalaciones son abastecidas a partir de los equipos del edificio de mantenimiento.
- ⊙ Los asentamientos de los edificios afecta las conexiones de las tuberías en las cajas de operación.
- ⊙ La vegetación afecta la estabilidad de las tuberías, al modificar las condiciones de trazo y profundidades de las mismas.
- ⊙ La erosión en las áreas de tránsito a reducido el colchón del suelo sobre las tuberías el cual protege de las cargas superficiales.
- ⊙ Los materiales de rellenos utilizados en la reparación de las fugas no son los apropiados.

3.1.3.7.2. PROPUESTAS

Debido a que la red resultaba inoperante y rebasó la vida útil, se propuso una nueva red de distribución considerando nuevos trazos con el fin de liberar las interferencias existentes, llegándose a las siguientes observaciones:

- ⊙ En la construcción de la red se contemplará el encofrado de la tubería, poniendo especial atención en la protección de las conexiones de las líneas con las cajas.
- ⊙ El arreglo de la red de distribución se considera separado de la red de riego.
- ⊙ Se propone aumentar la capacidad de regularización de la (cisterna), con la construcción de una cisterna que pertenezca al sistema del edificio de mantenimiento, que permita incrementar la reserva de agua.

- ⊙ Se hará una distribución más equitativa del gasto suministrado, aprovechando lo más posible las instalaciones electromecánicas del edificio de vestidores y gimnasio. Para lo anterior se hará un replanteamiento, de los dos sistemas de abastecimiento existente.

Se hicieron mejoras al proyecto ejecutivo, con lo que se fortaleció la eficiencia hidráulica de la red, también se evaluaron diversos materiales para disminuir fugas de agua.

3.1.3.8. PROYECTO DE REFORESTACIÓN EXPERIMENTAL

Está a cargo de la Bióloga Araceli Gutiérrez de la Rosa, del Centro Tecnológico Aragón, la cual, con base en los análisis Físico- Químicos de suelo de la facultad, realizados por el Laboratorio de Ingeniería Ambiental del mismo Centro, eligió las especies arbóreas más pertinentes para plantar el área que está localizada en la barda perimetral sur de la facultad que colinda con la av. Prados del Roble la cual es una zona muy deteriorada de la escuela y no contaba con vegetación. Los análisis de suelo indicaron la presencia considerable de sales y un pH muy alcalino por lo que se seleccionaron especies halófitas, esto es árboles y arbustos que crecen en medios salinos y alcalinos. También se consideró la escasez de agua por lo que se seleccionaron especies que toleran un riego escaso o moderado.

El proyecto de reforestación arrancó con la donación de árboles por parte del vivero Nezahualcóyotl y del vivero de Bordo Poniente. El grupo de Geomática, trazó una línea a 5 m de separación de la barda y otra paralela a 3 m de distancia en la que una máquina retroexcavadora hizo 120 cepas de 1.20 metros de largo por 1 m. de ancho y 1 m. de profundidad en las cuales se plantaron los arboles con cuidado de no lastimar las raíces. Inicialmente se tuvieron dificultades para el riego de los árboles ya que no se contaba una toma de agua cerca, pero posteriormente se instaló una que facilitó el trabajo.

Se han venido realizando los siguientes trabajos:

- ⊙ A partir de entonces, se realizan a Actividades de mantenimiento a 96 árboles trasplantados en el año 2010, las cuales consisten en el deshierbe, poda y combate de plagas.

- ⊙ Se riegan los 96árboles durante los meses de enero a abril, que son los más secos del año,
- ⊙ Selección y limpieza de semillas de diferentes especies de *dahlia* y *cosmos*.
- ⊙ Germinación de semillas *dahlia* y *cosmos* en charolas de plástico. Se probaron 2 sustratos de una mezcla de composta-tepojal, una de ellas en una relación 50:50 y la otra 75:25.
- ⊙ Mantenimiento de la colección de dahlias que incluye poda, riego, deshierbe y combate de plagas, utilizando control biológico de catarinas.
- ⊙ Mantenimiento de las plantas propagadas desde el año 2010, incluyendo los macetones de barro dentro del edificio del CTA y patio.
- ⊙ Propagación vegetativa de crasuláceas a partir de hojas de 5 especies de crasuláceas. Se tiene al redor de 300 plantas.
- ⊙ Trasplanté de 100 crasuláceas a maceta de plástico de 6 in, así como 50 a macetas de 4 in.
- ⊙ Trasplanté de 200 plantas suculentas a macetas de plástico de 9 in, por lo que se utilizó un sustrato de 60% tepojal y 40% de composta.
- ⊙ Construcción de un invernadero de 100 m² denominado *Miztli* para la propagación de cactáceas y otras plantas suculentas.
- ⊙ Se adquirió un molino triturador de ramas y hojas para producir composta.
- ⊙ Atención y orientación a 22 alumnos de diferentes carreras sobre trabajos de medio ambiente y vegetación.



Figura. 3.13. Riego a los arboles trasplantados.



Figura. 3.14. Vista del Dr. José Narro Robles al invernadero *Miztli*.

3.1.3.9 RECICLE DE AGUA

Debido a que hay una preocupación grande por el uso de agua potable para el riego de áreas verdes y debido a que no existe una planta de tratamiento de agua residual en la facultad, aunque ya sean plantado alternativas en trabajos de tesis donde se proponen tecnologías; el Grupo de Reciclaje de Agua cuyo responsable es el Centro Tecnológico se ha dado a la tarea de recopilar y generar la información necesaria para establecer los criterios de diseños adecuados que aseguren una calidad óptima para su riego en áreas verdes dentro de la facultad.

Entre las actividades desarrolladas por este equipo están el recorrido a lo largo del colector principal de aguas residuales, la inspección visual de las atarjeas, la determinación de algunos parámetros mencionados en la NOM-002-SEMARNAT- 1996 que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a sistemas de alcantarillado, de una muestra compuesta proveniente del colector de lo cual identificaron las siguientes situaciones:

- ⊙ El colector principal presenta contra pendientes considerables, provocando azolves y estancamientos de agua.
- ⊙ El colector descarga de oriente a poniente de la facultad hacia la calle bosques de África, en dirección opuesta de donde se localiza el terreno disponible para albergar una planta de tratamiento de aguas residuales.
- ⊙ El tipo de suelo posee una baja capacidad de carga.
- ⊙ El flujo del agua residual disminuye, durante la noche, fines de semana y períodos vacacionales.
- ⊙ Se carece de equipo para la medición de gastos reales dentro de la red de alcantarillado.
- ⊙ Falta mantenimiento en la red y colector, pues hay presencia de grandes cantidades de sedimento, así como de residuos de gran tamaño como vasos, hojas, envases de refresco, etc.

- ⊙ De acuerdo a la medición de conductividad eléctrica que se hizo se pueden inferir infiltraciones del suelo.
- ⊙ El agua residual puede considerarse como de carga débil, ligeramente alcalina y en condiciones anaerobias.

El grupo también ha realizado las siguientes actividades:

- ⊙ Evaluación de las condiciones actuales del sistema de alcantarillado, para realizar un comparativo de cómo se encontraba el sistema antes de la implementación del programa PUMAGUA.
- ⊙ Con apoyo del laboratorio de Cómputo del Centro Tecnológico se desarrolló un software para el almacenamiento y procesamiento de los resultados de los análisis de laboratorio aplicados a las muestras de agua residual generada en la Facultad.
- ⊙ De forma semestral se llevan a cabo análisis fisicoquímicos (épocas de lluvia y estiaje) para conocer sus características y variaciones de constituyentes.
- ⊙ Determinación de los gastos de agua residual a partir de las mediciones obtenidas del consumo de agua potable de los edificios.
- ⊙ Construcción de un humedal artificial a un costado del Centro Tecnológico que se alimenta con el agua proveniente del pozo que recolecta las aguas servidas de los edificios A1-A4, A5-A6, A11-A12 y Centro de Cómputo para obtención de parámetros de diseño en las condiciones imperantes del entorno de la FES.



Figura. 3.15. Recorrido del colector principal



Figura. 3.16. Análisis al pozo.

DISEÑO DE UN SISTEMA SATELITAL DE TRATAMIENTO EN FES ARAGÓN

4.1 DETERMINACIÓN DE CAUDALES DE AGUA RESIDUAL Y CARACTERIZACIÓN

Determinación de caudales.

Se estimó el caudal de agua residual a tratar con base en las lecturas de los medidores de agua potable de cada edificio de interés involucrado en este diseño, los cuales son: Edificio de aulas A1-A4, A5-A-6, A11-A12 y Centro de Cómputo. Los datos fueron proporcionados por el programa la PUMAGUA activo en la facultad desde 2010. Posteriormente, considerando que el 80% del agua potable se transforma en agua residual, se obtuvo un gasto de diseño de 25.3 m³/d.

Caracterización.

El 3 de agosto de 2012 se realizó la caracterización del agua residual cruda, en el laboratorio de Ingeniería Ambiental del Centro Tecnológico obteniéndose los siguientes resultados. (Tabla 4.1)

Tabla 4.1. Caracterización del agua residual proveniente del pozo 35 de la red de alcantarillado de la FES Aragón

Parámetro	Valor
pH	7.7
Temperatura	22.4 °C
Oxígeno Disuelto	0.52 mg/L

Tabla 4.1. Caracterización del agua residual proveniente del pozo 35 de la red de alcantarillado de la FES Aragón (Cont.)

Parámetro	Valor
Porcentaje de Saturación	6.2%
Conductividad Eléctrica	5.33 mS
Salinidad	3 ppt
Turbidez	202 UTN
NH ₃ - N	107.5 mg/L
NO ₂ -N	0.275 mg/L
NO ₃ -N	17.5 mg/L
PO ₄ ³⁻	40.5 mg/L
SO ₄ ²⁻	100 mg/L
Sólidos Totales	3564 mg/L
Sólidos Totales Volátiles	2872mg/L
Sólidos Totales Fijos	692 mg/L
Sólidos Suspendidos Totales	165 mg/L
Sólidos Suspendidos Volátiles	141 mg/L
Sólidos Suspendidos Fijos	24 mg/L
Grasas y Aceites	255 mg/L
Cloruros	387.3 mg/L
Alcalinidad	17.50CaCO ₃ mg/L
DQO total	769 mg/L
DQO soluble	529 mg/L
DBO ₅ total	300 mg/L
DBO _{uc}	341 mg/L
DBO/DQO _s	0.64



Figura 4.1. Análisis de la muestra de agua residual

4.1.2 TREN DE TRATAMIENTO DEL SISTEMA SATELITAL

El tren de tratamiento para el sistema satelital propuesto para la facultad consistirá en un cribado grueso mediante rejillas, una fosa séptica, humedales artificiales de flujo horizontal, y un sistema de desinfección por cloro, de modo que el efluente pueda emplearse para el riego de las áreas verdes aledañas cumpliendo con la NOM- SEMARNAT-003, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes para aguas residuales tratadas que se reúsen en servicios al público.

Los humedales propuestos no requieren el uso de bombas ni consumo alguno de energía eléctrica, siendo los elementos fundamentales en el proceso de depuración, la cámara de pretratamiento y el canal sembrado con plantas. Como puede verse en los croquis en corte, todo el recorrido de las aguas residuales es subterráneo, lo que garantiza que no haya emisión de olores, ni otros perjuicios para el ambiente y las personas. (Latchinian Aramis, Ghislieri Daniel, 2009)

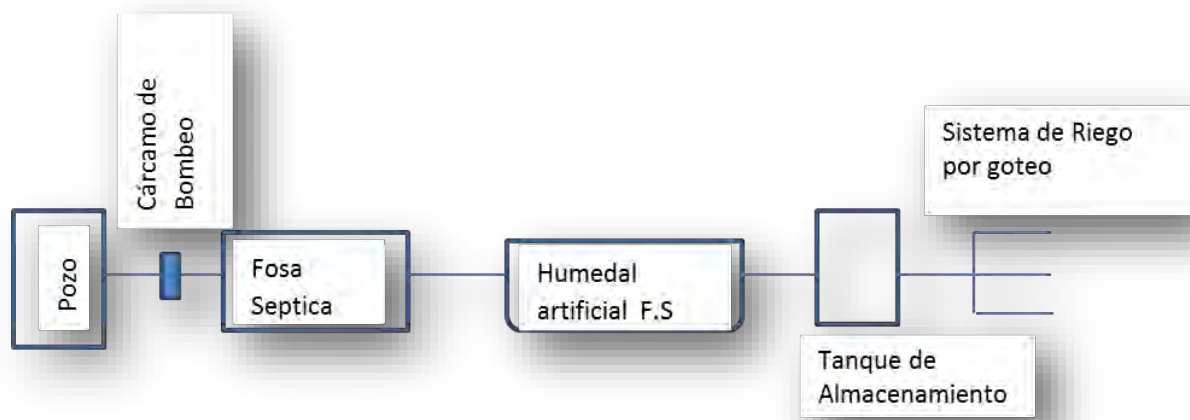


Figura 4.2. Tren de tratamiento de humedal propuesto.

Tratamiento Primario: Fosa Séptica

Para conseguir una mayor eliminación de los sólidos en suspensión presentes en las aguas residuales a tratar, y minimizar por tanto los riesgos de colmatación del sustrato filtrante, se recurre a la implantación de fosas sépticas o tanques Imhoff, como paso previo a la alimentación a los humedales. (Gómez Raúl, 2013)

La cámara de pretratamiento tiene como finalidad principal la fragmentación y remoción parcial de los sólidos orgánicos contenidos en las aguas servidas. Esta función se realiza principalmente por sedimentación de dichas materias en la cámara, consiguiéndose así que de la misma salga un líquido sin materiales grandes en suspensión. Sin embargo, este proceso no culmina con la sedimentación, sino que ocurre un proceso de degradación biológica de los sedimentos en el interior del tanque, lo que provoca la descomposición parcial de los mismos. (Latchinian Aramis, Ghislieri Daniel, 2009)

Tratamiento Secundario: Humedales Artificiales

En el tratamiento secundario está constituido por los propios Humedales Artificiales, que se alimentan con los efluentes procedentes de las fosas sépticas o de los tanques Imhoff. (Gómez

Sistemas satelitales de tratamiento de agua residual: Una aplicación en la FES Aragón.

