



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ZARAGOZA

“INGENIERÍA DE PROYECTOS DE UNA PLANTA
DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
CON FINES DE RECARGA A MANTOS
ACUÍFEROS UBICADA EN LA DELEGACIÓN
TLALPAN”

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO QUÍMICO

PRESENTA:

TALINA MONSERRATH CERVANTES MORALES

DIRECTOR DE TESIS:

M. EN I. PABLO EDUARDO VALERO TEJEDA

ASESOR DE TESIS:

I.Q. MARIANO RAMOS OLMOS



CIUDAD DE MÉXICO, 2018



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.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES "ZARAGOZA"

DIRECCIÓN

JEFE DE LA UNIDAD DE ADMINISTRACIÓN
ESCOLAR
PRESENTE.

Comunico a usted que al alumno(a) **Cervantes Morales Talina Monserrath**, con número de cuenta **30803377-3** de la carrera **Ingeniería Química**, se le ha fijado el día **16** del mes de **Marzo de 2018** a las **09:00 horas** para presentar su examen profesional, que tendrá lugar en la sala de exámenes profesionales del Campus II de esta Facultad, con el siguiente jurado:

PRESIDENTE	I.Q. FRANCISCO JAVIER MANDUJANO ORTIZ
VOCAL	M. EN I. PABLO EDUARDO VALERO TEJEDA
SECRETARIO	I.Q. GONZALO RAFAEL COELLO GARCÍA
* SUPLENTE	I.Q. MARIANO RAMOS OLMOS
SUPLENTE	M. EN C. ANA LILIA MALDONADO ARELLANO

El título de la tesis que se presenta es: "Ingeniería de Proyectos de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales con Fines de recarga a Mantos acuíferos Ubicada en la delegación Tlalpan".

Opción de Titulación: Convencional

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
CDMX., a 13 de Febrero de 2018.

DR. VÍCTOR MANUEL MENDOZA NUÑEZ
DIRECTOR

RECIBÍ
OFICINA DE EXÁMENES PROFESIONALES
Y DE GRADO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ZARAGOZA
DIRECCIÓN



Vo.Bo.

I.Q. DOMINGA ORTIZ BAUTISTA
JEFA DE LA CARRERA DE I.Q.



AGRADECIMIENTOS

A mi padre, porque gracias a sus esfuerzos he concluido esta última etapa para verme realizada como una mujer profesionalista y espero que desde el cielo estés orgulloso de mí como yo lo estoy de ti.

A mi madre, porque sin su gran apoyo y presión no lo hubiera logrado.

A mis hermanos, por su apoyo en los momentos difíciles de mi vida.

A mi hija, porque es mi motivo para salir adelante y demostrarle que todo se puede lograr en esta vida si te lo propones.

A la Fes Zaragoza, porque mi estancia en la UNAM fue una de las mejores etapas de mi vida. Gracias, porque me brindó todas las herramientas y conocimientos necesarios para enfrentarme a la vida laboral y que hoy y siempre pondré en alto que soy “Fes Zaragozana”.

Al SACMEX, porque mi estancia realizando el servicio social me ayudó a reforzar mis conocimientos como ingeniera. Gracias en particular, al Ing. Galván por la oportunidad que me dio de asistir a la construcción de la PTAR “Valle Verde”, a la Ing. Mari por su amabilidad y tiempo en asesorarme, al Ing. Martín Victoria López por su gran apoyo y comprensión.

A mi director de tesis, asesor de tesis y sinodales. Por su paciencia, tiempo y gran apoyo, ya que cada corrección se agradece y se tomó en



cuenta, ya que para mí fue una retroalimentación a mí persona para realizar siempre un buen trabajo.

A Pro Ventas S.A. de C.V. Gracias porque mi instancia en la empresa me permitió descubrir mi vocación, imponerme metas y retos, y demostrar que mi trabajo hablara por sí solo. Gracias en especial, a la LIC. Cassandra Dillon por su confianza y por todo el apoyo que me brindó para poder obtener mi título profesional.

A mis amigos y seres queridos, por sus consejos, su comprensión y su gran apoyo incondicional en los momentos buenos y malos de mi vida. Gracias a Brian Otniel Hernández y su familia por el apoyo que me brindaron cuando lo necesite.



ÍNDICE DE CONTENIDO

SINOPSIS.....	11
OBJETIVOS.....	12
GENERAL.....	12
PARTICULAR.....	12
CAPÍTULO I. ANTECEDENTES	14
1.1. DEMANDA DE LOS RECURSOS HÍDRICOS A TRAVÉS DEL TIEMPO.....	14
1.2. PROBLEMÁTICA HÍDRICA EN LA CIUDAD DE MÉXICO.	19
1.3. DISPOSICIÓN Y SANEAMIENTO.....	22
1.4. GESTIÓN DE RECARGA DE LOS ACUÍFEROS.....	24
1.4.1. IMPORTANCIA DE LA RECARGA ARTIFICIAL.....	24
1.4.2. FACTORES PARA ELEGIR EL PROCESO DE RECARGA.....	25
1.4.2.1. FUENTES DE RECARGA.....	25
1.4.2.2. TIPOS DE ACUÍFEROS.....	26
1.4.2.3. TIPOS DE RECARGA.....	27
1.5. NORMATIVIDAD PARA INYECCIÓN ARTIFICIAL A MANTOS ACUÍFEROS.	28
CAPÍTULO II. FUNDAMENTOS DEL AGUA RESIDUAL.....	31
2.1. ¿QUÉ SON LAS AGUAS RESIDUALES?.....	31
2.1.1. ORIGEN.....	31
2.1.2. RÉGIMEN DE DESCARGA.....	32
2.2. CARACTERIZACIÓN DEL AGUA RESIDUAL.....	33
2.2.1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	33
2.2.2. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS.....	34
2.2.3. CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS.....	36
2.3. TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES.....	37
2.3.1. CLASIFICACIÓN DE LOS PROCESOS DE TRATAMIENTO.....	38
2.4. TRENES DE TRATAMIENTO.....	40
2.4.1. PRE TRATAMIENTO.....	41
2.4.2. TRATAMIENTO PRIMARIO.....	41



INGENIERÍA DE PROYECTOS DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES CON FINES DE
RECARGA A MANTOS ACUÍFEROS UBICADA EN LA DELEGACIÓN TLAPAN

2.4.3. TRATAMIENTO SECUNDARIO.....	42
2.4.4. TRATAMIENTO TERCARIO O AVANZADO.....	43
2.4.5. TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN DE LODOS.....	43
CAPÍTULO III. INGENIERÍA DE PROYECTOS.....	45
3. PROYECTO DE INGENIERÍA.....	45
3.1. ORGANIZACIÓN DEL PROYECTO.....	46
3.2. DOCUMENTACIÓN DEL PROYECTO.....	48
3.2.1. INGENIERÍA CONCEPTUAL.....	49
3.2.2. INGENIERÍA BÁSICA.....	50
3.2.3. INGENIERÍA DE DETALLE.....	52
3.3. EJECUCIÓN DE LA INGENIERÍA EN PROYECTOS INDUSTRIALES.....	54
3.3.1. INGENIERÍA CIVIL.....	54
3.3.2. MAQUINARÍA E INSTALACIONES MECÁNICAS Y ELÉCTRICAS.....	55
3.3.3 TUBERÍAS E INSTRUMENTOS EN INSTALACIONES.....	57
3.3.4. GESTIÓN DE COMPRA DE MATERIALES Y EQUIPOS.....	57
3.3.5. GESTIÓN DE CONTRATACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN Y EL MONTAJE.....	60
3.3.6. SUPERVISIÓN DE CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE.....	61
3.3.7. PUESTA EN SERVICIO.....	62
3.3.8. PUESTA EN OPERACIÓN.....	63
3.3.9. PRUEBAS DE RENDIMIENTO.....	64
3.3.10 CIERRE DEL PROYECTO.....	64
CAPÍTULO IV. PROYECTO PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES “VALLE VERDE”.....	66
4.1. UBICACIÓN DEL PROYECTO.....	66
4.2. CICLO DE VIDA DEL PROYECTO.....	67
4.2.1. NECESIDAD DEL PROYECTO.....	68
4.2.2. PROYECTO.....	70
4.2.3. CONTRATACIÓN.....	71
4.2.4. PLANEACIÓN.....	73
4.2.5. ALCANCES.....	74



CAPÍTULO V. INGENIERÍA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES “VALLE VERDE”	76
5.1. INGENIERÍA BÁSICA	76
5.1.1. BASES DE DISEÑO	76
5.1.2. CRÍTERIOS DE DISEÑO	79
5.1.3. TREN DE TRATAMIENTO DE LA PTAR “VALLE VERDE”	86
5.1.3.1. PRE-TRATAMIENTO	86
5.1.3.2. TRATAMIENTO PRIMARIO	88
5.1.3.3. TRATAMIENTO SECUNDARIO	91
5.1.3.4. TRATAMIENTO DE LODOS	92
5.1.3.5. TRATAMIENTO TERCIARIO	94
5.1.4. MEMORIA DE CÁLCULO	100
5.1.5. BALANCE DE MATERIA	141
5.1.5.1. BALANCE DE MATERIA DEL TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL	141
5.1.5.2. BALANCE DE MATERIA DEL TRATAMIENTO TERCIARIO	144
5.1.6. DIAGRAMA DE BLOQUES. PTAR “VALLE VERDE”	147
5.1.7. DIAGRAMAS DE FLUJO DE PROCESO PTAR “VALLE VERDE”	148
5.1.7.1. DFP TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	148
5.1.7.2. DFP TRATAMIENTO TERCIARIO	148
5.1.7.3. DFP TRATAMIENTO DE LODOS	148
5.1.8. DIAGRAMAS DE TUBERIA E INSTRUMENTACIÓN PTAR “VALLE VERDE”	148
5.1.8.1. DTI TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL	148
5.1.8.2. DTI TRATAMIENTO TERCIARIO	148
5.1.8.3. DTI. TRATAMIENTO DE LODOS	148
5.1.9. PLANO DE LOCALIZACIÓN GENERAL. (PLG)	148
5.1.10. LISTA DE EQUIPOS	149
5.1.11. LISTA DE MOTORES	150
5.1.12. LISTA DE LINEAS	151
5.1.13. LISTA DE SERVICIOS	152
5.2. INGENIERÍA DE DETALLE	155