Raúl, 2013).Cumple la función de depuración final de las aguas descargadas. Los materiales orgánicos solubles, y aquellos que se formaron durante la digestión de los sólidos sedimentados en la cámara de pretratamiento, son degradados naturalmente durante su flujo a través del lecho con plantas, por el ecosistema formado en torno a las raíces de éstas. Como resultado de este tratamiento, se obtiene agua de calidad adecuada para su reutilización en riego. (Latchinian Aramis, Ghislieri Daniel, 2009)

4.1.3. CONEXIÓN DEL POZO DE VISITA AL CÁRCAMO DE BOMBEO

Como se mencionó, el agua residual a tratar provendrá del pozo de visita ubicado en el Jardín Académico de la FES Aragón, la plantilla de la tubería más profunda se encuentra aproximadamente a 2m, por lo que será necesario bombearla para vencer esta altura y evitar una excavación excesiva, para ello se conducirá el agua residual con una tubería de polietileno de alta densidad para drenaje de diámetro igual al que se localiza en el pozo es de decir, de 45 cm hasta el cárcamo de bombeo, el cual tendrá una bomba trituradora para evitar el uso de rejillas.

4.1.4. CÁRCAMO DE BOMBEO

En general se definen estas estructuras como recipientes en los cuales se reciben las aguas de cualquier clase y a partir de ellos se efectúan las operaciones de bombeo a una cota superior al nivel de aguas máximas que se acepten en ellas. (Flores Alberto, 2009)

Los cárcamos de bombeo se usan para impulsar todo tipo de agua (residual, pluvial, industrial, etc.) (CONAGUA, 2007)

Para el agua potable o para fines industriales los afluentes pueden ser alimentaciones por gravedad o bien alimentaciones de sistemas de bombeo que requiere una elevación a un nivel superior; a éstos se les llama también estaciones de re-bombeo. (Flores Alberto, 2009)

En el caso de estaciones de bombeo de aguas negras, el cárcamo de bombeo es el receptor de los diversos colectores que componen el sistema sanitario. Las cotas a las que se reciben estas

Sistemas satelitales de tratamiento de agua residual: Una aplicación en la FES Aragón.

aguas son casi siempre inferiores a las cotas del nivel de terreno debido a las pendientes de los colectores; por lo que es necesario movilizar las aguas negras, bien sea a una planta de tratamiento o a otros cárcamos con mayor elevación y capacidad mayor. (Flores Alberto, 2009)

Clasificación

Los cárcamos de bombeo se pueden clasificar de diversas formas acuerdo con:

- ⊙ Su capacidad.
- ⊙ El método de construcción empleado (en el sitio, prefabricados, etc.).
- ⊙ La ubicación de las bombas.
- ⊙ La fuente de energía (eléctrica, motores diesel, etc.). (CONAGUA, 2007)

La capacidad de los cárcamos convencionales oscilan entre 0.02 y >0.65 m³/s. Se emplean cuándo: 1) las condiciones locales impiden el uso de cárcamos prefabricados, 2) la magnitud o la variación del caudal es tal que excede la capacidad manejada por las instalaciones prefabricadas. En otras palabras, cada uno es diseñado en forma específica para adecuarlo a las condiciones locales. En la Tabla 4.2 se aprecia una clasificación de acuerdo con su capacidad para dos tipos de cárcamos (prefabricados y convencionales).

Tabla 4.2. Clasificación de los cárcamos de bombeo según su capacidad y método constructivo utilizado.

Capacidad m ³ /s	Clase/tipo
	Prefabricado
< 0.02	Eyectores neumáticos
0.006 - 0.03	Cámara de succión

0.006 - >0.1	Cámara seca
	Convencional
0.02 - 0.09	Pequeño
0.06- 0.65	Mediano
>0.65	Grande

Por el método constructivo

Los cárcamos prefabricados son suministrados en módulos que incluyen todos los equipos y componentes ya montados. En los últimos años, las instalaciones prefabricadas se han popularizado y se llega a conseguir en la actualidad instalaciones de capacidades superiores.

Por la ubicación de las bombas

Los cárcamos de bombeo pueden poseer dos cámaras, una seca y otra húmeda. En la primera se colocan los equipos de bombeo, en tanto que en la segunda se almacena el agua. Esta combinación conforma un cárcamo seco. Para pequeños volúmenes, se usan cárcamos húmedos en los cuales el equipo de bombeo está sumergido en el agua, en tanto que el equipo eléctrico se ubica a pie del cárcamo.

4.1.4.1. CONSIDERACIONES PARA LA SELECCIÓN DE UN CÁRCAMO

Personal para la operación de un cárcamo de bombeo

Los cárcamos de bombeo modernos están completamente automatizados. Sin embargo, los pequeños reciben una inspección diaria del funcionamiento y engrase de los equipos instalados. En la mayoría de los casos, es suficiente disponer de una o dos personas para la operación. Muchos problemas de funcionamiento de las bombas resultan de un diseño

Sistemas satelitales de tratamiento de agua residual: Una aplicación en la FES Aragón.

inadecuado del cárcamo de bombeo. Entre los principales se pueden citar la formación de turbulencias que afectan a la altura de succión y al rendimiento de las bombas.

Consideraciones relativas al diseño de la cámara de succión

El agua residual penetra en el cárcamo de bombeo a través de la tubería de llegada proveniente del alcantarillado. Los gases del agua residual así como los materiales inflamables que pueda contener la misma deben ser venteados al exterior, por lo que un diseño incorrecto puede causar explosiones. Para reducir este riesgo, todas las instalaciones eléctricas deben ser a prueba de explosiones. (CONAGUA, 2007)

4.1.4.2. CONSTRUCCIÓN

Para realizar el cálculo estructural de un cárcamo de bombeo siempre se debe de contar con un proyecto funcional. Los planos funcionales son realizados por Ingenieros especialistas en Hidráulica. El volumen mínimo necesario del cárcamo de bombeo depende del tipo y funcionamiento de las bombas. Con base en la geometría propuesta el Ingeniero encargado del cálculo estructural deberá determinar el espesor de los muros, losas y el procedimiento constructivo.

La estructura de los cárcamos de bombeo debe ser de concreto reforzado. Las paredes exteriores que quedan enterradas así como las interiores que se encuentran por debajo del nivel máximo del agua deben ser tratadas con un revestimiento que evite filtraciones. La estructura exterior debe construirse a prueba de incendio. Tanto la cámara húmeda como la seca deben estar aisladas entre sí, lo cual exige que las paredes de separación sean aisladas al vapor, y las juntas de todas las tuberías y pasamuros aisladas al gas.

La geometría y el procedimiento constructivo es determinado por las limitaciones del lugar y se deberá realizar un proyecto estructural que ante todo respete las restricciones impuestas de espacio. Es importante mencionar que si se tiene un área muy reducida será recomendable construir la estructura mediante el procedimiento constructivo llamado, muro Milán. Si se tiene espacio suficiente se puede excavar y realizar taludes y así poder colocar la cimbra y colar los muros de la manera tradicional.

Las secciones más empleadas son las cuadradas y rectangulares ya que permiten una mejor utilización del espacio y una fácil separación entre la cámara de bombeo y la seca. Sin embargo, en cárcamos profundos el empleo de secciones circulares conviene, pues son más resistentes a las sobrecargas que las rectangulares. (CONAGUA, 2007)

4.1.4.3. UBICACIÓN

Para definir la localización de un cárcamo de bombeo se deben considerar las condiciones físicas del lugar y su situación con respecto a las obras de toma y descarga. El lugar debe ser estable, sin peligro de derrumbes, lejos de cruces con arroyos y en un terreno consistente. La falta de esta última característica aumenta el costo de la estructura, ya que no es igual excavar en un terreno rocoso que en una arcilla frágil. Se puede aseverar que para una misma profundidad los problemas de ademe se incrementan con suelos menos estables. (CONAGUA, 2007)

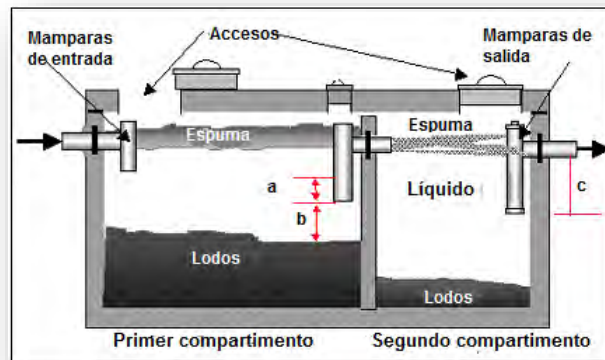
4.1.5. DISEÑO DE LA FOSA SÉPTICA

La fosa séptica es un recipiente hermético diseñado y construido para recibir las aguas de desecho de una casa, separar los sólidos de los líquidos, suministrar una digestión limitada a la materia orgánica retenida, almacenar los sólidos y permitir que el líquido clarificado sea descargado para su posterior tratamiento y disposición. (Collado L, Quintal Franco, 1992). Un tanque típico de dos compartimentos para una unidad de vivienda y se muestra en la figura 4.2

Los sólidos más pesados del efluente se depositan en el fondo del tanque formando un manto de lodos. Los sólidos más ligeros, incluyendo grasas y aceites, se van a la superficie formando una capa de espuma. Una porción considerable de lodo y espuma se licúa a través de procesos de descomposición y digestión.

El gas proveniente del lodo de estos procesos arrastra algunos de los sólidos hacia la superficie donde se acumulan con la espuma. Una digestión posterior puede ocurrir en la espuma, y parte de los sólidos podrían sedimentarse nuevamente en la capa de lodo inferior. Este proceso puede retardarse, si existe un exceso de grasas en la capa de espuma. El líquido parcialmente clarificado entre el lodo y la espuma, fluye hacia una salida ubicada por debajo de la capa

espumosa. El uso apropiado de mamparas dentro de las fosas sépticas minimizará la salida de espumas.



a = espacio libre de espumas (3 in mínimo)

b = espacio libre de lodos (12 in mínimo)

c = 40% de la profundidad del líquido

La primera cámara debe medir 2/3 de la longitud (lodos)

Figura 4.3.Fosa séptica de dos compartimentos.

Las consideraciones de diseño de las fosas sépticas incluyen la determinación del volumen apropiado, elegir entre un compartimento o dos, selección del material de construcción y colocación en el sitio. La fosa séptica debe diseñarse para asegurar la remoción de la mayor cantidad de sólidos en el afluente de agua residual. Las consideraciones básicas y clave para fosas sépticas que tratarán el agua proveniente de una vivienda son (EPA. 1980):

- ⊙ Volumen de líquido suficiente para asegurar un tiempo de retención de 24 h a la profundidad máxima de acumulación de lodo y espumas.
- ⊙ Dispositivos de entrada y salida para prevenir la descarga de lodo y espuma en el efluente.

- ⊙ Espacio suficiente para almacenar lodo para prevenir la descarga de éste y espuma en el efluente.
- ⊙ Ventilación apropiada para permitir el escape de metano y los gases de sulfuro de hidrógeno acumulados.

Volumen de la fosa séptica.

Es importante que los tanques sean dimensionados con base en el caudal que se va a tratar. Se puede proporcionar un factor de seguridad para permitir las variaciones de carga en el agua residual y cambios futuros en el tipo de desechos que contiene. Sobredimensionar las fosas no es conveniente desde el punto de vista económico, y subdimensionarlas provocará un efluente con una calidad menor a la requerida para sistemas de absorción en suelo. El primer paso para seleccionar el volumen apropiado es determinar el volumen promedio de agua residual generada en la fuente o fuentes a manejar. Esta determinación debe hacerse con base en mediciones de los caudales actuales, sin embargo, las mediciones no serán posibles para una sola vivienda, establecimientos comerciales o plantas industriales en construcción.

El volumen de diseño para una sola casa puede estimarse en función del número de personas en cada dormitorio. La contribución promedio de agua residual es aproximadamente de 45 galones por habitante al día (170 L/hab-d). Como un factor de seguridad, un valor de 75 galones por habitante al día (284 170 L/hab-d) puede acoplarse con una densidad de vivienda potencial máxima de dos personas por habitación, produciendo un flujo de diseño teórico de 150 gal / dormitorio / día (570 litros / dormitorios / día). Es común obtener un volumen teórico del tanque 2 a 3 veces más que el volumen de diseño, resultando en una capacidad total de diseño de 300 a 450 galones por dormitorio (1 140 a 1 700 L/dormitorio)(EPA, 1980). Los requisitos para una fosa séptica para una vivienda, se presentan en la tabla 4.3.

Tabla 4.3. Volumen requerido para un tanque séptico que sirve a una vivienda (EPA; 1980)

	Autoridad Federal En materia de Vivienda	Servicio de salud pública	Código Unificado de plomería
Mínimo, gal	750	750	750
1 -2 dormitorios, gal	750	750	750
3 dormitorios, gal	900	900	1 000
4 dormitorios, gal	1 000	1 000	1 200

Sistemas satelitales de tratamiento de agua residual: Una aplicación en la FES Aragón.

5 dormitorios, gal	1 250	1 250	1 500
Dormitorios adicionales, gal	250	250	150

Las fosas sépticas para fuentes industriales, institucionales y comerciales, o para varias viviendas deben dimensionarse con base en los flujos de agua residual diarios. A pesar de que los tanques sépticos son usados principalmente para residencias y demás instalaciones de comunidades aisladas, los tanques sépticos de gran tamaño han servido también como sistemas de tratamiento de residuos líquidos provenientes de grupos de hogares e incluso pequeñas comunidades. En general los tanques sépticos de gran tamaño se diseñan como reactores de flujo pistón. Una regla común de diseño establece que la capacidad volumétrica de estos tanques debe ser aproximadamente igual a 5 veces el caudal promedio (Crites, 2000)

Un segundo método es el citado por Sánchez. 2010, para el cual en la tabla 4.4 se señalan las principales características que debe tener una fosa séptica construida con concreto,

Tabla 4.4. Valores de parámetros recomendados en el diseño de fosas sépticas (Hernández, 1996)

Parámetro	Valor recomendado
Profundidad de la columna de agua.	1.2 m
Resguardo de materia flotante	0.3 m
Velocidad de acumulación de lodo	0.5 L/hab.d
Compartimentos	2.0
Tiempo de retención	1 - 2 d
Máximo caudal a tratar	40 m ³ /d
Dimensión	4A>L>2A

El volumen total de una fosa séptica está constituido por el volumen de agua, el volumen que ocuparán los lodos y un volumen de resguardo:

$$V_{total} = V_{agua} + V_{lodos} + V_{resguardo} \quad (1)$$

Se debe elegir un tiempo de retención hidráulico que debe ser como mínimo de 24 horas y a partir de éste calcular el volumen de agua con ayuda del gasto medio.

$$V_{\text{agua}} = T_H Q_{\text{med}} \quad (2)$$

El volumen ocupado por los lodos (V_{lodos}) está en función de la velocidad de acumulación, la periodicidad de vaciado y el número de habitantes como se ve en la ecuación 3.

$$V_{\text{lodos}} = V_{\text{acum}} * P_{\text{vaciado}} * N \quad (3)$$

En función de la superficie requerida de la fosa séptica, ésta se multiplica por la profundidad mínima de resguardo para obtener el volumen correspondiente.

Dimensionamiento de la fosa séptica para la FES Aragón

Proponiendo una profundidad $h = 1.5 \text{ m}$

Tiempo de retención de 1 día

$$Q_m = 25.3 \text{ m}^3/\text{d}$$

$$\text{Vol. Agua} = \text{TRH} (Q_{\text{med}})$$

$$\text{Vol. Agua} = 1 \text{ d} * (25.3 \text{ m}^3/\text{d}) = 25.3 \approx 25.5 \text{ m}^3$$

$$V = A * h \quad h = 1.5$$

Donde:

A: es el área de la fosa

H: es la profundidad

Despejando de la ecuación anterior se tiene que

$$A = \frac{V}{h} \quad ; \quad A = \frac{25.5 \text{ m}^3}{1.5 \text{ m}} = 17.0 \text{ m}^2$$

Se recomienda que la relación de longitud y ancho se encuentre en el siguiente intervalo:

Sistemas satelitales de tratamiento de agua residual: Una aplicación en la FES Aragón.

$4A < L > 2A$; entonces se propone una fosa con las siguientes dimensiones de 3 metros de ancho y de 6.5 de largo, teniéndose un volumen total de 19 m^2

Estimación del volumen de resguardo y de lodos

Se define la altura de resguardo ($h_{\text{resg}}=0.3 \text{ m.}$) obtenida en la Tabla 4.4 lo que permite calcular el volumen correspondiente. $V_{\text{resguardo}} = 5.85 \text{ m}^3$.

Dado que solo se cuenta con el gasto medio medido, sin considerar la población, se estimó que el volumen de lodos aproximado para esta fosa séptica es de 9 m^3 , a partir de los diseños de otros autores.

Estimación del volumen total

$$25.5+9.00+5.85=40.35 \text{ m}^3$$

Estimación de la profundidad total

Para determinar los tirantes de los volúmenes de diseño de lodos, de agua y de resguardo. de la fosa se realizaron los siguientes cálculos.

Profundidad del volumen de lodos

$$\frac{9.00\text{m}^3}{19.5\text{m}^2} = 0.46\text{m}$$

Profundidad del volumen de agua

$$\frac{25.5\text{m}^3}{19.5\text{m}^2} = 1.31\text{m}$$

Profundidad del volumen de resguardo

$$\frac{5.85\text{m}^3}{19.5\text{m}^2} = 0.3\text{m}$$

Así, la profundidad de la fosa séptica será de 2.07m. y las dimensiones finales son; un área de 19.5 m² con un ancho de 3 m y un largo de 6.5 m

La determinación de la posición de los elementos que componen la fosa séptica se realizó con base en lo siguiente:

- ⊙ La relación largo-ancho del área superficial del tanque séptico deberá estar comprendida entre 2:1 a 5:1.
- ⊙ El espacio libre entre la capa superior de nata o espuma y la parte inferior de la losa de techo el tanque séptico no será menor a 0.30m. Se deberá considerar que un tercio de la altura de la nata se encontrara por encima del nivel del agua.
- ⊙ El ancho del tanque séptico no deberá ser menor de 0.60m y la profundidad neta menor a 0.75m.
- ⊙ El diámetro mínimo de las tuberías de entrada y salida del tanque séptico será de 0.10m y 0.75m respectivamente.
- ⊙ El nivel de la tubería de salida del tanque séptico deberá estar situado a 0.05m por debajo de la tubería de entrada del tanque séptico.
- ⊙ Los dispositivos de entrada y salida del agua residual al tanque séptico estarán
- ⊙ constituidos por tres o pantallas.
- ⊙ Cuando se usen pantallas, estas deberán estar distanciadas de las paredes del tanque a no menos de 0.20m ni mayor a 0.30m.
- ⊙ Cuando el tanque tenga más de una cámara, las interconexiones entre las cámaras consecutivas se proyectaran de tal forma que evite el paso de natas y lodos al año horizonte del proyecto.
- ⊙ El fondo de los tanques sépticos tendrá pendiente de 2% orientada hacia el punto de ingreso de los líquidos.

En los casos en que el terreno lo permita, se colocara una tubería de 0.15m de diámetro para el drenaje de lodos, cuyo extremo se ubicara a 0.10m por encima de la sección más profunda del tanque séptico. La tubería estará provista de válvula de tipo compuerta y la carga de agua sobre el mismo no deberá ser menos a 1.80m.

Tomando en cuenta las consideraciones anteriores y el diseño de nuestra fosa séptica, se dibujó el esquema de este tanque que se encuentra en el anexo B de este trabajo.

4.1.6 HUMEDAL ESCALA BANCO DE LABORATORIO

Para tener un conocimiento más acertado de los Humedales Artificiales, se construyó un humedal escala banco de laboratorio en la parte Este del Centro Tecnológico Aragón y así obtener más datos que soportaron el diseño del Humedal propuesto en el A5-A6.

Construcción del modelo

Para la realización de este humedal a escala banco de laboratorio se excavó una zanja con una profundidad de 0.45 m y un largo de 1.60 m con un ancho de 0.35 m (figura 4.3), posteriormente, con el apoyo de la Superintendencia de mantenimiento se recubrió con una mezcla de concreto proporcionando una pendiente del 1% al fondo de la zanja para su operación por. Se esperó una semana para el secado del concreto y así poder seguir con la construcción del Humedal.



Figura 4.4. Excavación de la zanja para el humedal.

Con la zanja revestida de concreto el humedal resultó con las siguientes dimensiones finales: 1.50m de largo, profundidad de 0.39m y 0.25 de ancho. Los alumnos de servicio social y el encargado del laboratorio de diseño y manufactura realizaron una placa de acrílico para la separación de dos espacios en la zanja, el primero albergaría al humedal como tal y el segundo constituiría el sitio almacenamiento del efluente tratado.

También se diseñó un tanque para almacenar y sedimentar el agua residual cruda y permitir en la medida de lo posible el paso de material disuelto únicamente hacia el humedal y evitar taponamientos en el mismo.



Figura 4.5. Interior del tanque de sedimentación.

Se eligió como material de soporte para el humedal rocas de tezontle, las cuales fueron de mayor tamaño en las secciones de distribución del afluente y de captura del efluente tratado, se escogió este material debido a un trabajo realizado previamente (Apolonio, Lourdes, 2011). Se colocaron dos alcatraces separados a 60cm uno de cada uno de un tamaño mediano. Figura 4.6



Figura 4.6. Vista final del humedal escala banco de laboratorio.

Cabe destacar que el humedal se encuentra en una zona donde le afectan los cambios de clima pero se realizó así para poder observar y tomar en cuenta todos aspectos del diseño del Humedal del edificio A5-A6, en especial la estimación de la temperatura mínima promedio de operación, la cual influye fuertemente en la superficie de tratamiento necesaria. Esquema C apartado de anexo.

Agua residual

Como se mencionó anteriormente, se alimentó al sistema de tratamiento con el agua residual del pozo de interés. (figura 4.5). Para lograrlo, se llenaron garrafrones de 20 litros de capacidad (figura 4.6) cuyo contenido se vertió cada tercer día en el depósito/sedimentador del afluente.

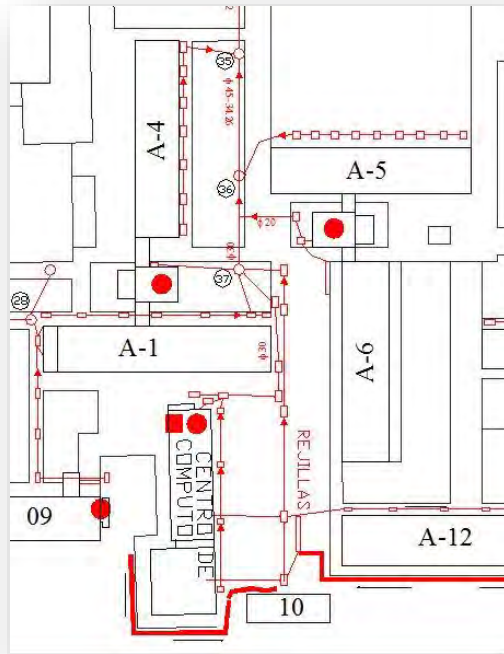


Figura 4.7. Localización del pozo.



Figura 4.8. Toma de agua residual cruda para tratamiento.

Una vez estabilizado el proceso de tratamiento se logró de forma visual observar la eficiencia del mismo, pues como se ve en la figura 4.7 al comparar el color y olor del agua de entrada con la de salida y se observaban cambios notorios. El agua del efluente se usó para regar las zonas aledañas al sistema de depuración.



Figura 4.9. Comparación del afluente y el efluente.

Temperatura

Para poder realizar el diseño del humedal en escala real, se necesitaba saber la temperatura a la cual estaría trabajando, así se puso un termómetro y durante todos los meses se fue tomando la temperatura en tres tiempos mañana tarde y noche, los datos obtenidos arrojaron como resultado que la temperatura mínima promedio de operación es de 19°C, y con este valor se diseñó.

4.1.7 DISEÑO DEL H.A.F.S.S

Como ya se mencionó los humedales artificiales son sistemas especialmente diseñados y construidos por el hombre para tratar las aguas residuales, aumentado en ellos la capacidad

Sistemas satelitales de tratamiento de agua residual: Una aplicación en la FES Aragón.

depuradora o eficiencia de tratamiento mediante la optimización de los procesos físicos, biológicos y químicos que ocurren en los ecosistemas de humedales naturales. (Luna-Pabello, *et al*, 2000).

El diseño del humedal se basa en las siguientes ecuaciones.

1- Determinación de la profundidad del humedal. La profundidad de un humedal estará regida por la profundidad máxima que alcancen las raíces de las plantas emergentes que se vayan a utilizar. Según estudios realizados la profundidad de las raíces puede oscilar entre 0.3 0.9m. En este caso se seleccionó una profundidad de 0.60 m.

2- Determinación del área superficial

El área superficial del HFSS se calcula mediante la expresión:

$$A_s = \frac{[Q(\ln C_0 - \ln C_e)]}{K_T h n}$$

Donde:

C_e - concentración de DBO₅ del efluente (mg/Ll)

C₀ - concentración de DBO₅ del afluente (mg/Ll)

K_T- constante de velocidad de reacción del sistema (d⁻¹)

K₂₀ - constante de velocidad de primer orden del sistema a 20 °C (d-1)

h - profundidad del lecho (m)

n - porosidad del medio (como fracción de 1)

A_s - área superficial del sistema (m²)

En este caso, la aplicación del modelo será para la remoción de DBO.

3- Determinación de tiempo de retención.

La determinación de tiempo de retención teórico que tendrá el Humedal puede hacerse mediante la expresión:

$$tr = \frac{(\ln C_0 - \ln C_e)}{K_T}$$

Sistemas satelitales de tratamiento de agua residual: Una aplicación en la FES Aragón.

4- Determinación de la pendiente del lecho y la velocidad del flujo.

La velocidad del flujo, definida por el producto ($K_b S$), se debe limitar a 6.8m/d para minimizar el arrastre localizado de películas biológicas, por lo que la pendiente del lecho tendrá un valor tal que:

$$86400 K_b S < 6.8$$

Para tener un margen de seguridad y como primera aproximación puede comenzarse con:

$$s = \frac{6}{KD} \quad \text{ó} \quad s = \frac{1}{KD}$$

5- Determinación del área de la sección transversal

El área de la sección transversal se calcula mediante la expresión:

$$Ac = \frac{Q}{KD(S)}$$

Donde:

Ac - área transversal del lecho (m²)

KD - conductividad hidráulica Darciana (m/s)

Q - caudal medio que circula a través del sistema (m³/s)

S - pendiente longitudinal del fondo del lecho.

6- Determinación del ancho y de la longitud del humedal.

Conocida el área de la sección transversal y la profundidad del lecho puede plantearse:

$$b = \frac{Ac}{d}$$

Donde:

b - ancho del humedal (m).

d - profundidad del agua (m).

Con el valor de ancho y de área superficial puede determinarse la longitud L:

$$L = \frac{As}{b}$$

7- Verificación de la pendiente del lecho. Número geométrico (G1)

Para evitar que disminuciones en el caudal del afluente hagan bajar el gradiente hidráulico de forma excesiva afectando con ello a las plantas, debe cumplirse que:

$$0.1 > \frac{s}{h_0/l} = G1$$

Donde:

h_0 =profundidad del agua.

En caso de que la desigualdad anterior no se cumpla se debe disminuir la pendiente del lecho y recalcular a partir del paso 4.

8- Verificación de la carga superficial. Número de carga (G3)

La ocurrencia de cargas excesivas o disminuciones de la conductividad hidráulica que conduzcan a gradientes demasiados altos pueden ocasionar disminuciones de la eficiencia debido a inundaciones. Para evitar esto debe cumplirse que:

$$0.1 > \frac{q/KD}{(h_0/l)^2} = G3$$

Donde:

$$q = \frac{Q}{l(b)}$$

Y q es la carga superficial que recibe el humedal $m^3/m^2/s$.

En caso de que la desigualdad anterior no se cumpla se debe disminuir la pendiente del lecho y recalcular a partir del paso 4. (Orestes González, 2011)

A continuación con los datos obtenidos basados en la investigación y en el prototipo escala banco de laboratorio, se diseña el H.A.F.S para el edificio A5-A6 que se propuso para este proyecto debido al espacio que este tiene en su parte trasera y para el cual se realizaron los análisis correspondiente y estudios, se seguirá la secuencia anterior.

Datos del proyecto.

Q= 25.3m³/d

n= 0.387

k_s= 2260.62 m/d

k₂₀=1.35

Temperatura más baja de 19 °

DBO₅=210 mg/l

DBO₅=20mg/l

Profundidad 60cm

Pendiente de 1%

Corrigiendo KT

$$K_{19} = 1.35 (1.1)^{(19-20)} = 1.23$$

Diseño para remoción de DBO.

Área superficial.

$$A_s = \frac{[25.3m^3/d(\ln 210mg/l - \ln 20mg/l)]}{1.23(0.60m)(0.387)} = 208.2932m^2$$

Determinación del tiempo de retención.

$$tr = \frac{(\ln 210 \text{ mg/l} - \ln 20 \text{ mg/l})}{1.23} = 1.91$$

Diseño hidráulico.