INGENIERÍA DE PROYECTOS DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES CON FINES DE
RECARGA A MANTOS ACUÍFEROS UBICADA EN LA DELEGACIÓN TLAPAN

5.2.1. ESPECIFICACIÓN DE EQUIPOS.	155
5.2.2. ESPECIFICACIÓN DE MOTORES.	156
5.2.3. ESPECIFICACIÓN DE LÍNEAS.	157
5.3. PRUEBAS DE ARRANQUE DE LA PTAR “VALLE VERDE”	158
5.3.1. VERIFICACIÓN DEL EQUIPO ELECTROMECAÁNICO.	159
5.3.2. ARRANQUE DEL EQUIPO ELECTROMECAÁNICO.	161
5.4. CIERRE DEL PROYECTO.	164
CONCLUSIONES.	168
BIBLIOGRAFÍA.	171



ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. No. 1. Mapa del Valle de México en 1325.....	14
Fig. No. 2. Deseccación de los lagos en el Valle de México.....	17
Fig. No. 3. Vista aérea parcial de la Ciudad de México 1932.....	18
Fig. No. 4. Regiones hidrológico-administrativas (RHA).....	19
Fig. No. 5. Construcción subterránea del metro en la Ciudad de México.	21
Fig. No. 6. Causas de la depresión del terreno.	22
Fig. No. 7. Zona propicia para recarga del acuífero.....	23
Fig. No. 8. Factores que afectan los proceso de recarga.....	25
Fig. No. 9. Inyección de agua a zona acuífera.....	27
Fig. No. 10. Procesos unitarios de tratamiento de aguas residuales.....	38
Fig. No. 11. Vista aérea de la ubicación de la PTAR "Valle Verde".....	66
Fig. No. 12. Ciclo de vida del proyecto de ingeniería de la PTAR "Valle Verde".....	67
Fig. No. 13. Estructura desglosada de trabajo (WBS) de la planta de tratamiento de aguas residuales.....	73
Fig. No. 14. Alcantarillado.....	86
Fig. No. 15. Línea de alimentación	86
Fig. No. 16. Entrada de agua residual al desarenador.....	87
Fig. No. 17. Desarenador con rejillas, canal en operación y canal en reserva.....	87
Fig. No. 18. Cárcamo de bombeo.....	88
Fig. No. 19. Zona óxica con difusores porosos de burbuja fina.....	89
Fig. No. 20. Zona Anóxica.....	90
Fig. No. 21. Vista superficial del sedimentador. Fig. No. 22. Vista frontal del sedimentador.	91
Fig. No. 23. Digestor de Lodos.....	92
Fig. No. 24. Filtro prensa.....	93
Fig. No. 25. Equipo Generador de Ozono.....	94
Fig. No. 26. Tanque de ozonación.....	95
Fig. No. 27. Filtros a presión de acero al carbón.....	96
Fig. No. 28. Sistema de Osmosis Inversa.....	97
Fig. No. 29. Sistema de Luz ultravioleta.....	98
Fig. No. 30. Cárcamo de agua residual tratada a nivel terciario para recarga a manto acuífero.	98
Fig. No. 31. Panel de control. Fig. No. 32. Zoom del panel de control.....	99
Fig. No. 33. Difusores de aire SSI STAMFORD Tipo: AFTS3100.....	127
Fig. No. 34. Presión atmosférica de acuerdo a la altura de sobre el nivel del mar.....	127
Fig. No. 35. Fachada de la PTAR "ValleVerde".....	164
Fig. No. 36. Vista aérea de la PTAR "Valle Verde".....	165
Fig. No. 37. Inyección profunda del agua residual con tratamiento terciario para la recarga al manto acuífero	165
Fig. No. 38. Disposición final de lodos.....	166



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla No. 1. Situación de los acuíferos en la subregión Valle de México.	20
Tabla No. 2. Calidad del agua residual tratada para recarga artificial si no existen captaciones a 1.0 km o menos de distancia al sitio de recarga.	29
Tabla No. 3. Descargas de aguas residuales municipales y no municipales, 2014.	32
Tabla No. 4. Tipos de sólidos presentes en las aguas residuales municipales.	34
Tabla No. 5. Principales procesos biológicos utilizados en el tratamiento del agua residual.	39
Tabla No. 6. Características de plaguicidas del agua residual a tratar.	76
Tabla No. 7. Características Químicas del agua residual a tratar.	77
Tabla No. 8. Características Radioactivas del agua residual a tratar.	78
Tabla No. 9. Características de Hidrocarburos aromáticos del agua residual a tratar.	78
Tabla No. 10. Características microbiológicas del agua residual a tratar.	78
Tabla No. 11. Lista del equipos.	149
Tabla No. 12. Lista de bombas y motores.	150
Tabla No. 13. Lista de líneas (nombre y ubicación).	151
Tabla No. 14. Lista general de servicios.	152
Tabla No. 15. Lista de instrumentos generales instalados.	152
Tabla No. 16. Lista de indicadores de flujo y de nivel instalados.	153
Tabla No. 17. Lista de indicadores de presión de manómetros y de transmisores instalados.	153
Tabla No. 18. Lista de variador de frecuencia y de arrancadores instalados.	154
Tabla No. 19. Lista de especificación de equipos.	155
Tabla No. 20. Lista de especificación de motores.	156
Tabla No. 21. Lista de especificación de líneas.	157



SINOPSIS.

El agua es uno de los recursos más importantes para la vida en el planeta. Los seres humanos dependemos de su disponibilidad no sólo para el consumo doméstico, sino también para el funcionamiento y la continuidad de las actividades agrícolas e industriales. En las últimas décadas, con la finalidad de producir más alimentos y energía, así como de dotar del servicio de agua potable a una población cada vez más numerosa, la demanda por el líquido ha crecido significativamente por consiguiente ha generado un problema importante relacionado con el grado de contaminación.

Las aguas de los cuerpos superficiales y subterráneos se contaminan por las descargas sin tratamiento previo, de aguas municipales e industriales, así como por los arrastres que provienen de las zonas que practican actividades agrícolas y pecuarias. La escases del agua ha atraído varios problemas de importancia como elemento clave para la construcción de plantas de tratamiento de aguas residuales que tienen como objetivo darle un tratamiento a las descargas de agua residual y con ello reducir la contaminación y fomentar el reúso del agua tratada.

El presente trabajo de tesis reporta la problemática existente del agua residual generada en la colonia Valle Verde ubicada en la delegación Tlalpan, presentando una solución viable para la construcción y operación de una planta de tratamiento de aguas residuales. El trabajo se basó en la ingeniería realizada por la firma “Ingeniería Especializada del Medio Ambiente S.A. de C.V” la cual con la autorización del Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACMEX) estoy haciendo publica la información reportando en este trabajo de tesis el seguimiento y la revisión de la ingeniería, integrando todos los elementos básicos que lleva un proyecto basada en la planta de tratamiento de aguas residuales llamada “Valle Verde” con fines de recarga a los mantos acuíferos.



OBJETIVOS.

GENERAL.

Llevar a cabo el seguimiento de los trabajos relacionados con la ingeniería de proyectos para el diseño, construcción, equipamiento y operación transitoria de una planta de tratamiento de aguas residuales “Valle Verde” con fines de recarga a mantos acuíferos para un caudal de 5 LPS; ubicada en la delegación Tlalpan.

PARTICULAR.

- Aplicar todos los elementos básicos de un proyecto para una planta de tratamiento de aguas residuales.
- Aplicar la legislación y las normas reguladoras de la calidad del agua y de recarga artificial a mantos acuíferos.
- Reportar la ingeniería, el diseño, construcción, equipamiento, puesta en marcha y operación de la PTAR “Valle Verde”.



INGENIERÍA DE PROYECTOS DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES CON FINES DE
RECARGA A MANTOS ACUÍFEROS UBICADA EN LA DELEGACIÓN TLAPAN

CAPÍTULO I.

ANTECEDENTES

;

CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

1.1. DEMANDA DE LOS RECURSOS HÍDRICOS A TRAVÉS DEL TIEMPO.

La cuenca del Valle de México, que mide 8,000 km² fue una cuenca cerrada (endorreica)¹ formada por cinco lagos juntos que tenían una extensión de 1,100 Km². De acuerdo a la historia, en la época en que fue fundada Tenochtitlán, el Valle de México estaba rodeado de lagos y los depósitos acuíferos estaban llenos a su capacidad (Ver Fig. No.1).

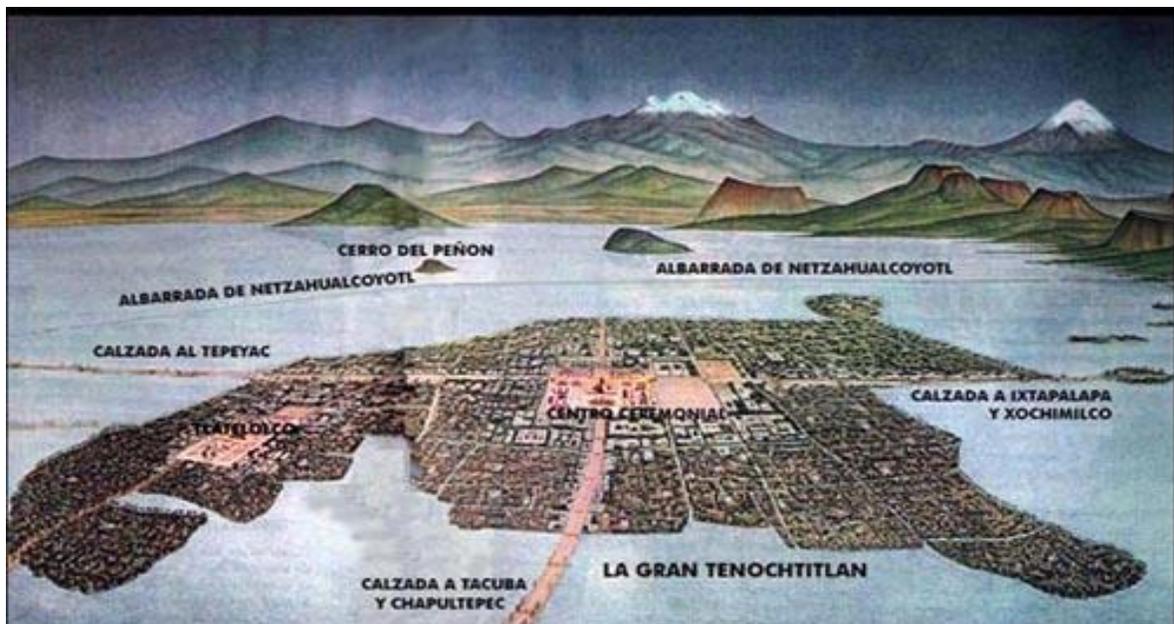


Fig. No. 1. Mapa del Valle de México en 1325.

¹ una cuenca endorreica es un área en la que el agua no tiene salida fluvial hacia el mar. El término tiene raíces griegas, endo, "interior" y rhein, "fluir". Cualquier lluvia o precipitación que caiga en una cuenca endorreica permanece allí, abandonando el sistema únicamente por infiltración o evaporación, lo cual contribuye a la concentración de sales.



Hacia el año 1300 de nuestra era, el Valle de México estaba compuesto por un sistema lacustre conformado por cinco grandes lagos, cada uno en su respectiva subcuenca: Xaltocan, Zumpango, Texcoco, Chalco y Xochimilco, los tres primeros de aguas saladas y los dos últimos de aguas dulces. Sin embargo con el transcurso del tiempo, todo esto se alteró, la urbanización influyó mucho en estos cambios.

De acuerdo al trascurso del tiempo los cambios hidrológicos que sufrió el Valle de México se englobaron en tres eras: prehispánica, colonial y moderna.

Cuenca Prehispánica

A la llegada de los españoles, a principios del siglo XVI, se calcula que vivían en la cuenca cerca de un millón de personas, cuyas ciudades tenían pirámides, templos, casas, edificios, acueductos, calzadas, puentes, diques, canales y chinampas. Tenían ya un buen manejo del agua logrando obras como:

- ✓ Albarradón de Netzahualcóyotl: se construyó un dique para dividir el lago Texcoco en dos y así separar las aguas salobres de las dulces.
- ✓ Acueducto de Chapultepec: se construyó el primer acueducto que proveía de agua dulce a Technotitlan desde Chapultepec.
- ✓ Ingeniería prehispánica: se construyó una red hidráulica como canales, ríos, presas y se permitió la navegación y práctica de la agricultura chinampera.
- ✓ Suministros de agua: se construyeron terrazas y sistemas hidráulicos para riego y abasto domestico que recogían el agua de los manantiales y ríos que rodeaban los lagos.
- ✓ Pesca y colecta. Recolección de flora y fauna en los lagos.



Cuenca Colonial

A partir del siglo XVI, los españoles se dieron a la tarea de desaparecer los lagos de la cuenca de México, con las siguientes obras:

- ✓ Túnel de Huehuetoca: En 1607 se inició la construcción del túnel con 7 km de largo y 50 m de red que comunicó el Lago de Zumpango con el Río a través del Río Cuautitlán.
- ✓ Canal de Guadalupe: En 1794 se inició proyecto para reducir las áreas lacustres: el canal de Guadalupe, que abriría la cuenca y descargaría el lago de San Cristóbal-Xaltocan.
- ✓ Suministro de agua: Con la desecación de los lagos, los pobladores de la cuenca se abastecieron del agua de los ríos tributarios, manantiales superficiales y subterráneos.

Cuenca Moderna.

Durante los primeros años del siglo XIX, las fuentes de abastecimiento no fueron suficientes para cubrir la demanda de la población. La explotación de los recursos hídricos del valle se inició en las décadas de los años 40 y 50 del siglo XX con una serie de obras:

- ✓ En el siglo XIX empezó la perforación de pozos provocando el hundimiento de algunas zonas como la del Centro Histórico. Sin embargo, en el año 1954 fueron perforados diez pozos más por la gran necesidad que había.
- ✓ Instalación del llamado corredor industrial Toluca–Lerma, donde se desarrollaba una intensa actividad industrial. Esto provocó un aumento de la densidad de población en el valle, lo cual a su vez ocasionó un incremento

de las necesidades de agua para cubrir la demanda industrial, agrícola y urbana; éstas se cubrieron con la perforación de pozos localizados en todo el valle.

- ✓ Desde la primera década del siglo XX se eligió la zona del Alto Lerma como fuente de recurso natural por el alto grado de potabilidad de los manantiales.

Durante más de treinta años el Sistema Lerma extrajo volúmenes que alcanzaron una magnitud de 450 hm³, sin embargo, algo fue inminente durante todo este tiempo: la reserva de agua subterránea comenzó a reducirse (Ver Fig. No.2). Sin tomar medidas inmediatas, las extracciones continuaron con la misma intensidad.

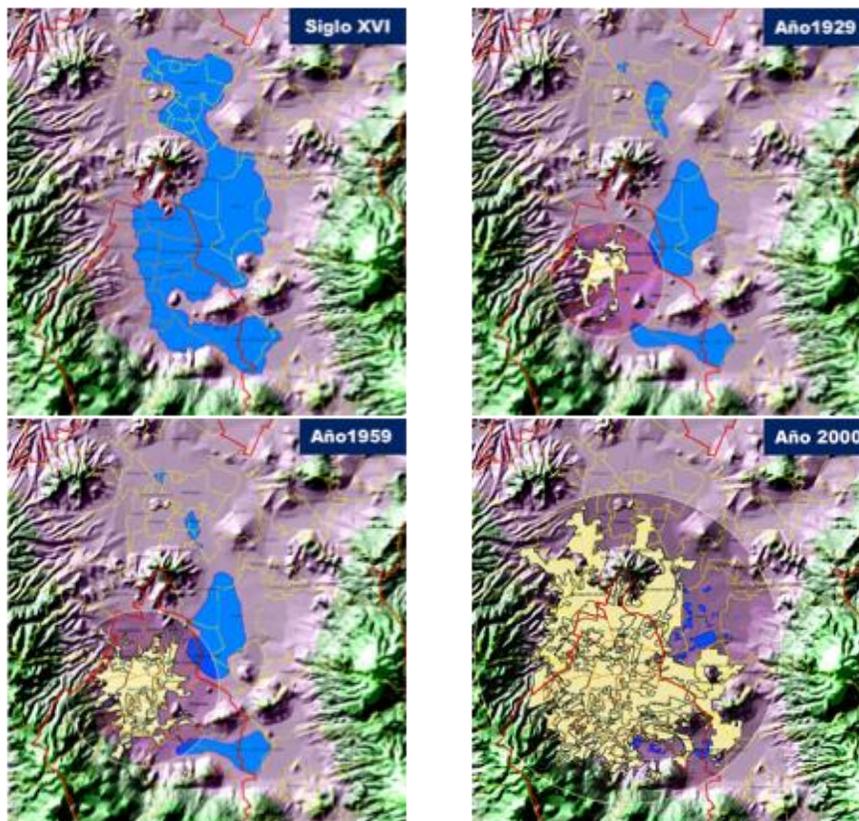


Fig. No. 2. Deseccación de los lagos en el Valle de México.

Descrito anteriormente la sobreexplotación de los mantos acuíferos desde su inicio hasta la actualidad del acelerado crecimiento de la población basto que en 500 años la cuenca del Valle de México cambiara 1,100 km² de áreas lacustres por 1,400 km² de asfalto y edificaciones (ver comparativa Fig.No.1 y Fig.No.3). Siendo uno de los cambios hidrológicos y ambientales más drásticos. Actualmente la oblación asciende a 127, 927, 966 millones de habitantes (INEGI 2016) de los cuales cada persona consume 137 litros de agua por día.



Fig. No. 3. Vista aérea parcial de la Ciudad de México 1932.

Y por consiguiente, surge un problema con la misma importancia que es la contaminación del agua y de los acuíferos, ríos, lagos, pues sistemáticamente han crecido las fuentes contaminantes.

1.2. PROBLEMÁTICA HÍDRICA EN LA CIUDAD DE MÉXICO.

Uno de los casos más evidentes de problemas en la gestión del agua sucede en la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM). La zona más importante para el desarrollo económico, social y político de México tiene un sistema deficiente tanto de abastecimiento como de saneamiento y reúso de sus recursos hídricos.

La población de la ZMVM es de 22.82 millones habitantes y tiene un área de 7,866 km² (CONAPO, 2010) lo que la convierte en una de las urbes más grandes del mundo.