Se recomienda una relación L: b de 3:1 hasta 10:1 por lo que se propone un ancho de 7 m, así se tiene:

$$L = \frac{208.2932 \text{ m}^2}{7 \text{ m}} = 29.7561 \text{ m} \approx 30 \text{ m}$$

Recalculando $A_s = 7 \text{ m} (30 \text{ m}) = 210 \text{ m}^2$

$$\frac{30 \text{ m}}{7 \text{ m}} = 4.28 \approx 4$$

Obteniendo una relación 4:1 aproximadamente

$$A_c = 7 \text{ m} * 0.60 \text{ m} = 4.2 \text{ m}^2$$

Despejando para determinar la pendiente

$$A_c = \frac{Q}{K_D S}$$

$$S = \frac{25.3 \text{ m}^3/d}{(4.2 \text{ m}^2) 2260.62 \text{ m/d}} = 0.0027$$

Revisión de la pendiente del lecho, Número Geométrico (G1).

$$\frac{0.0027}{(0.60 \text{ m})(30 \text{ m})} = 0.00015$$

$$0.1 > 0.000151$$

Revisión de la carga superficial (Número de Carga) G3.

$$q = \frac{25.3 \text{ m}^3/d}{(7 \text{ m})(30 \text{ m})} = 0.1205$$

$$\frac{0.1205/2260.62}{(0.60m/30 m)^2} = 0.1322$$

$$0.1 > 0.1322$$

Como no cumple se propone un ancho de 8.5 y se hace el cálculo nuevamente para determinar si cumple con los parámetros establecidos.

Proponiendo un ancho de 8.5 m

$$L = \frac{208.2932 m^2}{8.5m} = 24.5050 m \approx 25 m$$

$$\frac{25 m}{8.5 m} = 2.94 \approx 3.0$$

Cumpliendo una relación 3:1 aproximadamente

$$Ac = 8.5m * 0.60m = 5.1m^2$$

Despejando para determinar la pendiente

$$S = \frac{25.3m^3/d}{(5.1m^2)2260.62m/d} = 0.0022$$

Revisión de la pendiente del lecho, Número Geométrico (G1).

$$\frac{0.0022}{(0.60m)(25 m)} = 0.00015$$

$$0.1 > 0.00015$$

Revisión de la carga superficial (Número de Carga) G3.

$$q = \frac{25.3 m^3/d}{(8.5m)(25m)} = 0.119$$

$$\frac{0.119/2260.62}{(0.60m/25m)^2} = 0.0913$$

$$0.1 > 0.0913$$

Como si cumple con los parámetros de G1 y G3, hay que revisar si cumplirá con parámetro de DBO₅ de salida.

Despejando de:

$$As = \frac{(Q (\ln C_0 - \ln C_e))}{KT hn}$$

Obtenemos que:

$$e^{\frac{As(kt)(h+n)}{Q} - \ln C_0} = C_e$$

Por lo tanto al sustituir obtenemos

$$e^{\frac{215.5m^2(1.23)(0.60m)(0.387)}{25.3 m^3/s} - \ln 210} = 18.4377mg/L$$

Así se verifica que el nivel de DBO₅ de salida está por debajo del máximo permisible con lo que el diseño cumple con NOM-003-SEMARNAT-1996 de mg/L.

Con lo calculado anteriormente se resume que:

Esquema del diseño Anexo D

Tabla 4.5. Valores del humedal artificial diseñado para el edificio A-5

Zanja de una superficie :	215.5 m ²
Largo:	25 m
Ancho:	8.5 m
Pendiente:	0.0022
Profundidad:	0.60 m

4.1.8 DISEÑO DE UN TANQUE DE ALMACENAMIENTO

Para el tanque de almacenamiento en el cual se llevar a cabo el proceso de cloración, como es un tanque que debe almacenar el mismo volumen que ingresa a la fosa séptica y pasa por el procesos secundario y aunque hay perdidas, por cuestiones de seguridad se necesita un tanque del mismo dimensionamiento, por lo tanto las dimensiones de este tanque son las siguientes:

Sistemas satelitales de tratamiento de agua residual: Una aplicación en la FES Aragón.

Vol. Agua = TRH (Qmed)

Vol. Agua= 1d*(25.3 m³/d)=25.3 ≈ 25.5 m³

Entonces con el cálculo de la fosa ya anteriormente realizado obtenemos un tanque que tendrá un área de 19.5 m² con un ancho de 3 m y un largo de 6.5 m.

4.1.9 DESINFECCIÓN POR CLORACIÓN

En la actualidad, el sistema de desinfección más utilizado a nivel mundial, tanto en agua potable como en aguas residuales tratadas, es el cloro. Ya sea que el cloro se agregue por vía de cloración (cloro gas) o hipocloración (hipoclorito de sodio o de calcio), la reacción química por la que se obtiene la purificación y saneamiento del agua es la misma. (SEAPAL, 2013)

Desinfección

Se entiende por desinfección aquel método que permite la destrucción de los agentes capaces de producir infección, mediante la aplicación directa de medios físicos o químicos. La desinfección no implica la destrucción total de la flora acuática y por eso se distingue de la esterilización.

La cloración, agregar cloro al agua, es la práctica universalmente empleada para la desinfección del agua desde hace mucho tiempo, por su economía y manejabilidad. La experiencia ha demostrado que el cloro y sus compuestos son activos desinfectantes para la destrucción de la flora bacteriana, especialmente para la de origen entérico. (Pérez Jorge, 2013)

Aplicabilidad

El cloro es el desinfectante más usado para el tratamiento del agua residual doméstica porque destruye los organismos a ser inactivados mediante la oxidación del material celular.

El cloro puede ser suministrado en muchas formas que incluyen el gas de cloro, las soluciones de hipoclorito y otros compuestos clorados en forma sólida o líquida. Algunas de las alternativas de desinfección incluyen la ozonización y la desinfección con radiación ultravioleta (UV). La selección de un desinfectante adecuado para una instalación de tratamiento depende de los siguientes criterios:

- ⊙ La capacidad de penetrar y destruir los gérmenes infecciosos en condiciones normales de operación.
- ⊙ La facilidad y seguridad en el manejo, el almacenamiento y el transporte.
- ⊙ La ausencia de residuos tóxicos y de compuestos mutagénicos o carcinógenos.
- ⊙ Costos razonables de inversión de capital y de operación y mantenimiento (O/M). (EPA,1999)

Ventajas y desventajas

Antes de decidir si el cloro reúne las condiciones para su uso, es necesario entender las ventajas y desventajas de este producto.

Ventajas

- ⊙ La cloración es una tecnología bien establecida.
- ⊙ En la actualidad la cloración es más eficiente en términos de costo que la radiación UV o la desinfección con ozono (excepto cuando la descloración y el cumplimiento con requisitos de prevención de incendios son requeridos).
- ⊙ El cloro residual que permanece en el efluente del agua residual puede prolongar el efecto de desinfección aún.
- ⊙ El cloro puede eliminar ciertos olores molestos durante la desinfección.

Desventajas

- ⊙ El cloro residual, aún a bajas concentraciones, es tóxico a los organismos acuáticos y por ello puede requerirse la descloración.

- ⊙ Todas las formas de cloro son muy corrosivas y tóxicas. Como consecuencia, el almacenamiento, el transporte y el manejo presentan riesgos
- ⊙ cuya prevención requiere normas más exigentes de seguridad industrial.
- ⊙ El cloro oxida ciertos tipos de materiales orgánicos del agua residual generando
- ⊙ compuestos más peligrosos (tales como los metanos trihalogenados [MTH]).
- ⊙ El nivel total de sólidos disueltos se incrementa en el agua efluente.
- ⊙ El cloro residual es inestable en presencia de altas concentraciones de materiales con demanda de cloro, por lo cual pueden requerirse mayores dosis para lograr una desinfección adecuada.
- ⊙ Algunas especies parásitas han mostrado resistencia a dosis bajas de cloro, incluyendo los oocistos de *Cryptosporidium parvum*, los quistes de *Entamoeba histolytica* y *Giardia lamblia*, y los huevos de gusanos parásitos.
- ⊙ Se desconocen los efectos a largo plazo de la descarga de compuestos de cloración al medio ambiente. (EPA,1999)

Dosis de cloro residual

La concentración necesaria de cloro residual para garantizar la calidad bacteriológica del agua depende fundamentalmente del tipo de cloro residual de la calidad y temperatura del agua y del sistema de distribución. La cantidad de cloro que se aplica es superior a la dosis desinfectante propiamente dicha, debido a la demanda de cloro y al cloro residual, indispensable para la acción contra organismos provenientes de contaminaciones accidentales en el agua de la red.

Es buena práctica mantener un cloro residual libre de 0.2 a 0.3 ppm. después de 10 minutos de contacto. El cloro residual combinado (cloraminas) requiere doble concentración.

Para estimar la dosis requerida de cloro para un efluente secundario típico se sigue la siguiente secuencia de cálculo:

Datos necesarios:

Los coliformes totales del efluente antes de la desinfección

La concentración requerida de coliformes en el efluente

La demanda de cloro inicial en el efluente

Sistemas satelitales de tratamiento de agua residual: Una aplicación en la FES Aragón.

La demanda debido al decaimiento durante el contacto del cloro
Tiempo de contacto requerido

1. Estime el cloro residual requerido usando la siguiente ecuación propuesta por Selleck *et al.* Y modificada posteriormente por White:

$$\frac{N}{N_0} = \left(\frac{C_R t}{b} \right)^{-n}$$

Dónde:

C_R = cloro residual remanente al tiempo t

t = tiempo de contacto n = pendiente de la curva de inactivación

b = valor que intercepta x cuando $N/N_0 = 1$ ó $N/N_0 = 0$

N = número de organismos remanentes después de la desinfección al tiempo t

N_0 = número de organismos presentes antes de la desinfección

Los valores típicos de los coeficientes n y b para un efluente secundario para coliformes y coliformes fecales son 2.8 y 4.0, y 2.8 y 3.0 respectivamente.

2. La dosis de cloro requerida es:

Dosis de Cloro = Cloro Residual Inicial+ Cloro durante tiempo de contacto + C_R .

Comentario: La dosis de cloro incrementa significativamente conforme los estándares son más estrictos. En el cálculo anterior, se supuso que el agua residual permanecerá 60 minutos en contacto con el cloro. Así, es claro que un diseño apropiado del tanque de contacto de cloro es crítico para el uso efectivo del cloro como desinfectante.

Para el caso del humedal se tomara en cuenta el límite de la NOM-003-SEMARNAT-1997 permisible para la concentración requerida de coliformes en el efluente y para los coliformes

Sistemas satelitales de tratamiento de agua residual: Una aplicación en la FES Aragón.

totales del efluente antes de la desinfección conforme a un estudio realizado por IIGEO-UNMSM en el 2006.

Entonces con estos datos puede estimarse la dosis requerida con base en el procedimiento anterior entonces:

Datos:

Los coliformes totales del efluente antes de la desinfección: 1.5×10^6 NMP/100 mL

La concentración requerida de coliformes en el efluente: 240 NMP/100mL

La demanda de cloro inicial en el efluente: 4 mg/L

La demanda debido al decaimiento durante el contacto del cloro: 2.5 mg/L

Tiempo de contacto requerido: 60 min

Estimación de cloro residual:

$$\frac{N}{N_0} = \left(\frac{C_R t}{b} \right)^{-n}$$

Usando los valores típicos mencionados arriba $b = 4.0$ y $n = 2$ sustituimos quedando:

$$\frac{240}{1.5 \times 10^6} = \left(\frac{C_R(60)}{4.0} \right)^{-2.28}$$

Entonces despejando CR obtenemos el cloro residual:

$$\left(\frac{240}{1.5 \times 10^6} \right)^{-\frac{1}{2.28}} = \left(\frac{C_R(60)}{4.0} \right)$$

$$\frac{\left[\left(\frac{240}{1.5 \times 10^6} \right)^{-\frac{1}{2.8}} \right] * 4}{60} = 1.51 \text{ mg/L}$$

Dosis de cloro requerida

$$D_{cr} = 4 \frac{\text{mg}}{\text{L}} + 2.5 \frac{\text{mg}}{\text{l}} + 1.51 \frac{\text{mg}}{\text{L}} = 8.01 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

4.1.10 SISTEMAS DE RIEGO POR GOTEO

Una de las finalidades de tratar el agua residual es darle un uso para riego, lo que se propone entonces es distribuir esta agua por medio de un sistema de riego por goteo en las áreas aledañas al humedal, a continuación se describen los sistemas de riego, para poder seleccionar el más apto para las necesidades de la FES Aragón.

Riego

El riego se puede definir como la aplicación de agua en forma artificial, no por el producto de la lluvia, a un determinado terreno con el fin de que éste se recupere un nivel de humedad que sea aprovechable por las plantas que en él se están arraigadas permitiéndoles vivir y desarrollarse. (Gaeta Leonardo, 2001)

También se puede definir el riego como la aplicación oportuna y uniforme de agua a un perfil del suelo para reponer en éste, el agua consumida por los cultivos entre dos riegos consecutivos. Esto consiste en la aplicación de agua sobre la superficie del suelo o bajo este utilizando tuberías a presión y diversos tipos de emisores, de manera que solo se moja una parte del suelo. La aplicación del agua es directamente en la zona de raíces en intervalos cortos de tiempo, de acuerdo con las necesidades hídricas de los cultivos y con la capacidad de retención de humedad del suelo.

Estos se pueden clasificar según el caudal que proporcionan los emisores de riego: riego por goteo en los que el gasto por punto de emisión o metro lineal de manguera es inferior a los 20

Sistemas satelitales de tratamiento de agua residual: Una aplicación en la FES Aragón.

L/h y riego por microaspersión en los que el gasto de emisión es inferior a los 200 L/h. (SAGARPA, 2013)

Sistemas de riego y sus variantes

Los sistemas de riego presurizados tienen como objetivo satisfacer las necesidades hídricas del cultivo, en el momento adecuado y en la cantidad necesaria, aplicando el agua de manera eficiente y uniforme, para que la mayor parte de ésta quede disponible en la zona radicular del cultivo. Son una opción para disminuir las pérdidas de agua en los sistemas agrícolas, ya que al implementar este tipo de sistemas se puede tener una eficiencia en el uso del agua hasta del 90%.

La selección y diseño del sistema de riego está en función de las características propias de cada sitio (clima, suelo, cultivo, fuente de agua, entre otros), que son parte fundamental en el diseño agronómico e hidráulico del sistema. Una buena selección del sistema de riego permitirá obtener una alta uniformidad de emisión y como consecuencia aumentar la eficiencia de aplicación durante la operación del sistema. Una mala selección del método y sistema de riego provocará grandes dificultades para su diseño y su operación. (SARGARPA, 2013)

- ⊙ *Sistemas de riego por goteo:* emplean emisores para depositar el agua sólo en la superficie de suelo próximo a la planta.
- ⊙ *Sistemas de riego por cintilla:* mismo principio que los sistemas de riego por goteo, salvo que el patrón de mojado tiende a ser una franja humedad.
- ⊙ *Sistemas de riego por microaspersión:* distribuyen el agua de riego en aquellas zonas donde el gotero no garantiza cubrir.

Como anteriormente se dijo el sistema de riego depende de diversos factores que afectan la selección de cada uno de los sistemas, a continuación se describen algunos de estos parámetros para poder efectuar una buena selección de riego y así proponer un sistema para el agua ya tratada del humedal artificial que se diseñó en este capítulo.

Los principales factores que intervienen en la selección del método de riego por gravedad o presurizado son: las características del cultivo, la textura del suelo, la topografía, la calidad del agua, la velocidad del viento. A continuación se describe la relación de cada uno de estos factores con el método de riego. (SEMARNAT, 2010)

- ⊙ Características de cultivo: El método de riego seleccionado y diseñado para un predio, debe satisfacer la demanda máxima de agua de los cultivos. Los cultivos en hileras se pueden regar con los sistemas de aspersión y goteo.
- ⊙ Textura del suelo: Para seleccionar el método de riego que permita un manejo eficiente del agua es necesario conocer la textura del suelo para determinar la velocidad con que el agua se infiltra en el suelo, así como su capacidad de retención de humedad. Ambas variables dependen de la textura del suelo. En suelos con velocidad de infiltración básica alta (mayor de 4.0 cm/h), los métodos de riego.
- ⊙ Pendiente del terreno: La pendiente afecta la selección del método de riego, ya que influye en la velocidad de desplazamiento del agua sobre la superficie del suelo y en los problemas de erosión. Si la pendiente general es ligera (menor de 1.5%), se puede emplear cualquiera de los tres métodos de riego subsuperficial, superficial o presurizado. En terrenos con pendiente pronunciada (mayor de 1.5%), se recomienda usar métodos presurizados, debido al fácil control del agua. (SAGRPA, 2013)

4.1.10.1 COMPONENTES DE UN SISTEMA DE RIEGO

A continuación se describen los componentes de los sistemas de riego presurizado y algunos aspectos de su funcionamiento hidráulico, útiles para su diseño y operación.

Emisores

Los emisores son dispositivos hidráulicos mediante los cuales se aplica el agua a los cultivos. Éstos pueden ser goteros, microaspersores, borboteadores y aspersores. La diferencia entre emisores radica en la magnitud de la presión y geometría. (SEMARNAT, 2010)

A continuación se muestra la clasificación de goteros de acuerdo con su calidad, representada por el coeficiente de variación del gotero. (SAGRPA, 2013)

- ⊙ **Goterros:** Los goteros se usan generalmente en tuberías regantes para cultivos en hileras, formando franjas de humedecimiento a lo largo del cultivo. Las cintas plásticas de goteo se usan para cultivos de hortalizas o anuales, tienen duración de seis meses a tres años, mientras que las tuberías de polietileno de pared gruesa, con goteros insertados o construidos en la pared se usan para cultivos perennes y duran generalmente más de cinco años. Los goteros de gastos pequeños se usan en suelos franco-arcillosos y francos, y los de gastos grandes en los suelos franco-arenosos y arenosos. Los primeros se usan en terrenos planos y a nivel, y los segundos en terrenos desnivelados o con pendientes no uniformes. (SEMARNAT, 2010)
- ⊙ **Microaspersores:** Son orificios con deflectores para suministrar agua en forma de lluvia, existen microaspersores con piezas fijas y móviles; pueden tener dispositivo de regulación de presión para terrenos ondulados. Los patrones de mojado dependen del tipo de aspersor y deflector que se usen. Se usan en cultivos de frutales, en floricultura, dentro de invernaderos y en almácigos. (SAGARPA, 2013)

Tuberías

- ⊙ **Tuberías regantes:** Las tuberías regantes son aquellas que tienen integrados los emisores para riego y suministran el agua a los cultivos. Se clasifican hidráulicamente como tuberías con salidas múltiples. Las pérdidas de carga en las tuberías con salidas múltiples se calculan con el gasto total que entra en la tubería y se le aplica el coeficiente de salidas múltiples correspondiente al número de emisores que tiene la tubería. Se considera que la diferencia de gastos, entre el primer y el último emisor, no debe ser mayor que el 10% del gasto del último emisor. En riego localizado, la diferencia debe ser entre el último emisor y el primero de la sección de riego.
- ⊙ **Tuberías distribuidoras o distribuidores:** Los distribuidores son las tuberías que suministran el agua a las tuberías regantes y funcionan como tuberías con salidas múltiples. Tienen pérdidas de energía por fricción y localizadas en las uniones de las regantes y en las conexiones de tubos del distribuidor. De acuerdo con los sistemas de riego pueden ser de policloruro de polivinilo (PVC) o aluminio.
- ⊙ **Tuberías de conducción:** Son el conjunto de tuberías que permiten conducir el agua desde la fuente de abastecimiento hasta las secciones de riego. Generalmente funcionan como tuberías simples, con pérdidas de carga por fricción y accidentes en

accesorios. Para el diseño se toman en cuenta los desniveles del terreno, como carga hidráulica potencial. Las tuberías de conducción generalmente son de PVC (con diámetros de 100, 125 y 160 mm), de fierro y asbesto-cemento. (SAGARPA, 2013)

Sección de riego

El conjunto de tuberías regantes, conexiones y distribuidores regulados por una unidad de control autónoma es una sección de riego. En la Figura 4.9 se presenta el esquema de una sección de riego. Las secciones de riego deben suministrar el agua al cultivo con diferencias de gasto entre emisores, menor del 10% que generalmente corresponde a una diferencia de presiones entre esos emisores, del 21% de la carga de operación. (SAGARPA, 2013)

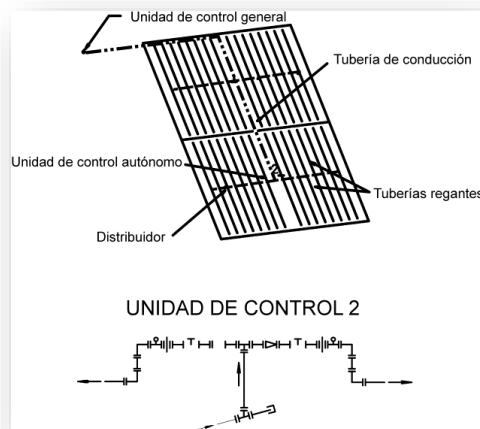


Figura 4.10. Sección de riego y unidad de control autónoma.

Unidades de control autónomas

Las unidades de control autónomas consisten en accesorios y conexiones para supervisar y controlar la presión y el gasto de operación de una sección de riego. Deben funcionar independientes de las otras secciones. Los componentes son: nipples, codos, válvulas de cierre y de regulación de presión, manómetros y accesorios hidráulicos necesarios para su instalación. (SAGARPA, 2013)

Cabezal de control

El cabezal de control tiene como funciones, controlar y medir el gasto y la presión del sistema de riego, dosificar los agroquímicos y filtrar el agua, sus partes principales son:

- ⊙ Equipos de control. Los dispositivos que lo integra son los medidores de gasto (electromagnéticos, rotámetro, placa de orificio, tipo Venturi, entre otros), válvulas de control y seguridad (tipo check, de alivio, de expulsión de aire y reguladores de presión) y manómetros.
- ⊙ Dosificador de agroquímicos. Son equipos que sirven para aplicar fertilizantes, fungicidas, herbicidas y soluciones para prevenir taponamientos en los goteros y en las tuberías. Pueden ser bombas inyectoras, inyectoros por succión e inyectoros por dilución y dosificadores de tanque; pueden emplear energía eléctrica o hidráulica.
- ⊙ Filtros. Son dispositivos que sirven para retener partículas en suspensión que pueden taponar el sistema de riego (filtros de malla y filtros de arena). Consisten en una pared separadora cuyos poros o áreas de paso son más pequeños que las partículas que se deben separar.
- ⊙ Accesorios. Son los dispositivos que sirven para hacer conexiones entre las partes del sistema de riego como coples, nipples, reducciones, ampliaciones, codos, tees; y equipos o estructuras que permiten separar partículas sólidas dispersas en un líquido, como son: decantadores de tanque e hidrociclón, entre otros. (SEMARNAT, 2010)

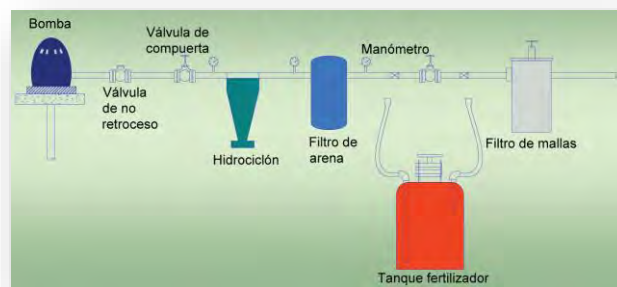


Figura 4.11. Sección de riego y unidad de control autónoma.

Ventajas

- ⊙ Ahorra agua al minimizar las pérdidas por conducción y aplicación.
- ⊙ Disminuye la mano de obra necesaria para la explotación de los sistemas. Por tratarse de un sistema estacionario, un obrero puede atender hasta 120 ha; además permite de una forma relativamente fácil la automatización.
- ⊙ Aumenta el rendimiento del cultivo por unidad de área.
- ⊙ Permite llevar a cabo las labores de fertilización junto al riego y reduce las malas hierbas en las calles.
- ⊙ Puede ser utilizado en topografía accidentada.
- ⊙ Ahorra energía en comparación con la aspersión de carga media (SAGARPA, 2013)

Desventajas

- ⊙ Requiere que se filtre el agua para evitar taponamiento en los emisores.
- ⊙ Requiere la presencia de personal calificado para dirigir y controlar la explotación del sistema en forma directa.
- ⊙ Incremento de los costos de inversión inicial en comparación con otros sistemas.
- ⊙ Algunos de los elementos del sistema pueden ser susceptibles al ataque de los roedores. (SAGARPA, 2013)

4.1.10.2 TIPOS DE RIEGO LOCALIZADO

Goteo puntual

En los sistemas de riego por goteo, los emisores usualmente se colocan sobre la superficie del suelo, o bien enterrados. La aplicación del agua de riego es por medio de gotas. La distribución del agua dentro del suelo con este tipo de emisores está en función de la textura del suelo, por lo que el número de goteros requeridos depende de las características físicas del suelo. (SAGARPA, 2013)

Un sistema de riego por goteo, consta de una fuente de abastecimiento y bomba, seguidos de una red principal, subprincipal, laterales y emisores (Figura 4.11). La línea principal es la línea primaria para la conducción de agua a las diferentes zonas de riego. Dentro de cada zona existen usualmente un número de subunidades. Las subunidades pueden consistir de 1 a 5 ha (1.5 a 11.5 acres), mientras que una zona consiste de 10 a 50 ha (50 a 115 acres). (SAGARPA, 2013)

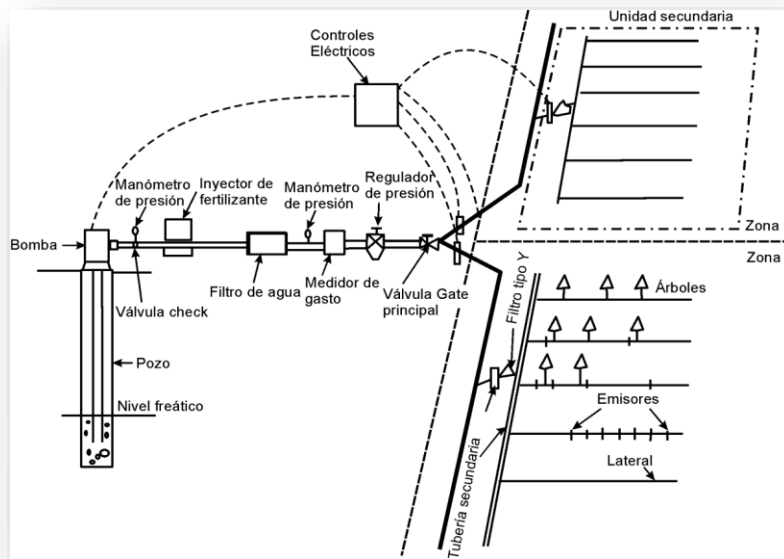


Figura 4.12. Componentes de un sistema de riego por goteo.

En los goteros de emisión puntual, el patrón de mojado se asemeja a la forma de un disco sobre el suelo. El espaciamiento entre emisores varía de 0.5 a 1.0 m, dependiendo del alcance capilar del agua en el suelo; los espaciamientos menores entre goteros aumentan mucho su costo de adquisición. El diseño de una unidad, en un sistema de riego por goteo para una óptima uniformidad de emisores es muy importante, porque una vez que los emisores, laterales y subprincipales han sido seleccionados, es muy poco el control que se puede tener sobre el flujo. Los goteros de gastos pequeños se usan en suelos franco-arcillosos y francos y los de gastos grandes en los suelos franco-arenosos y arenosos. Se usan los de carga hidráulica menor para terrenos planos y a nivel, y los 10 emisores de cargas hidráulicas mayores se usan en terrenos desnivelados o con pendientes no uniformes. (SAGARPA, 2013)

Goteo con Cinta regante

En los goteros de emisión continua o cintas de riego, el patrón de mojado tiende a ser una franja húmeda continua, ya que el espaciamiento entre emisores es muy pequeño, menor de 0.50 m. Las cintas duran de uno a dos ciclos de cultivo, ya que se fabrican en espesores más delgados que las utilizadas en sistema de goteros y en consecuencia su costo de adquisición es menor. (SAGARPA, 2013)

Las cintas plásticas de goteo se usan para cultivos de hortalizas o anuales, tienen duración de seis meses a tres años, mientras que las tuberías de polietileno de pared gruesa, con goteros insertados o construidos en la pared se usan para cultivos perennes y duran generalmente más de cinco años. (SEMARNAT, 2010)

Microaspersores.

Son orificios con deflectores para suministrar agua en forma de lluvia, existen microaspersores con piezas fijas y móviles; pueden tener dispositivo de regulación de presión para terrenos ondulados. Los patrones de mojado dependen del tipo de aspersor y deflector que usen. (SEMARNAT, 2010)

Los microaspersores de piezas fijas pueden mojar círculos completos (360°) o sectores de círculo (270, 180 y 90°). Generalmente, tienen una boquilla u orificio por el que se emite un chorro de agua; éste, al chocar con el deflector, esparce el agua en forma de lluvia o de microchorros. (SEMARNAT, 2010)

Este tipo de emisores moja una superficie definida por su radio de mojado, que es relativamente grande comparada con los goteros, se tiene la ventaja de que no depende de las características hidráulicas del suelo para humedecer la porción de la zona de raíces. En la Figura se presenta un sistema de riego por microaspersión.