Pertenece a la región hidrológico-administrativa (RHA) XIII nominada Aguas del Valle de México que está integrada por dos cuencas, la Cuenca del Valle de México (CVM) y la del Valle de Tula (Fig. No.4).



Fig. No. 4. Regiones hidrológico-administrativas (RHA).

De los 14 acuíferos que integran la RHA XIII Aguas del Valle de México (siete en la cuenca de Tula y siete en la cuenca del Valle de México) cuatro están sometidos a sobre explotación y todos ellos en la cuenca del Valle de México.

Tabla No. 1. Situación de los acuíferos en la subregión Valle de México.²

Acuífero	Recarga	Descarga Natural	Volumen concensionado	Disponibilidad	Grado de explotación
ZMCM	279	0	1248.58	-969.58	448%
Tecocomulco	27.8	0.52	0.01	27.27	0%
Apan, Chalco	99.3	0	7.85	91.45	8%
Amecameca	74	0	90.36	-16.36	122%
Texcoco, Cuautitlan-Pachuca	48.6	0	92.54	-43.94	190%
Pachuca	202.9	0	243.39	-40.49	120%
Soltepec	19.1	0	17.85	1.25	93%
Total	750.7	0.52	1700.58	-950.4	227%

Como se muestra en la tabla No.1 el caso más crítico es naturalmente el de la ZMVM ya que presenta un grado de explotación de 448%, esto quiere decir que se extrae casi cinco veces más agua de la que se recarga.

De acuerdo con la Comisión Nacional del Agua (2014), México recibe aproximadamente 1,489,000 millones de m³ de agua en forma de precipitación al año. De esta agua, se estima que el 71.6% se evapotranspira³ y regresa a la atmósfera; el 22.2% escurre por los ríos o arroyos, y el 6.2% restante se infiltra al subsuelo de forma natural y recarga los acuíferos.

Actualmente, la creciente demanda del recurso, así como la reducción de los caudales en ríos, la sobre explotación de acuíferos a tasas superiores a la

² Fuente: (Comisión Nacional del Agua 2014)

³ Se define como la pérdida de humedad de una superficie por evaporación directa junto con la pérdida de agua por transpiración de la vegetación.

reposición natural, los problemas de contaminación y degradación de la calidad de las aguas, así como las dificultades de acceso al recurso para satisfacer necesidades básicas de un alto porcentaje de la población, son desafíos que demandan con urgencia estrategias que permitan resolver las numerosas tareas pendientes en cuanto a las problemáticas más importantes que han suscitado en la ciudad de México, como son las siguientes:

1. La exagerada extracción del agua de los mantos acuíferos afecta la estabilidad de la ciudad.
2. Las lluvias no pueden filtrarse adecuadamente al subsuelo por la gran masa de pavimentación.
3. Las obras viales como el Metro, han disminuido la eficiencia de estas infiltraciones.

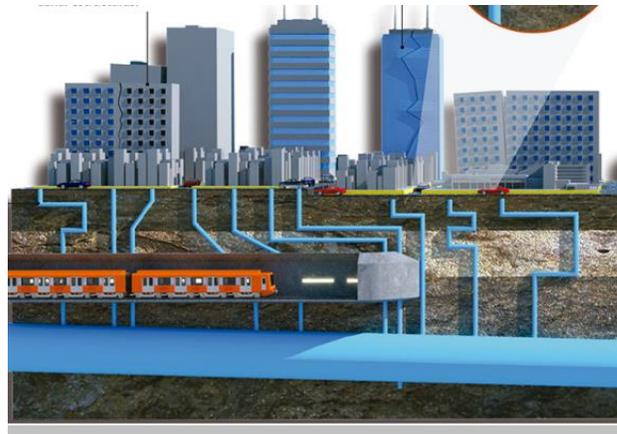


Fig. No. 5. Construcción subterránea del metro en la Ciudad de México.

4. En la actualidad aparentemente las grandes inundaciones se han controlado, pero han surgido otros problemas como es el desagüe.
5. El incremento de la población trajo mayores volúmenes de aguas residuales.

6. Hundimiento del suelo. La infiltración es menor a la extracción al acuífero.



Fig. No. 6. Causas de la depresión del terreno.

7. La zona metropolitana concentra el mayor número de negocios y de actividades comerciales por lo que es de suma importancia tratar las aguas residuales generadas tanto industriales, municipales y domésticas que se generan en la Ciudad de México como del país.

1.3. DISPOSICIÓN Y SANEAMIENTO.

La construcción de plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) promete ser un elemento de cambio dentro de la gestión del agua en el Valle de México al reducir la contaminación del agua, fomentar el reúso del agua tratada y la recarga a los mantos acuíferos.

El Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACMEX) brinda a los habitantes del Distrito Federal, los servicios de Agua Potable, Drenaje y Alcantarillado, así como el Tratamiento y Reúso de Aguas Residuales en cantidad y calidad suficiente, mediante el uso eficiente de los Recursos hídricos de la Ciudad.

Este sistema descentralizado ha realizado diferentes estudios para determinar sitios adecuados para la infiltración de agua a través de pozos de absorción. Ha

determinado zonas aptas para la recarga de los mantos acuíferos en la zona sur del distrito federal (Fig.No.7), en zonas que se encuentran urbanizadas y sin servicios de drenaje en donde es viable realizar obras de captación, canalización y de pre tratamiento para encausar el agua de lluvia hacia los pozos y de aguas residuales tratadas hacia acuíferos. Existen 600 sitios propicios, de los cuales se cuenta con 135 estudiados. (SACMEX, 2009).



**SISTEMA DE AGUAS
DE LA CIUDAD DE MÉXICO**

ZONA PROPICIA PARA RECARGA DEL ACUÍFERO



Fig. No. 7. Zona propicia para recarga del acuífero.

El acuífero de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México se encuentra ubicado en el sur poniente de la Cuenca del Valle de México, ocupa el 17% de la superficie de la cuenca endorreica. La Ciudad de México y su área conurbada dependen



fundamentalmente para el abastecimiento de agua potable del suministro del acuífero.

1.4. GESTIÓN DE RECARGA DE LOS ACUÍFEROS.

La Gestión de la Recarga de los Acuíferos (GRA, o *Management of Aquifer Recharge* MAR por sus siglas en inglés) se entiende como el proceso mediante el cual se inyecta agua en un estrato permeable del suelo, que puede o no contener agua inicialmente, con el fin de ser almacenada y ligeramente tratada, y con la posibilidad de ser extraída y utilizada posteriormente. Según su objetivo, la recarga artificial del acuífero suele dividirse en tres clases:

- a) **No intencional o accidental:** como sucede en el riego de cultivos, la deforestación y las fugas en tuberías de abastecimiento y drenaje.
- b) **No gestionada:** como pozos y tanques sépticos, dispuestos para disponer el agua por lo general contaminada y sin fines de reúso.
- c) **Gestionada:** es la que se realiza de manera intencional a través de mecanismos como pozos o lagunas, con el objetivo de reutilizar el recurso y/o reducir el impacto ambiental.

1.4.1. IMPORTANCIA DE LA RECARGA ARTIFICIAL.

La recarga artificial del acuífero tiene entre otros propósitos, reducir, detener, o incluso revertir el abatimiento de los niveles freáticos, mejorar la calidad del agua en acuíferos contaminados, proteger el agua dulce de la intrusión del agua salada en las regiones costeras, detener el hundimiento del terreno provocado por la caída de los niveles freáticos y almacenar el agua superficial, incluyendo el agua tratada y de inundaciones para su posterior uso.

1.4.2. FACTORES PARA ELEGIR EL PROCESO DE RECARGA.

El tipo de Recarga Artificial de Acuíferos que se puede desarrollar en un sitio determinado depende de las condiciones geológicas e hidrológicas del mismo, además del aspecto económico. Estos son algunos de los factores que deben tomarse en cuenta a la hora de elegir el proceso de recarga (Ver Fig.No.8)

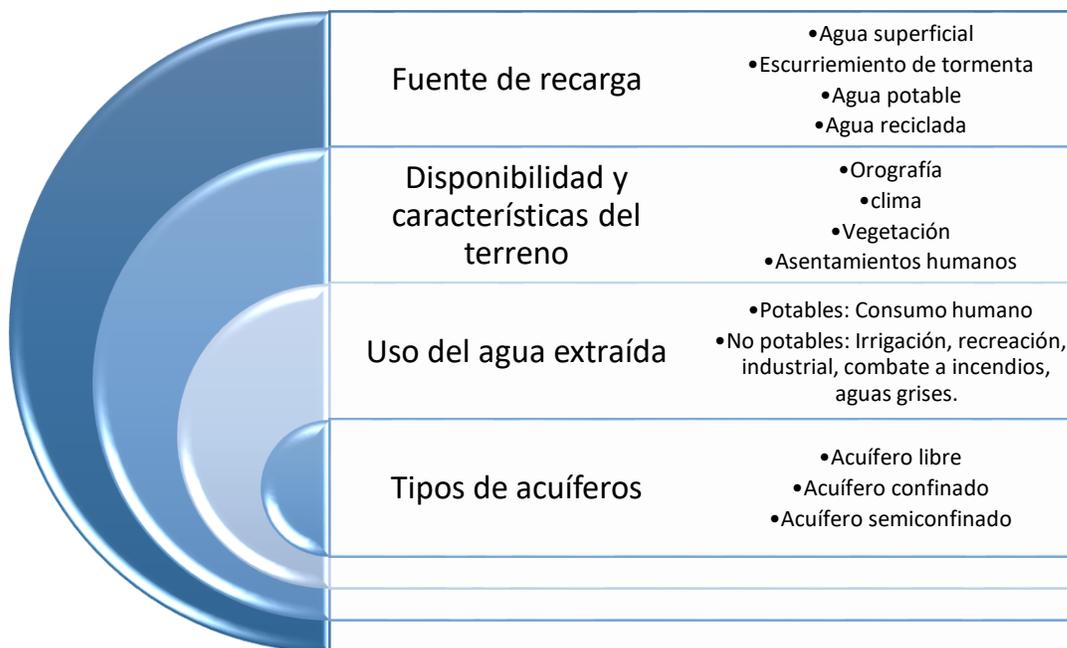


Fig. No. 8. Factores que afectan los proceso de recarga.