Figura 4.13. Riego por microaspersión.

El microaspersor se debe seleccionar para evitar encharcamientos y escurrimientos. Son sistemas que aplican caudales entre 16 y 200 L/h, por punto de emisión. En este sistema el aire es el principal medio de propagación. (SAGARPA, 2013)

Vida útil

La vida útil de los sistemas de riego localizado está en función de varios factores, entre los que se pueden mencionar el manejo, mantenimiento, condiciones climáticas, presencia de roedores, calidad del material, entre otros. En la siguiente tabla se indica los rangos de vida útil de cada uno de los sistemas de riego localizado. (SAGARPA, 2013)

Tabla 4.6. Vida útil de sistema de riego localizado.

VIDA ÚTIL DEL SISTEMA DE RIEGO LOCALIZADO	
Gote	2 – 3 años
Cintill	1 – 2 años
Micro aspersion	3 – 5 años

4.1.10.3 VENTAJAS Y LIMITACIONES

A la hora de elegir un determinado tipo de sistema localizado es importante considerar cada una de las ventajas que ofrece cada uno. Dichas ventajas se presentan en la tabla 4.5. (SAGARPA, 2013)

GOTEROS	CINTA DE RIEGO	MICROASPERSORES
<ul style="list-style-type: none"> ☛ Riegos frecuentes con pequeñas cantidades de agua, de manera tal que el suelo este siempre húmedo. ☛ Se puede aprovechar el agua las veinticuatro horas del día sin necesidad de supervisión continua. ☛ Los intervalos entre riegos y cantidad de agua pueden ajustarse a las condiciones del suelo y del cultivo. ☛ Se aplica solo el agua necesaria por las raíces. ☛ Control de las malezas al humedecer el suelo en forma localizada. ☛ Se suministra dosificadamente, fertilizantes y pesticidas solubles en agua. ☛ Optimización del tiempo mientras se riega. ☛ Minimización de la costra superficial. ☛ Disminuye el desarrollo de enfermedades fungosas. ☛ Sistema de alta eficiencia a pesar de que las condiciones no sean las adecuadas. 	<ul style="list-style-type: none"> ☛ Menor costo que otros sistemas por goteo. ☛ Menor carga de presión para su funcionamiento. ☛ Fácil instalación y remoción. 	<ul style="list-style-type: none"> ☛ Caudales importantes a baja presión (15 a 20 mca). ☛ Economía del agua, ya que el área bajo riego representa del 40 a 70% de la superficie total de la plantación. ☛ Control de las malezas al humedecer el suelo en forma localizada. ☛ Flexibilidad en el diámetro de cobertura al intercambiar boquillas. ☛ Fácil conversión a sistemas de riego por goteo. ☛ Fácil control del sistema de riego, ya que hay mayor visibilidad. ☛ Flexibilidad en la disposición del microaspersor. ☛ Uso para contrarrestar los efectos de las heladas. ☛ Uso para control de la humedad y temperatura en invernaderos. ☛ Menor costo que riego por aspersión.

Tabla 4.7. Ventajas de los principales sistemas localizados.

También es de vital importancia considerar las limitaciones que pueden presentar los sistemas localizados a la hora de su uso, en la tabla 4.6 se presentan estas limitaciones. (SAGARPA, 2013)

<i>GOTEROS</i>	<i>CINTA DE RIEGO</i>	<i>MICROASPERORES</i>
<ul style="list-style-type: none">Alto costo de inversión.Especial cuidado en el filtrado del agua y mantenimiento de los goteros.	<ul style="list-style-type: none">Alto coeficiente de variaciónFalta de uniformidad.Uso simultaneo de filtros de arena y malla fina para evitar la obstrucción de los orificios.	<ul style="list-style-type: none">Alto costo de inversión.Crecimiento de malezas sobre los microaspersores.Averías mecánicas.La Fauna puede ser dañina.Necesaria filtración.

Tabla 4.8. Ventajas de los principales sistemas localizados.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A continuación se enuncian algunas conclusiones y recomendaciones que se debe tener en cuenta para el diseño y construcción así como el mantenimiento de los Humedales Artificiales y las consideraciones adecuadas conforme a la elección de los elementos que lo conforman.

5.1 CALIDAD DEL AGUA Y CUADALES

Es importante tener en cuenta el propósito de los humedales artificiales, ya que éstos sólo sirven como tratamiento de aguas destinadas para riego y no para el consumo humano, entonces para poder hacer el diseño de un humedal es importante realizar el análisis de la calidad del agua, y considerar las necesidades que se deseen cubrir y así asegurar la remoción de los contaminantes que contiene el agua residual, esto a partir de la NOM- SEMARNAT-003, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes para aguas residuales tratadas que se reúsen en servicios al público.

Otro aspecto que se debe considerar es la medición de los caudales de donde proceden las aguas residuales a tratar, ya que es uno de los factores de vital importancia pues de ello depende el tamaño que tendrá el humedal que sea capaz de almacenar y poder llevar a cabo el proceso de tratamiento, aunque en este diseño no se especifican las medidas de las tuberías y el tiempo de distribución del agua en el humedal es recomendable realizar estos cálculos ya que el tiempo de estancia del agua es necesario para tener un buen tratamiento.

5.1.2 COMPONENTES DEL TREN DE TRATAMIENTO

Fosa séptica

Como se mencionó en el primer capítulo es importante darle un periodo de mantenimiento a la fosa séptica cada tres meses, cuando este proceso se realice debe dejarse ventilar por un largo período debido a la concentración de gases acumulados que podrían causar daños a la

persona que realice el mantenimiento, de ahí la importancia de los respiraderos. Hay empresas que se dedican a limpiar las fosas sépticas, algunas de estas no tienen una tarifa tan alta.

Una opción es que todos los lodos que se generan en la fosa séptica se pueden vender si se les da un tratamiento, o pueden usarse como composta para las áreas verdes, pues contienen muchos nutrientes que ayudan al desarrollo de la flora, esto no es un proceso muy innovador en México ni tampoco nuevo, de hecho la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Atotonilco, programa regalar los lodos a los campesinos que viven en la zona aledaña, como aquí no se generaría mucho de estos lodos solo se puede aplicar a algunas zonas de la facultad, aunque para su uso se necesitaría investigar más a fondo sobre su proceso de tratamiento y como usarlos.

Humedales artificiales

En lo que se refiere a los humedales artificiales hay varias recomendaciones que se deben tener en cuenta, como la selección de las plantas las cuales deben ser de la zona ya que éstas pueden llegar a traer fauna ajena debido al ambiente que se está generando. Las plantas estarán afectadas por varios cambios climáticos, por ello deben ser resistentes a los cambios drásticos de temperatura y escasez de agua pues padecerán de ella en el período vacacional cuya duración es de 2 a 3 semanas, y tiene que sobrevivir con el agua que se quede estancada.

Por otro lado, se recomienda el uso de tezontle como sustrato, dado su menor peso volumétrico y por tener un mejor desempeño como se reportó por Apolonio, 2012 quien comparó tezontle, piedra pómez y piedra de río.

Debe tenerse en cuenta que la temperatura a la que se mantiene el humedal está dentro de los 15°C a 20°C por lo que la eficiencia de tratamiento sufrirá modificaciones en función de la misma.

Se recomienda que el humedal tenga un proceso de descanso o lavado donde por lo menos una vez cada tres meses éste reciba agua con una concentración baja de contaminantes, lo cual se puede lograr con una recirculación de su efluente sin clorar ya que como se mencionó en el

capítulo anterior este disminuye su desempeño debido al proceso de colmatación de los poros del sustrato.

Uno de los propósitos de los humedales en la FES Aragón es la vista que estos podrían traer debido a las plantas y a las flores que éstas generan y aunque las flores se podrían cortar para poderse utilizar en eventos de la misma facultad, es importante podar las hojas o tallos muertos debido a que éstos afectan el proceso al no permitir que los tallos y hojas nuevas retengan los nutrientes necesarios e interfieren en la incidencia de luz del sol directamente.

REFERENCIAS

CONAGUA. (Comisión Nacional del Agua). (2011). Situación del Subsector Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Edición 2011. Documentó en línea: <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/DSAPAS%20Edicion%202011.pdf>

Sainz, J. y Becerra, M. (2007). Los conflictos por agua en México: avances de investigación, Instituto nacional de ecología. Coyoacán, México D.F, Documentó en línea: http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/gacetitas/389/conf_agua.html

Sohair I. Abou-Elela y Mohamed S. Hellal. (2012). Municipal wastewater treatment using vertical flow constructed wetlands planted with Canna, Phragmites and Cyprus. *Ecological Engineering*. 47 209-213

INEGI. (2010). (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) Censo de población y vivienda 2010, Documentos en línea: <http://www.censo2010.org.mx/>

Tchobanoglous, G. y Ronald W. C. (2000). Sistemas de manejo de aguas residuales: para núcleos pequeños y sistemas descentralizados, Editorial McGraw-Hill, 2000

Sohair I. Abou-Elela y Mohamed S. Hellal (2012). Municipal wastewater treatment using vertical flow constructed wetlands planted with Canna, Phragmites and Cyprus. *Ecological Engineering*. 47 209-213

Sánchez Font, David. (2013). Depuración de aguas residuales de una población mediante humedales artificiales. UPC. (Universitat Politècnica de Catalunya, BarcelonaTech)

PUMAGUA. (2010). (Programa Universitario de Manejo, Uso y Reuso del Agua en la UNAM, Anexo. FES Aragón. Documento en línea: http://www.pumagua.unam.mx/assets/pdfs/informes/2010/avances_fes_aragon_2010.pdf

Batillani Adriano, Steiner Michele, Andersen Martin, Nohr Soren, Lorenzen J., Schwietzer Avil, Dalsgaard Anders, Forslund Anita, Gola Secondo, Klopmann Wolfram, Plauborg Finn y Andersen Mathias. (2010). Decentralised water and wastewater treatment technologies to produce functional water for irrigation. *Agricultural Water Management*. 98 385-402

Servín Carl, Sánchez Luis Fernando, Mantilla Gabriela, Montesillo Jose Luis, Ruiz Alejandro Jesús y Hansen Ivette. (2013). Selección de alternativas para el tratamiento de aguas residuales de una ciudad. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Progreso Jiutepec, Michoacan Mexico.

Rhett Butler y MacCormick Tony. (1996). Opportunities for decentralized treatment, sewage mining and effluent re-use. *Desalination*. 106 273-283

Chen Cheng-Liang, Hung Szu-Wen y Lee Jui-Yuan. (2010). Design of inter-plant water network with central and decentralized water mains. *Computers and Chemical Engineering*. 34 1522-1521

Chong Meng, Sharma Ashok, Burn Stewart y Saint Christopher. (2012). Feasibility study on the application of advanced oxidation technologies for decentralised wastewater treatment. *Journal of Cleaner Production*. 35 230-238

Chung G, Lansey K, Brooks P, Ela W, Stewart S y Wilson P, (2008). A general water supply planning model: Evaluation of decentralized treatment. *Environmental Modelling & Software*. 23 893-905

Dusek Jiri, Picek Tomas y Cizkova Hana. (2008). Redox potential dynamics in a horizontal subsurface flow constructed wetland for wastewater treatment: Diel, seasonal and spatial fluctuations. *Ecological Engineering*. 34 223-232

Stefanakis Alexandros, Akrotos Christos y Tsihrintzis Vassilios. (2011). Effect of wastewater step-feeding on removal efficiency of pilot-scale horizontal subsurface flow constructed wetlands. *Ecological Engineering*. 37 431-443

Fuchs Valerie, Mihelcic James y Gierke John. (2011). Life cycle assessment of vertical and horizontal flow constructed wetlands for wastewater treatment considering nitrogen and carbon greenhouse gas emissions. *Water Research*. 45 2073-2081

Gagnon Vincent, Chazarenc Florent, Koiv Margit y Brisson Jacques. (2012). Effect of plant species on water quality at the outlet of a sludge treatment wetland. *Water Research*. XXX 1-11

Garcia Dario, Poch Manel, Nieves Juan Carlos, Cortés Ulises y Turon Claudia. (2012). A logic-based environmental decision support system for the management of horizontal subsurface constructed wetlands. *Ecological Engineering*. 47 44- 55

Gikas Petros y Tchobanoglous George. (2009). The role of satellite and decentralized strategies in water resources management. *Journal of Environmental Management*. 90 144-152

Suliman F, Futsaether C y Oxaal U. (2012). Hydraulic performance of horizontal subsurface flow constructed wetlands for different strategies of filling the filter medium into the filter basin. *Ecological Engineering*. 29 45-55

Kadlec Robert, Pries John y Lee Keith. (2012). The Brighton treatment wetlands. *Ecological Engineering*. 47 56-70

Kearney Miranda y Zhu Weixing. (2012). Growth of three wetland plant species under single and multi-pollutant wastewater conditions. *Ecological Engineering*. 47 214-220

Naresh R, McCullough Clint y Lund Mark. (2011). How does storage affect the quality and quantity of organic carbon in sewage for use in the bioremediation of acidic mine waters?. *Ecological Engineering*. 37 1205-1213

Li Zhenhua. (2012). Evaluation of decentralized treatment of sewage employing bio-contact oxidation reactor integrated with filter bed. *Process Safety and Environmental Protection*. xxx xxx-xxx

Liang Hanwen, Gao Min, Wei Yuansong y Guao Xuesong. (2010). A novel integrated step-feed biofilm process for the treatment of decentralized domestic wastewater in rural areas of China. *Journal of Environmental Sciences*. 22(3) 321-327

Libralato Giovanni, Volpi Annamaria y Avezzú Francesco. (2012). To centralise or to decentralise: An overview of the most recent trends in wastewater treatment management. *Journal of Environmental Management*. 94 61-68

Loo Siew, Fane Anthony, Krantz William y Thye Teik. (2012). Emergency water supply: A review of potential technologies and selection criteria. *Water Research*. 46 3125-3151

Mankad Aditi y Tapsuwan Sorada. (2011). Review of socio-economic drivers of community acceptance and adoption of decentralised water systems. *Journal of Environmental Management*. 92 380-391

Mankad Aditi. (2012). Decentralised water systems: Emotional influences on resource decision making. *Environment International*. 44 128-140

Massoud Mary, Tarhini Akram y Nasr Joumana. (2009). Decentralized approaches to wastewater treatment and management: Applicability in developing countries. *Journal of Environmental Management*. . 90 652-659

Moussavi Gholamreza, Kazembeigi Frarough y Farzadkia Mehdi. (2010). Performance of a pilot scale up-flow septic tank for on-site decentralized treatment of residential wastewater. *Process Safety and Environmental Protection*. 88 47-52

Munga Helen y Mihelcic James. (2008). Sustainability of wastewater treatment technologies. *Journal of Environmental Management*. 88 437-447

Nhapi Innocent. (2004). A framework for the decentralised management of wastewater in Zimbabwe. *Physics and Chemistry of the Earth*. 29 1265-1273

FUDSA. (Fundacion por la Socieda Demnocracia de las Americas, A.C.) (2013). El agua en México. No.11 43-55

Rodriguez G, Molinos M, Hospido A, Henández F, Morelia M y Feijo G. (2011). Environmental and economic profile of six typologies of wastewater treatment plants. *Water Research*. 45 5997-6010

Sabry Tarek. (2010). Evaluation of decentralized treatment of sewage employing Upflow Septic Tank/Baffled Reactor (USBR) in developing countries. *Journal of Hazardous Materials*. 174 500-505

Sartor Miriam, Kascherk Martin y Mavrov Valko. (2008). Feasibility study for evaluating the client application of membrane bioreactor (MBR) technology for decentralized municipal wastewater treatment in Vietnam. *Desalination*. 224 172-177

Naz Muhsin, Uyanik Sinan, Irfan M, Sahinkaya. (2009). Side-by-side comparison of horizontal subsurface flow and free water surface flow constructed wetlands and artificial neural network (ANN) modeling approach. *Ecological Engineering*. 35 1255-1263

Song Xinshan, Yan Denghua, Liu Zhenhong, Chen Yan, lu Shoubo y Wang Daoyuan. (2011). Performance of laboratory-scale constructed wetlands coupled with micro-electric field for heavy metal-contaminating wastewater treatment. *Ecological Engineering*. 37 2061-2065

Suriyachan Chmawong, Nitivattananon Vilas y Amin Nurul. (2012). Potential of decentralized wastewater management for urban development: Case of Bangkok. *Habitat International*. 36 85-92

Tanner Chris, Sukias James, Headley Tom, Yates Charlotte y Stott Rebecca. (2012). Constructed wetlands and denitrifying bioreactors for on-site and decentralized wastewater treatment: Comparison of five alternative configurations. *Ecological Engineering*. 42 112-123

Osnaya Maricarmen. (2012). Propuesta de diseño de un humedal artificial para el tratamiento de aguas residuales en la universidad de la sierra Juárez. UNSIJ. (universidad de la sierra de Juárez (Tesis).

Travis Micheal, Wesibrod Noam y Gross Amit. (2012). Decentralized wetland-based treatment of oil-rich farm wastewater for reuse in an arid environment. *Ecological Engineering*. 39 81-89

Zurita F, De Anda J y Belmont M.A. (2009). Treatment of domestic wastewater and production of commercial flowers in vertical and horizontal subsurface-flow constructed wetlands. *Ecological Engineering*. 35 861-869

Kumar Asheesh, Dash Purnanjali, Mohanty Ayusman, Abbassi Rouzben y Kanta Barada. (2012). Performance assessment of innovative constructed wetland-microbial fuel cell for electricity production and dye removal. *Ecological Engineering*. 47 126- 131

Chun Ye, Zhan-Bo Hu, Hai-Nan Kong, Xin-Ze Wang y Sheng He. (2008). A New Soil Infiltration Technology for Decentralized Sewage Treatment: Two-Stage Anaerobic Tank and Soil Trench System. *Pedosphere*. 18(3): 401-408

Zhang Ting, Xu Dong, He Feng, Zhang Yongyuan y Wu Zhwnbin. Application of constructed wetland for water pollution control in China during 1990-2010. *Ecological Engineering*. 47 189-197

Zou Yuan-chun, Lu Xian-guo, Yu Xiao-fei, Jiang Ming y Guo Yue. Migration and retention of dissolved iron in three mesocosm wetlands. *Ecological Engineering*. 47 189-197

Joan García, Jordi Morató y Josep M. Bayona(2005), Humedales construidos para el tratamiento de aguas residuales. Universitat Politècnica de Catalunya , Centro de Investigación y Desarrollo de Barcelona, CSIC; Documento en línea: <http://www.interempresas.net/Reciclaje/Articulos/10753-Humedales-construidos-para-el-tratamiento-de-aguas-residuales.html>

Lahera Ramon. (2010). Infraestructura sustentable: Las plantas de tratamiento de aguas residuales. UAEM, Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca México. Quivera, Vol 12, num. 2, 58-69.

Gobierno del Estado de México. (2011). Macro región III oriente, región IX Nezahualcóyotl. Documento en línea: <http://transparencia.edomex.gob.mx/copladem/informacion/sectoriales/M%20III%20-%20R%20IX%20Nezahualcoyotl.pdf>

Antonio Lamela. (2013) .Desalinización (o desalinización) de agua de mar. Documento en línea: http://www.cuentayrazon.org/revista/pdf/130/Num130_006.pdf

Gobierno del Estado de México. (2011). Diagnóstico ambiental de la región IX: Nezahualcóyotl. Documentado en línea: <http://transparencia.edomex.gob.mx/copladem/informacion/sectoriales/M%20III%20-%20R%20IX%20Nezahualcoyotl.pdf>

Ambientum. (2013). Aguas. Documento en línea: http://www.ambientum.com/enciclopedia_medioambiental/aguas/El_ciclo_hidrologico.asp

Aguas Cordoba. (2011). Que es el agua potable. Documento en línea: <http://www.aguascordobesas.com.ar/educacion/aula-virtual/agua-potable/que-es-el-agua-potable>

International center for aquaculture y aquatic environments auburn university. (2013) Introduccion a la captación de agua. Documento en línea: <http://ag.arizona.edu/azaqua/AquacultureTIES/publications/Spanish%20WHAP/GT3%20Water%20Harvesting.pdf>

Buitrago Ivan. (2004). Apartes de la historia de los acueductos. Documento en línea: <http://www.agualatinoamerica.com/docs/pdf/050604%20Acueductos.pdf>

SEMARNAT. (Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales) (2013). Planta de tratamiento de aguas residuales Atotonilco. Documento en línea: www.agua.org.mx/.../2141-planta-de-tratamiento-de-aguas-residuales-atotonilco

SEMARNAT. (Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales) (2012). Situación del Subsector Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento Edición 2012. Documento en línea: <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/SGAPDS-40-12.pdf>

CONAGUA. (Comisión Nacional del Agua). (2011). Atlas del agua en México 2011. Documento en línea: <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/SGP-18-11.pdf>

CONAGUA. (Comisión Nacional del Agua). (2009). Semblanza Histórica del Agua en México. Documento en línea: <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/SGP-28SemblanzaHist%C3%B3ricaM%C3%A9xico.pdf>

Romero Mynor. (2013). Tratamientos utilizados en potabilización de agua. Facultad de Ingeniería- Universidad Rafael Landívar. Documento en línea: http://www.tec.url.edu.gt/boletin/URL_08_ING02.pdf

Valdez Cesar. (1991). Abastecimiento de agua potable. UNAM, Facultad de Ingeniería Universidad nacional Autónoma de México.

Santamaría G. Gilberto. (2013). 3er Informe 2011-2012. UNAM, FES Aragón. Documento en línea:
http://www.aragon.unam.mx/nuestra_facultad/FES/Aragon/pdf/3ER_INFORME.pdf

EPA. (Environmental Protection Agency). (1988). Constructed Wetlands and Aquatic Plant Systems for Municipal Wastewater Treatment.

Gonzales Orestes y Deas Guido. (2011). Metodología para el diseño de humedales con flujo subsuperficial horizontal. Ingeniería Hidráulica y Ambiental, Vol. XXXII, No. 1 61-70

Santamaría G. Gilberto. (2013). Plan de desarrollo institucional 2009-2013. UNAM FES Aragón. Documento en línea:
http://www.aragon.unam.mx/nuestra_facultad/FES/Aragon/pdf/plan2009_2013.pdf

Gobierno del Estado de México. (2011). Estadística Basica Nezahualcóyotl. Documento en línea:
<http://igecem.edomex.gob.mx/descargas/estadistica/ESTADISTICABMUNI/ESTADISTICABASI/ARCHIVOS/Nezahualc%C3%B3yotl.pdf>

Secretaría de Salubridad y Asistencia. (2004). Manual de saneamiento, vivienda, agua y desechos . Mexico D.F Editorial Limusa.

Latchinian Aramis y Ghislieri Daniel.(2013). Autoconstrucción de sistemas de depuración de aguas cloacales. CEADU (Centro de Estudios, Análisis y Documentación del Uruguay) Documento en línea: <http://www.ceadu.org.uy/documentos/Sistemas%20naturales.PDF>

Lesikar Bruce y Enciso Juan. (1914). Fosa séptica convencional/campo de drenaje. Servicio de Extensión Agrícola de Texas, (Gel) sistema universitario Texas A&M. Documento en línea: <http://lubbock.tamu.edu/files/2011/10/2074410-L5234S.pdf>

University of Quintana Roo Programa MIRC. (1999). Septic Manual-Pasos para construir tu propia fosa septica. Septic System Construction Handbook. Quintana Roo, Mexico: Universidad de Quintana Roo. 29pp.

Rondón Luis Miguel (Publicado en 2014). Fosas sépticas. Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas Comunidades. Documento en línea:
<http://es.scribd.com/doc/201419076/Capitulo1>

CONEVyT(Consejo Nacional de Educación para la Vida y el Trabajo).(2011). Guías de aprendizaje CONEVyT producción de jitomate, Capítulo 2 Sustratos y Contenedores. Documento en Línea:
http://www.conevyt.org.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=545&Itemid=1099

Treviño Luis Gerardo, Guillén Rosa Angélica y Dávila Valeria. (2013). Tratamiento de aguas residuales en la UPEMOR. Universidad Politécnica de Morelos.

Gómez Raúl. (2013). Tratamiento de aguas residuales por humedales artificiales costes de construcción de humedal artificial. Documento en línea: <http://www.agropecuariosegovia.com/2Documentacion.pdf>

Francia Delfino, Cabrera J. Manuel y Flores Álvaro Flores. Determinación de la conductividad hidráulica en pantanos Artificiales experimentales de flujo subsuperficial. Universidad de Guanajuato, Instituto de Ciencias Agrícolas. Exhacienda El Copal, Irapuato, Gto., México. Documento en línea: <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/mexico13/108.pdf>

Goyal Megh R, Rivera Luís E y Pagan José V. Diseño de sistemas de riego por goteo. Universidad de Puerto Rico-Recinto de Mayagüez, Mayagüez, Puerto Rico. Documento en línea: http://www.ece.uprm.edu/~m_goyal/home.htm

Centro de Estudios y Prevención de Desastres. (2005). Manual de operación y mantenimiento de un sistema de riego por goteo. Documento en línea: http://www.predes.org.pe/predes/cartilla_riegoteo.pdf

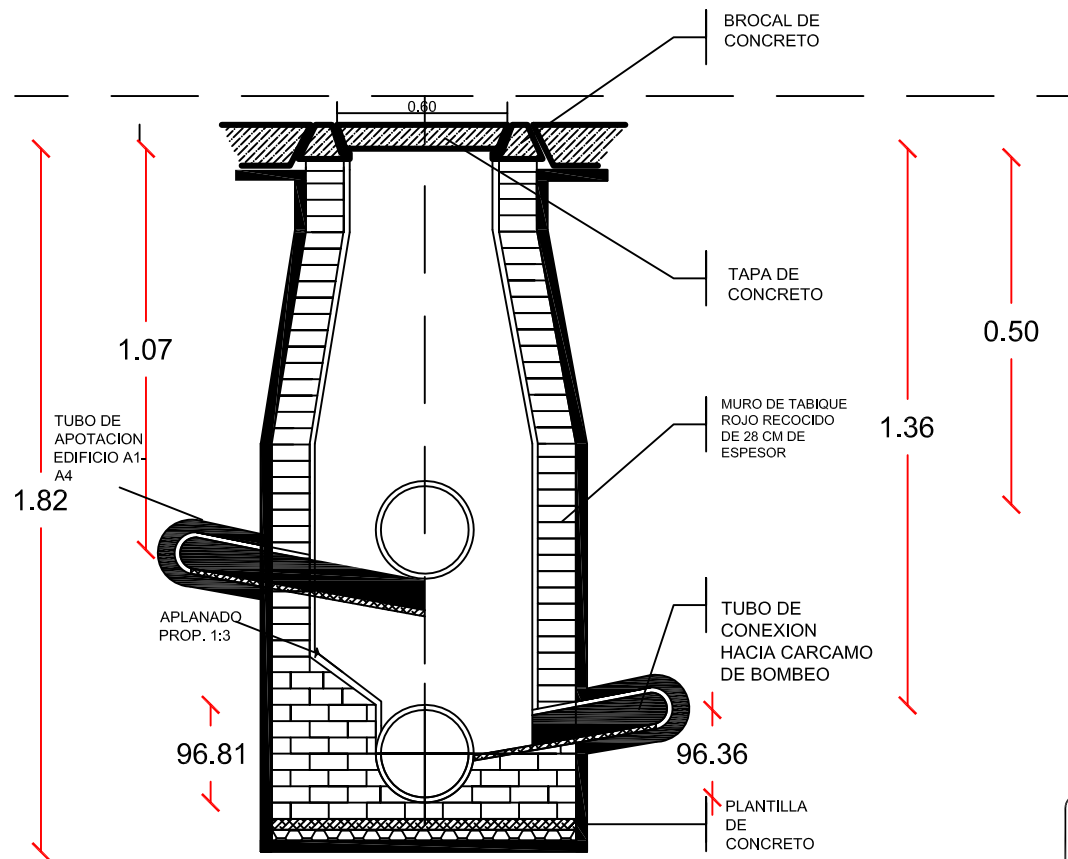
USON. (2013).Capitulo III Construcción, Instalacion y Arranque (carcamos de bombeo y tanques de cloración. Universidad de Sonora. Documento en línea: <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/1349/Capitulo3.pdf>

SAGARPA. (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). (2013). Sistema de riego localizado (Goteo-Microaspersión)

CONAGUA. (Comisión Nacional del Agua). (2007). Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento (Cárcamos de bombeo para alcantarillado, funcional e Hidráulico). Documento en línea: <ftp://ftp.conagua.gob.mx/Mapas/libros%20pdf%202007/Carcamos%20de%20Bombeo%20para%20Alcantarillado%20Funcional%20e%20Hidraulico.pdf>

Gaeta Leonardo. (2001). Manual de diseño de sistemas de riego tecnificado. Universidad de Talca, Facultad de ingeniería. Documento en línea: http://campuscurico.utalca.cl/~fespinos/leonardo_gaete_vergara.pdf