1.4.2.1. FUENTES DE RECARGA.

Las fuentes de recarga pueden ser del tipo convencional o no convencional, de ello dependen también las características físicas y químicas del agua de recarga. Por consiguiente se propone la siguiente clasificación:



INGENIERÍA DE PROYECTOS DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES CON FINES DE RECARGA A MANTOS ACUÍFEROS UBICADA EN LA DELEGACIÓN TLAPAN

- Agua superficial. Incluye agua proveniente de arroyos, ríos o canales permanentes e intermitentes, lagos, lagunas y embalses artificiales.
- Escurrimiento de tormenta. Es el agua proveniente de la precipitación en zonas urbanas o rurales.
- Agua potable. Agua de alta calidad usada para recargar el acuífero, confinado o de considerable profundidad, generalmente con el fin de ser un almacenamiento subterráneo del recurso.
- Agua reciclada. El agua residual requiere un tratamiento antes de ser considerada como aceptable para la recarga del acuífero; los contaminantes presentes así como el tipo de tratamiento requerido depende de qué origen tenga el agua residual (doméstico o industrial) y de qué proceso de recarga se planeó utilizar (recarga directa o superficial). Esta técnica se concibe como un aprovechamiento del agua residual tratada, formando parte de un recurso valioso en el manejo hídrico nacional (SACM, 2009).

Dadas las condiciones del caso de estudio, el presente trabajo se enfocará en el uso de agua reciclada como fuente para la recarga.

1.4.2.2. TIPOS DE ACUÍFEROS.

Atendiendo al comportamiento hidráulico de las formaciones geológicas, así como a su posición estructural en el terreno, se distinguen tres tipos principales de acuíferos:

- Acuíferos libres.

Son aquellos en los que el nivel superior de saturación se encuentra a presión atmosférica. A la superficie piezométrica de un acuífero libre se le denomina superficie freática ya que esta superficie delimita el acuífero (por debajo) de la zona vadosa (por encima).

- Acuíferos confinados (o acuíferos cautivos).

Corresponden a formaciones geológicas permeables, completamente saturadas de agua confinadas entre dos capas o estratos que podemos asumir como impermeables.

- Acuíferos semiconfinados.

Corresponden a acuíferos a presión, pero en algunas de las capas confinantes son semipermeables.

1.4.2.3. TIPOS DE RECARGA.

Existen una infinidad de métodos utilizados para llevar a cabo la recarga artificial del acuífero (Ver Fig.No.9), en lo general estos procesos se agrupan en tres grandes categorías: procesos superficiales, subsuperficiales y subterráneos.

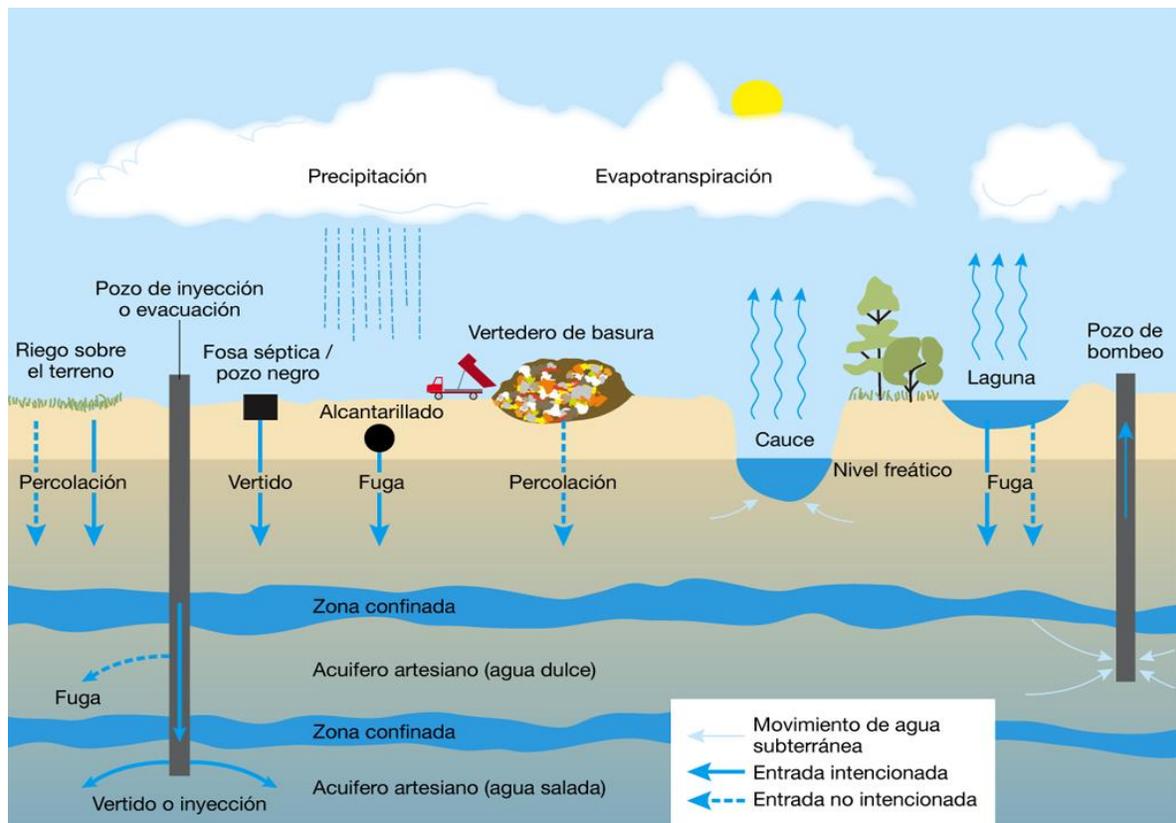


Fig. No. 9. Inyección de agua a zona acuífera.



- Superficiales.

Se caracterizan por ser las de costo más bajo, pero exigen una disponibilidad de terreno muy grande y, dependiendo de la profundidad del acuífero, su impacto puede ser lento ya que el agua ingresa al subsuelo por gravedad. Sin embargo, se puede recargar agua de calidad media.

- Sub superficiales.

La recarga a través de pozos de infiltración se utiliza para recargar acuíferos libres en el caso de que no existan las condiciones para desarrollar un sistema superficial de recarga. Cuando se utiliza agua de baja calidad, la estructura interna del suelo puede funcionar como un filtro natural de contaminantes físicos, químicos y biológicos.

- Subterráneos (recarga directa).

La recarga a través de pozos subterráneos penetran el estrato impermeable del suelo y llegan hasta el acuífero. Este tipo de recarga necesita un agua de calidad superior para evitar problemas de obstrucción y contaminación al acuífero.

1.5. NORMATIVIDAD PARA INYECCIÓN ARTIFICIAL A MANTOS ACUÍFEROS.

El agua de recarga debe cumplir con parámetros físicos, químicos, microbiológicos y radiológicos para asegurar que la calidad del recurso en el acuífero no se vea mermada y eliminar todo riesgo posible a la salud de los consumidores (CONAGUA, 2014). En México, la Comisión Nacional del Agua de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales es el órgano encargado de administrar y preservar las aguas nacionales y sus bienes inherentes, para lograr su uso sustentable, con la corresponsabilidad de los tres órdenes de gobierno y la sociedad en general.

En lo que se refiere a la recarga de los acuíferos, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales expidió las siguientes Normas Oficiales Mexicanas:



- ✓ **NOM-003.ECOL-1997.** Límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reúsen en servicios al público.
- ✓ **NOM-015-CONAGUA-2007.** Infiltración artificial de agua a los acuíferos. Características y especificaciones de las obras y del agua.
- ✓ **NOM-014-CONAGUA-2003.** Requisitos para la recarga artificial de acuíferos con agua residual tratada.
- ✓ **NOM-127-SSA1-1994.** Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización.

Tabla No. 2. Calidad del agua residual tratada para recarga artificial si no existen captaciones a 1.0 km o menos de distancia al sitio de recarga.⁴

TIPO DE CONTAMINANTE	TIPOS DE RECARGA	
	Superficial/SubSuperficial	Directo
Microorganismos patógenos	Remoción o inactivación de microorganismos entero patógenos.	Remoción o inactivación total de microorganismo entero patógenos.
Contaminantes Regulados por norma	Límites permisibles NOM-127-SSA1-1994	Límites permisibles NOM-127-SSA1-1994.
Contaminantes No regulados por norma	DBO5 ≤ 30 mg/l, COT=16 mg/l	COT ≤ 1mg/l

En resumen, la calidad que debe cumplir todo proyecto de recarga artificial en México, debe cumplir con los parámetros incluidos en la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1- 1994, más los especificados en la NOM-014-CONAGUA-2003 en caso de encontrarse aprovechamientos a menos de un kilómetro.

⁴ Fuente: (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2009).



INGENIERÍA DE PROYECTOS DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES CON FINES DE
RECARGA A MANTOS ACUÍFEROS UBICADA EN LA DELEGACIÓN TLAPAN

CAPÍTULO II.

FUNDAMENTOS DEL AGUA

RESIDUAL



CAPÍTULO II. FUNDAMENTOS DEL AGUA RESIDUAL.

2.1. ¿QUÉ SON LAS AGUAS RESIDUALES?

Las aguas residuales pueden definirse como las aguas de composición variada provenientes de las descargas de uso público urbano, doméstico, industrial, comercial de servicios, agrícola, pecuario, incluyendo fraccionamientos y en general de cualquier uso así como la mezcla de ellas: (NOM-003-SEMARNAT-1997).

2.1.1. ORIGEN.

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, así como de las aguas subterráneas, superficiales o de precipitación que también pueden agregarse eventualmente al agua residual. Así, de acuerdo a su composición, las aguas residuales pueden ser clasificadas como:

- *Agua residual doméstica.* Líquidos provenientes de las viviendas o residencias, edificios, comercios e instituciones que aportan sólidos suspendidos, fosfatos y grasas.
- *Aguas negras.* Provenientes de inodoros, aquellos que transportan excrementos humanos y orina: ricos en sólidos suspendidos, nitrógeno y coliformes fecales.
- *Aguas grises.* Son aquellas provenientes de tinajas, regaderas, lavabos, lavadoras, que aportan DBO, sólidos suspendidos, fósforos, grasas y coliformes fecales.
- *Aguas Pluviales.* Es el 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.



- Aguas negras industriales: mezcla de las aguas negras de una industria en combinación con las aguas residuales de sus descargas. Los contaminantes provenientes de la descarga están en función del proceso industrial, y tienen la mayoría de ellos efectos nocivos a la salud si no existe un control de la descarga.

2.1.2. RÉGIMEN DE DESCARGA.

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 2013, las 2287 plantas en operación en el país trataron 105.9 m³/s, es decir el 50.2% de los 211.1 m³/s recolectados en el alcantarillado. (CONAGUA, 2014).

Tabla No. 3. Descargas de aguas residuales municipales y no municipales, 2014.⁵

Centros Urbanos (descargas municipales)		
Aguas residuales	7.26	miles de hm ³ /año (230.2 m ³ /s)
Se recolectan de alcantarillado	6.66	miles de hm ³ /año (211.1 m ³ /s)
se tratan	3.34	miles de hm ³ /año (105.9 m ³ /s)
se generan	1.96	millones de toneladas de DBO ₅ al año
se recolectan en alcantarillado	1.8	millones de toneladas de DBO ₅ al año
se remueven en los sistemas de tratamiento	0.73	millones de toneladas de DBO ₅ al año

Usos no municipales, incluyendo a la industria		
Aguas residuales	6.63	miles de hm ³ /año (210.26 m ³ /s)
se tratan	1.91	miles de hm ³ /año (60.72 m ³ /s)
se generan	9.95	millones de toneladas de DBO ₅ al año
se remueven en los sistemas de tratamiento	1.3	millones de toneladas de DBO ₅ al año

*DBO₅: Parámetro de calidad Demanda Bioquímica de Oxígeno a 5 días.

⁵ FUENTE: Descarga de aguas residuales municipales y no municipales. Conagua (2014).



2.2. CARACTERIZACIÓN DEL AGUA RESIDUAL.

De acuerdo al tema del proyecto nos enfocaremos a la caracterización de las aguas residuales municipales, por lo cual se presentan a continuación algunas de las características físicas, químicas y biológicas más significativas:

2.2.1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

La característica física más importante del agua residual es su contenido de sólidos totales, el cual está compuesto por materia flotante y materia en suspensión, en dispersión coloidal y en disolución. Otras características físicas son la temperatura, el color y el olor que se describirán a continuación:

- Temperatura

La medición de este parámetro físico es de suma importancia ya que los principales procesos biológicos para el tratamiento de las aguas residuales dependen de la temperatura, ésta afecta directamente las reacciones químicas y las velocidades de reacción. La temperatura de las aguas residuales varía en función de la estación del año y de la posición geográfica.

- Color

En general, el color es un buen parámetro para estimar la condición de las aguas residuales. Un color gris claro es característico de aguas que han sufrido algún grado de descomposición o que llevan poco tiempo en los sistemas de recolección. Si el color es gris oscuro o negro, se trata de aguas sépticas que han sufrido una fuerte descomposición bacteriana bajo condiciones anaerobias.

- Olor

El olor característico de las aguas residuales frescas es en general inofensivo, pero una gran variedad de compuestos malolientes son liberados durante el proceso de degradación biológica bajo condiciones anaerobias.

- Sólidos en todas sus formas.

En la caracterización de las aguas residuales es común remover los materiales gruesos antes de analizar sólidos en la muestra. La clasificación de los diferentes tipos de sólidos que se identifican en las muestras de agua residual se presenta en la Tabla No.4.



Tabla No. 4. Tipos de sólidos presentes en las aguas residuales municipales.⁶

PRUEBA	DESCRIPCIÓN
Sólidos totales (ST)	Residuo remanente después de que la muestra ha sido evaporada y secada a una temperatura específica. (103°C a 105°C)
Sólidos volátiles totales (SVT)	Sólidos que son volatilizados e incinerados cuando los ST son calcinados (500 +/- 50°C)
Sólidos fijos totales (SFT)	Residuo que permanece después de incinerar los ST (500 +/- 50°C)
Sólidos suspendidos volátiles (SSV)	Estos sólidos son volatilizados e incinerados de una fracción de SST (500 +/- 50°C)
Sólidos suspendidos fijos (SSF)	Residuo remanente después de calcinar SST (500 +/- 50°C)
Sólidos disueltos totales (SDT) (ST-SST)	Sólidos que pasan a través de un filtro y luego son evaporados y secados a una temperatura específica.
Sólidos disueltos volátiles (SDV) (SVT-SST)	Sólidos que pueden ser volatilizados e incinerados cuando los SDT son calcinados (500 +/- 50°C)
Sólidos disueltos fijos (SDF)	Residuo remanente después de calcinar los SDT (500 +/- 50°C)
Sólidos sedimentables	Sólidos suspendidos, expresados como ml/l, que se sedimentan en un periodo de 1 hora.

2.2.2. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS.

Los constituyentes químicos de interés comprenden nutrientes, constituyentes no metálicos, metales y gases como son:

- La Determinación de nutrientes está el amoníaco libre, nitrógeno orgánico, nitritos, nitratos, fósforo orgánico y fósforo inorgánico son importantes para evaluar el tratamiento del agua residual mediante procesos biológicos.

⁶ Fuente: Tchobanoglous George, Crites Ron. "Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas Poblaciones", 2000.



INGENIERÍA DE PROYECTOS DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES CON FINES DE RECARGA A MANTOS ACUÍFEROS UBICADA EN LA DELEGACIÓN TLAPAN

- Determinación de alcalinidad, cloruros y sulfatos son realizadas para estimar la capacidad de reutilización de aguas residuales tratadas y también como pruebas para el control de varios procesos de tratamiento.
- Análisis de compuestos orgánicos agregados que se realizan para caracterizar al agua residual y estimar el desempeño de los procesos de tratamiento.
- Determinación de la cantidad de materia orgánica en el agua residual como son:
 - Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)₅.

Es el método de campo más usado en el tratamiento de aguas residuales. Si existe suficiente oxígeno disponible, la descomposición biológica aerobia de un desecho orgánico continuará hasta que el desecho se haya consumido. Durante el proceso de descomposición se distinguen 3 fases diferentes. En la primera, una parte del desecho se oxida a productos finales y con ellos los microorganismos obtienen energía para el mantenimiento de las células y la síntesis de nuevo tejido celular. En la segunda, otra fracción del desecho se convierte en tejido celular nuevo empleando la energía liberada durante la oxidación. Por último, cuando se consume la materia orgánica, las nuevas células empiezan a consumir su propio tejido celular con el fin de obtener energía para el mantenimiento celular. Este último proceso se conoce como respiración endógena.

EL valor calculado de DBO se conoce como la demanda bioquímica de oxígeno a cinco días y 20°C.

- Demanda Química de Oxígeno (DQO)

La prueba de la DQO es usada para medir el material orgánico presente en las aguas residuales, susceptible de ser oxidado químicamente con una solución de dicromato en medio ácido.



- Carbono Orgánico Total (COT).

La prueba del COT es usada para medir el carbono orgánico total presente en una muestra acuosa. El COT determinado del agua residual puede usarse como medida de su polución⁷ y en algunos casos ha sido posible relacionar este parámetro con la DBO y la DQO.

2.2.3. CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS.

Las características biológicas de las aguas residuales son de gran importancia en el control de enfermedades causadas por organismos patógenos de origen humano, y por el papel activo de las bacterias y otros microorganismos en la descomposición y estabilización de la materia orgánica.

- Organismos patógenos

Los organismos patógenos que se encuentran en las aguas residuales provienen principalmente de los desechos humanos. Las principales clases de organismos patógenos que pueden encontrarse en las aguas residuales son: bacterias, parásitos (protozoarios y helmintos) y virus.

- Bacterias

Algunas de las principales y más peligrosas bacterias encontradas en las aguas residuales, así como las enfermedades que provocan, son la Salmonella (salmonelosis), Shigella (disentería bacilar), Vibrio cholerae (cólera) y Campylobacter jejuni (diarrea bacterial).

- Protozoarios

⁷ Contaminación intensa y dañina del agua o del aire, producida por los residuos de procesos industriales o biológicos.



Los protozoarios causantes de enfermedades de mayor interés son *Cryptosporidium parvum*, *Cyclospora* y *Giardia lamblia*. Los protozoarios son de interés debido a su presencia en las aguas residuales y al hecho de que los sistemas convencionales no proveen efectiva inactivación o destrucción.

- Helminetos

Los más importantes parásitos helmínticos que pueden encontrarse en aguas residuales son las lombrices intestinales. Los huevos y larvas de lombrices resisten condiciones ambientales desfavorables y pueden sobrevivir a los tratamientos convencionales de desinfección de aguas residuales.