Leveratto Claudio y Schonwald Janine. (2005). El riego por goteo en la huerta comunitaria (Instalación de un sistema de riego por Goteo). Plan Nacional de Seguridad Alimentaria. Buenos Aires. Documento en línea: <http://huertasescolares.files.wordpress.com/2010/02/cartilla-de-riego-amba.pdf>

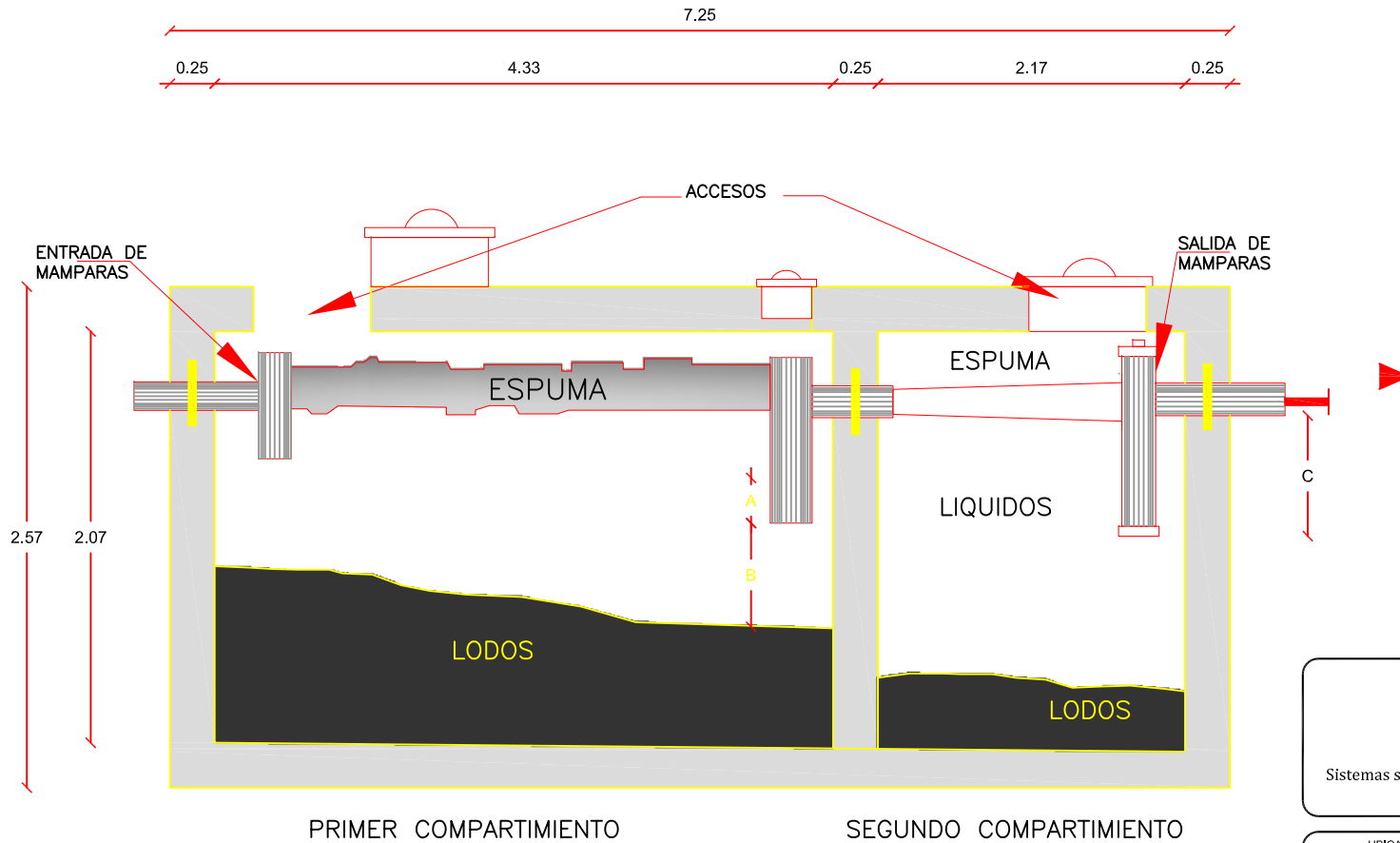


CORTE

POZO DE VISITA
 Esquema de Pozo de Visita Jardín de Profesores
 Sistemas satelitales de tratamiento de agua residual: Una aplicación en la FES Aragón.

UBICACIÓN	EDIFICIO	ANEXO
FES ARAGÓN	A4-A5	B

M. en C. Marjorie Márquez Vázquez.		Irving Rojas Rivera.	
FECHA: ABRIL 2014	MÉXICO, D.F.	NÚMERO DE PLANOS: 4	NO. DE PLANO: 1 01



FOSA SEPTICA (CORTE)

FOSA SEPTICA

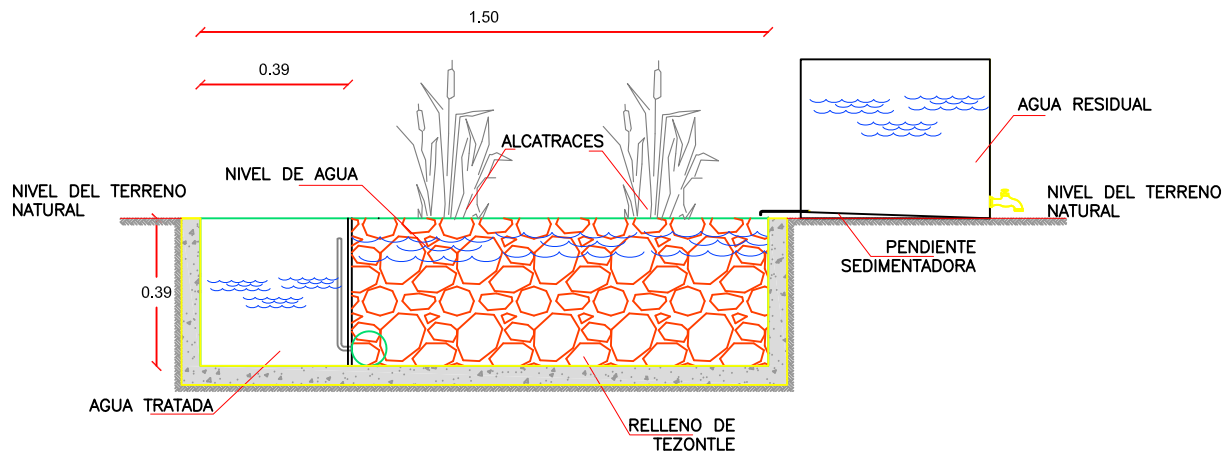
Esquema de diseño de Fosa Septica propuesta

Sistemas satelitales de tratamiento de agua residual: Una aplicación en la FES Aragón.

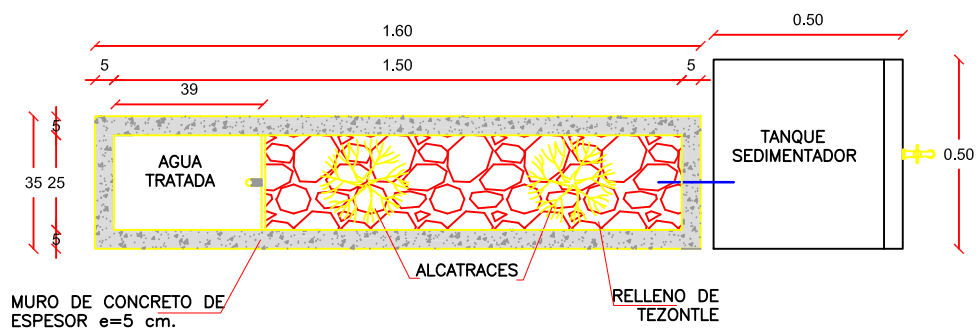
UBICACIÓN	EDIFICIO	ANEXO
FES ARAGÓN	CENTRO TECNOLÓGICO ARAGÓN	B

M. en C Marjorie Márquez Vázquez.	Irving Rojas Rivera.
-----------------------------------	----------------------

FECHA: ABRIL 2014	MÉXICO, D.F.	NÚMERO DE PLANOS: 4	NO. DE PLANO: 2
-------------------	--------------	---------------------	-----------------



HUMEDAL ARTIFICIAL
(CORTE)



HUMEDAL ARTIFICIAL
(PLANTA)

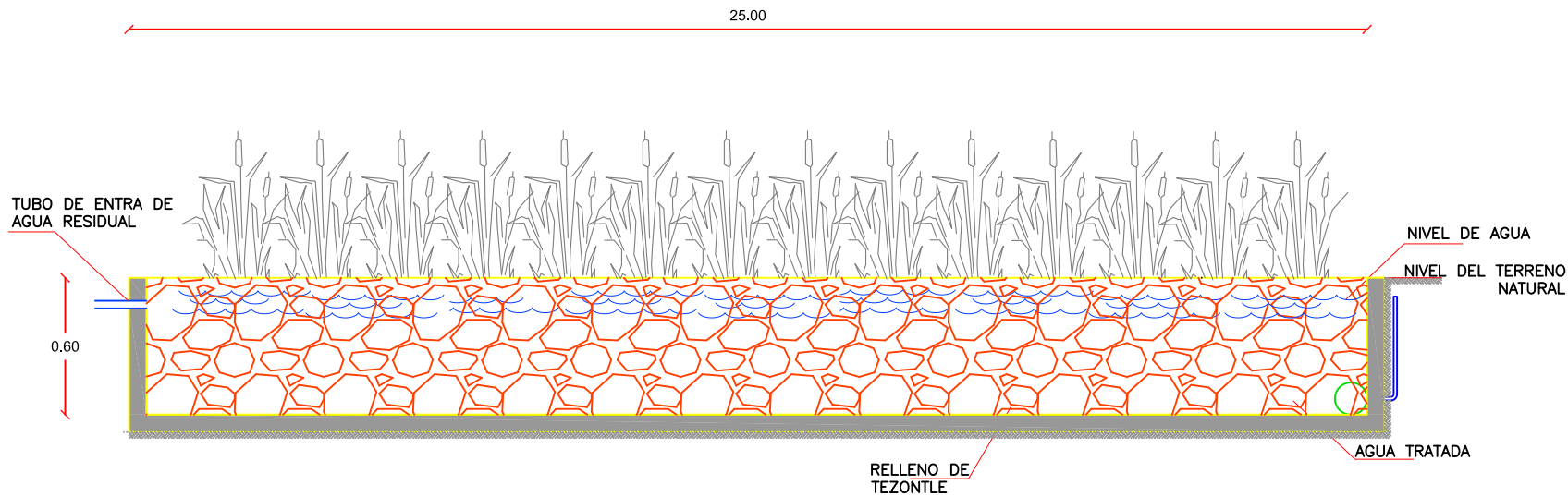
HUMEDAL ARIFICIAL

Esquema de Humedal Artificial escala banco de laboratorio.
Sistemas satelitales de tratamiento de agua residual: Una aplicación en la FES Aragón.

UBICACIÓN	EDIFICIO	ANEXO
FES ARAGÓN	CENTRO TECNOLÓGICO ARAGÓN	C

M. en C Marjorie Márquez Vázquez.	Irving Rojas Rivera.
-----------------------------------	----------------------

FECHA: ABRIL 2014	MÉXICO, D.F.	NÚMERO DE PLANOS: 4	NO. DE PLANO: 3	03
-------------------	--------------	---------------------	-----------------	----



HUMEDAL ARTIFICIAL
(CORTE)

HUMEDAL ARIFICIAL

Esquema de Humedal Artificial diseñado para edificio A5
Sistemas satelitales de tratamiento de agua residual: Una aplicación en la FES Aragón.

UBICACIÓN FES ARAGÓN	EDIFICIO A5	ANEXO D
-------------------------	----------------	------------

M. en C Marjorie Márquez Vázquez.		Irving Rojas Rivera.	
FECHA: ABRIL 2014	MEXICO, D.F.	NÚMERO DE PLANOS: 4	NO. DE PLANO: 4

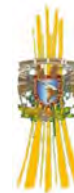


UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Centro Tecnológico Aragón

Laboratorio de Ingeniería Ambiental

ANÁLISIS FÍSICO – QUÍMICO DE AGUA



Hoja 1 de 1.

Solicitud No.	Fecha: 3 de agosto 2012
Solicitado por:	Irving Rojas Rivera
Fecha de Muestreo: 03/08/2012	Recepción: 03/08/2012
Procedencia: Agua residual cruda proveniente del pozo 35 de la red de alcantarillado de la FES Aragón	

Parámetro		M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	
Temperatura °C		7.7							
pH		22.4							
C. E. mS		5.33							
Turbidez (UTN)		202							
Color (Pt – Co)									
Verdadero/aparente									
Olor									
Materia Flotante									
Miligramos por litro	OD	0.52							
	DBO ₅ Total	300							
	DQO.	767.5							
	DQO Soluble	520							
	SÓLIDOS	Totales	3564						
		Totales fijos	692						
		Totales volátiles	2872						
		Susp. Totales	165						
		Susp. Fijos	24						
		Susp. volátiles	141						
		Disueltos totales	3399						
Disueltos fijos									
Disueltos volátiles									
m	Sedimentables								
Miligramos por litros	Acidez CaCO ₃	Anaranjado de metilo							
		TOTAL							
	Alcalinidad CaCO ₃	Fenolftaleína							
		Naranja de Metilo							
		Carbonatos							
		Bicarbonatos							
		Hidróxidos							
TOTAL	17.5								
Dureza CaCO ₃	TOTAL								



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Centro Tecnológico Aragón

Laboratorio de Ingeniería Ambiental

ANÁLISIS FÍSICO – QUÍMICO DE AGUA



Hoja 2 de 2

Muestra n°								
Miligramos por litro	Cloruros	387.3						
	Sulfatos	100						
	Sodio							
	Potasio							
	Nitrogeno	Amoniaco -N	107.5					
		Orgánico						
		TOTAL						
		Nitritos -N	0.275					
		Nitratos- N	17.5					
	mg Fósforo/L	Fosfatos	40.5					
		Fósforo						
	Grasas y Aceites	255						
	Fenoles							
	SAAM Detergentes							
	Arsénico							
	Boro							
	Cadmio							
	Cianuros							
	Cobre							
	Cromo							
Hierro								
Magnesio								
Manganeso								
Mercurio								
Níquel								
Plomo								
Zinc								

OBSERVACIONES

Descripción de las muestras:

Muestra de agua residual cruda proveniente del pozo identificado con el número 35, de la red de alcantarillado de la Facultad de Estudios Superiores Aragón.

ANALIZADO POR: M. en C. Marjorie Márquez V.
P.I.C. Irving Rojas Rivera

REVISADO POR: M. en C. Sergio Martínez G.

FECHA DE REPORTE: 4 de agosto de 2012