- Virus

Las excreciones del hombre pueden llegar a contener más de 100 clases diferentes de virus entéricos capaces de transmitir diversos tipos de infecciones. Estos virus se reproducen en el tracto intestinal de personas infectadas y son posteriormente expulsados en las heces. Los virus entéricos más importantes son enterovirus (polio, eco, coxsackie), virus Norwalk, rotavirus, reovirus, calcivirus, adenovirus y virus de hepatitis A.

2.3. TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES.

El tratamiento del agua residual se desarrolló, en principio, como acontecimiento en la salud pública y a las condiciones adversas causadas por los vertidos de agua residual al medio ambiente. El propósito del tratamiento es acelerar las fuerzas de la naturaleza bajo condiciones controladas, en instalaciones de tratamiento de tamaño menor. El tipo de tratamiento está en función de los contaminantes que se deseen eliminar.

En la formulación, planeación y diseño de un sistema de tratamiento se puede considerar objetivos diferentes, teniendo en cuenta la disponibilidad de recursos económicos y técnicos, así como los criterios establecidos para descarga de

efluentes. Los objetivos generales de realizar un tratamiento de aguas residuales son:

- 1.- Proteger la salud pública y el medio ambiente.
- 2.- Reúso del agua tratada. Existen actividades que se pueden realizar con agua tratada, sin ningún riesgo a la salud, tales como:
 - ✓ Riego de áreas verdes como: glorietas, camellones, jardines, centros recreativos, parques, campos deportivos, fuentes de ornato.
 - ✓ Industriales y de servicios como: lavado de patios y nave industrial, lavado de flota vehicular, sanitarios, intercambiadores de calor, calderas, cortinas de agua, etc.

Con base a lo anterior el objetivo del tratamiento de las aguas residuales es garantizar que no existirán efectos nocivos a la salud por entrar en contacto con el agua tratada en las actividades antes descritas. Este tipo de objetivos involucran tratamientos de mayor nivel, que generalmente implican la implementación de las mejores tecnologías.

2.3.1. CLASIFICACIÓN DE LOS PROCESOS DE TRATAMIENTO.

Los contaminantes presentes en las aguas residuales mencionados con anterioridad pueden eliminarse por medios físicos, químicos y biológicos.



Fig. No. 10. Procesos unitarios de tratamiento de aguas residuales.

Individualmente, los métodos de tratamiento suelen clasificarse en operaciones y procesos (Ver Fig. No.10) los cuales se describen a continuación:



INGENIERÍA DE PROYECTOS DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES CON FINES DE RECARGA A MANTOS ACUÍFEROS UBICADA EN LA DELEGACIÓN TLAPAN

- Procesos unitarios físicos. Los métodos de tratamiento en los cuales predomina la aplicación de fuerzas físicas.
- Procesos unitarios biológicos. Los objetivos que persigue el tratamiento biológico del agua residual son la coagulación y eliminación de los sólidos coloidales no sedimentables y la estabilización de la materia orgánica. En la Tabla No.5 se presenta un resumen de los principales procesos biológicos utilizados, así como sus usos en el tratamiento de las aguas residuales.

Tabla No. 5. Principales procesos biológicos utilizados en el tratamiento del agua residual.⁸

TIPO	NOMBRE COMUN	USO
Procesos aerobios: cultivo en suspensión	Proceso de fangos activados: convencional (flujo pistón), tanque de mezcla completa, aireación graduada, oxígeno puro, aireación modificada, canales de oxidación.	Eliminación de la DBO carbonosa y nitrificación.
	Nitrificación de cultivos en suspensión.	Nitrificación
	Lagunas aireadas	Eliminación de la DBO carbonosa.
	Digestión aerobia, aire convencional, Oxígeno puro	Estabilización, eliminación de la DBO carbonosa.
	Estanques aerobias de alta carga	Eliminación de la DBO carbonosa
Cultivo fijo	Filtros percoladores: baja carga y alta carga	Eliminación de la DBO carbonosa
	Filtros de pretratamiento	Eliminación de la DBO carbonosa
	Biodiscos	Eliminación de la DBO carbonosa
	Reactores de lecho compacto	Nitrificación
Proceso combinados	Filtros percoladores	Eliminación de la DBO carbonosa
	Fangos activados	Eliminación de la DBO carbonosa
Procesos anóxicos. Cultivo en suspensión.	Des nitrificación con cultivo en suspensión	Des nitrificación
Crecimiento fijo	Des nitrificación con cultivo fijo	

⁸ Fuente: Metcalf & Eddy, INC, "Ingeniería Sanitaria", 1985.



INGENIERÍA DE PROYECTOS DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES CON FINES DE RECARGA A MANTOS ACUÍFEROS UBICADA EN LA DELEGACIÓN TLAPAN

Procesos anaerobios. Cultivo en suspensión	Digestión anaerobia (baja carga una etapa, alta carga una etapa, doble etapa)	Estabilización, eliminación de la DBO carbonosa.
Cultivo fijo	Proceso anaerobio de contacto	Eliminación DBO
	Filtro anaerobio	Des nitrificación
	Lagunas anaerobias (estanques)	Estabilización
Procesos aerobios, anóxicos o anaerobios: Cultivo en suspensión.	Fase única (Nitrificación - des nitrificación)	Eliminación de la DBO carbonosa, nitrificación, des nitrificación.
Crecimiento vinculado. Procesos combinados de cultivo fijo.	Nitrificación- des nitrificación	Nitrificación, des nitrificación.
	Estanques facultativos	Eliminación de la DBO carbonosa
	Estanques anaerobios- facultativos	Eliminación de la DBO carbonosa
	Estanques anaerobios- facultativos- aerobios	Eliminación de la DBO carbonosa

- Procesos unitarios (químicos). Los métodos de tratamiento en los cuales la eliminación o conversión de los contaminantes es provocado por la adición de productos químicos o por otras reacciones químicas, el más común es la desinfección.

2.4. TRENES DE TRATAMIENTO.

El conocimiento de los componentes y la naturaleza del agua residual son esenciales para el diseño del alcantarillado que se encargará de recogerlas, el tipo de tratamiento, la evacuación y la gestión de calidad del medio ambiente. Dichos componentes dependen directamente del tipo de agua residual que se esté analizando en cuestión para seleccionar su tren de tratamiento.

Las diferentes combinaciones de procesos y operaciones unitarias de una planta de tratamiento funcionan como un sistema, se evalúan y se valoran los diferentes



factores que influyen en la toma de decisiones. Entre estos factores se mencionan: la experiencia en el tema de quien está a cargo del proyecto, datos de rendimientos de plantas existentes, información publicada en revistas técnicas, manuales y bien criterios de diseño.

Los sistemas de tratamiento se dividen normalmente en subsistemas: pre tratamiento, tratamiento primario, secundario y terciario los cuales se mencionaran de manera general.

2.4.1. PRE TRATAMIENTO.

Se refiere a la eliminación de aquellos componentes que puedan provocar problemas operacionales y de mantenimiento en el proceso de tratamiento o en los sistemas auxiliares. Ejemplo de ello, es la eliminación de componentes de grande y mediano volumen como ramas, piedras, animales muertos, plásticos, o bien problemáticos, como arenas, grasas y aceites. El tratamiento se efectúa por medio de cribas o rejillas, desarenadores, flotadores o desgrasadores. En ciertas ocasiones se emplean trituradores para reducir el tamaño de ciertos desechos y reincorporarlos al tratamiento.

2.4.2. TRATAMIENTO PRIMARIO.

Es un tratamiento de depuración que constituye una serie de importantes procesos de naturaleza biológica de tratamiento de las aguas residuales que tienen en común la utilización de microorganismos (entre las que destacan las bacterias) para llevar a cabo la eliminación de materia orgánica biodegradable, tanto coloidal como disuelta, así como la eliminación de compuestos que contienen elementos nutrientes (N y P).

En la mayor parte de los casos, la materia orgánica constituye la fuente de energía y de carbono que necesitan los microorganismos para su crecimiento. Además, también es necesaria la presencia de nutrientes, que contengan los elementos



esenciales para el crecimiento, especialmente los compuestos que contengan Nitrógeno y Fosforo, y por último, en el caso de sistema aerobio, la presencia de oxígeno disuelto en el agua. Este último aspecto será clave a la hora de elegir el proceso biológico más conveniente:

- Los procesos aerobios se basan en la eliminación de los contaminantes orgánicos por su transformación en biomasa bacteriana, CO_2 y H_2O . Se caracteriza por tener una mayor cantidad de energía del sustrato que es utilizada para la síntesis celular, por lo que hay una mayor generación de biomasa.
- Los procesos anaerobios transforman la sustancia orgánica en biogás, mezcla de metano y CO_2 . Se caracteriza por tener una baja tasa de síntesis bacteriana, es decir, una baja producción de lodos de desecho.
- Los procesos anóxicos: Se denominan así los sistemas en los que el aceptor final de electrones no es el oxígeno ni tampoco la materia orgánica. En condiciones anóxicas el aceptor final de electrones suelen ser los nitratos, los sulfatos, el hidrógeno, etc. Cuando el aceptor final de electrones es el nitrato, como resultado del proceso metabólico, el nitrógeno de la molécula de nitrato es transformado en nitrógeno gas. Así pues, este metabolismo permite la eliminación biológica del nitrógeno del agua residual (desnitrificación).

2.4.3. TRATAMIENTO SECUNDARIO.

La biomasa generada durante el tratamiento primario representa una carga orgánica significativa que debe ser removida para que el efluente se ajuste a las normas oficiales mexicanas correspondientes. Los objetivos de los sedimentadores secundarios son: producir un efluente lo suficientemente clarificado para ajustarse a las normas nacionales de descarga y concentrar los sólidos biológicos para minimizar la cantidad de lodos que se deberán manejar. Deben diseñarse como parte integral del sistema de lodos activados.



2.4.4. TRATAMIENTO TERCIARIO O AVANZADO.

Este tipo de tratamiento se refiere a todo tratamiento hecho después del tratamiento secundario con el fin de eliminar compuestos tales como sólidos suspendidos, nutrientes y la materia orgánica remanente no biodegradable. Por lo general, el tratamiento terciario es necesario cuando deben cumplirse condiciones de descarga estrictas (remoción de nutrientes) o cuando el agua tratada está destinada a un uso en específico.

2.4.5. TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN DE LODOS.

La generación de lodo en cualquier tipo de tratamiento es inevitable y es un factor muy importante que debe ser considerado para una buena elección del proceso de tratamiento. Algunos procesos para el tratamiento del lodo son la digestión anaerobia, la digestión aerobia, el composteo mezclado con residuos celulósicos, la estabilización con cal, la incineración y la pasteurización. Como destino final podrán ser desechados en lugares especialmente acondicionados para ello (mono-relleno sanitario) o si la legislación ambiental lo permite, en rellenos sanitarios municipales. Una opción atractiva para la disposición final es el aprovecharlos como mejoradores de suelos o fertilizantes agrícolas, siempre y cuando cumplan con la normatividad asociada a la producción de biosólidos, nombre como se les conoce a los lodos tratados y acondicionados para su aprovechamiento en tierras.



INGENIERÍA DE PROYECTOS DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES CON FINES DE
RECARGA A MANTOS ACUÍFEROS UBICADA EN LA DELEGACIÓN TLAPAN

CAPÍTULO III.

“INGENIERÍA DE PROYECTOS”



CAPÍTULO III. INGENIERÍA DE PROYECTOS.

3. PROYECTO DE INGENIERÍA.

Un proyecto de ingeniería consiste en el planteamiento, organización, ejecución y control de todas las actividades y recursos necesarios para el logro de un objetivo específico en un tiempo determinado, mediante la aplicación de las ciencias físico-matemáticas, económicas y la técnica industrial.

El objetivo como tal es realizar un proyecto en el menor tiempo posible y de menor costo pero con una calidad mayor.

El alcance del proyecto se refiere a las actividades que se tienen que realizar y elaborar en un proyecto de ingeniería, las cuales son:

- a) Identificar y recopilar requisitos (bases de usuario).
- b) Identificar a los interesados.
- c) Seleccionar técnicas y herramientas.
- d) Realizar el desglose de actividades y entregables.

Definiendo el objetivo y el alcance del proyecto se conforma la siguiente estructura de Ciclo de vida y las fases de cualquier proyecto de una planta industrial son:

1. Objetivo y alcances del Proyecto
2. Estudio de factibilidad
3. Contratación y planeación del proyecto
4. Ingeniería básica
5. Ingeniería de detalle
6. Ingeniería de procura
7. Construcción
8. Pruebas y arranque
9. Cierre y desmantelamiento.
10. Mantenimiento



11. Operación

3.1. ORGANIZACIÓN DEL PROYECTO.

Una vez definido el proyecto a realizarse, concluida la negociación de la oferta y establecido el contrato correspondiente hay que acometer plenamente las fases de la ingeniería básica y de desarrollo.

Selección y organización del equipo de proyecto.

Se establece cual va a ser el equipo humano que va ejecutar el proyecto, y este dependerá del tipo de organización que tenga la empresa propietaria, así como el tamaño del proyecto. El reparto de trabajo y responsabilidades estará en función del contrato en términos del contratante y contratista y está conformado por:

- ✓ Director de proyecto
- ✓ Ingenieros de proyecto

A la hora de iniciar la ingeniería de desarrollo, el equipo se incrementa con:

- ✓ Coordinador de compras
- ✓ Coordinador administrativo

Distribución del trabajo.

El director del proyecto es el encargado de la distribución de trabajo. El tamaño del proyecto fijara el número de ingenieros del proyecto y la asignación de áreas, unidades o paquetes de trabajo a cada uno de ellos.

- Si el proceso es propiedad del cliente, a través de su ingeniero de proyecto recibirá la información pasándola a los departamentos técnicos para elaborar la ingeniería básica.
- Si el proceso es de la ingeniería, el departamento de procesos hará llegar la información necesaria a todos los departamentos afectados.



En el caso específico de la ingeniería básica intervienen las unidades de compras, estimaciones, programación y control de costes. Y la ingeniería de detalle se encarga de la infraestructura y la organización para la construcción.

Manual de coordinación.

El director de proyecto va a mantener a lo largo del proyecto una serie de relaciones internas y externas, naciendo la necesidad de establecer y regular la organización del proyecto, los métodos de trabajo, los circuitos de comunicación e información y los procedimientos de control en un manual de coordinación.

El manual de coordinación debe ser aprobado por la propiedad y el suministrador de proceso, en la arte que les atañe, y por los responsables de las unidades funcionales de la empresa de ingeniería que van a participar.

Utilización de normas y reglamentos.

El trabajo de ingeniería ha de realizarse basado en conocimiento y manejo de normas y reglamentos así como en el conocimiento del mercado de ministradores y contratistas.

Por definición las normas son documentos que contienen especificaciones técnicas establecidas por la concesión y son de régimen internacional. Por el contrario, un código es una colección de normas que tienen aceptación gubernamental.

Las normas como tal permiten acelerar los trabajos y establecer procedimientos repetitivos, proporcionando rapidez y seguridad entre los cálculos y diseños. Algunos de los códigos y normas más utilizados internacionalmente son:

- ✓ ASTM. Por sus siglas en inglés, Asociación Americana para Pruebas y Materiales.
- ✓ ASME. Por sus siglas en inglés, Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos.



INGENIERÍA DE PROYECTOS DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES CON FINES DE RECARGA A MANTOS ACUÍFEROS UBICADA EN LA DELEGACIÓN TLAPAN

- ✓ NEMA. Por sus siglas en inglés, Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos.
- ✓ ANSI. Por sus siglas en inglés, Instituto Nacional Americano de Estandarización.
- ✓ ISO. Por sus siglas en inglés, Organización Internacional de Estandarización.

Información de suministradores y contratistas.

Cualquier proyecto que tenga exigencias normales de precio y plazo debe utilizar los equipos y materiales disponibles en el mercado como son:

- ✓ Manejo de catálogos completos y tecnificados.
- ✓ Conocimiento de equipos y materiales por parte del proyectista.
- ✓ Contacto personal con fabricantes y vendedores.
- ✓ Contacto suministro de planos a detalle, libros de operación y mantenimiento.
- ✓ Conocimiento de contratistas, montadores e instaladores capaces de construir y montar en plazo y coste las instalaciones proyectadas.

3.2. DOCUMENTACIÓN DEL PROYECTO.

Un documento debe ser eficaz, oportuno, claro y conciso para el fin que persiga. Los documentos clásicos del proyecto son: memoria, planos, pliego de condiciones, mediciones y presupuesto. Sin embargo, la complejidad de los proyectos, su tamaño y por tanto el número de personas que intervienen en la ejecución, surge la necesidad de hacer una relación de los tipos de documentos según las actividades del proyecto. A continuación se hace la referencia de estos.

- Documentos de dirección y coordinación.
- Documentos de planificación y programación.
- Documentos referentes a costes y su control.
- Documentos de Ingeniería de proceso e ingeniería básica.
- Documentos de Ingeniería de detalle.
- Documentos de compras.



INGENIERÍA DE PROYECTOS DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES CON FINES DE RECARGA A MANTOS ACUÍFEROS UBICADA EN LA DELEGACIÓN TLAPAN

- Documentos de proveedores.
- Documentos de construcción y montaje.

Entre todos los documentos anteriores hay algunos de ellos que por su importancia y trascendencia en la vida del proyecto merecen ser analizados con cierto detenimiento. En general los documentos de dirección y coordinación generan los informes de progreso sobre la marcha del proyecto que se hace llegar a la propiedad. Dentro de las ingeniería de detalle, hay que señalar planos y especificaciones, y en la gestión de compras las requisiciones y el catalogo mecánico.

A continuación se describen algunas de las ingenierías y la documentación entregable que se desarrolla a lo largo de la ingeniería.

3.2.1. INGENIERÍA CONCEPTUAL.

Corresponde a la primera etapa de un proyecto de ingeniería, en la cual se comprende el problema o necesidad específica que plantea el Cliente y se conciben diferentes alternativas de solución, se evalúan estas alternativas bajo criterios técnicos, económicos y sociales (Seguridad y Medio Ambiente), y se presentan los resultados dando un orden de prelación a las alternativas analizadas.

Por su parte el cliente en forma unilateral o conjuntamente con el contratista, opta por la alternativa más conveniente.

Entregables de la ingeniería conceptual:

- ✓ Memoria descriptiva
- ✓ Arreglo general (Layout)
- ✓ Diagramas de flujo de procesos
- ✓ Estudios técnicos básicos (estudios ambientales, estudios de riesgos).



3.2.2. INGENIERÍA BÁSICA.

En esta fase se desarrolla la alternativa seleccionada en la etapa de ingeniería conceptual a un nivel de resolución que permita obtener una idea muy clara de cómo se “verá” el proyecto, estableciendo las dimensiones generales del sistema, la programación de las etapas constructivas y el cálculo de presupuestos por ítems globales. Se busca un grado de precisión que permita la toma de decisiones.

Entregables de la ingeniería básica:

- ✓ Bases de diseño. Es el documento que fija el alcance y las particularidades del proyecto. Tiene gran importancia contractual. Indica:
 - Capacidad, Especificaciones de productos y materias primas, Rendimientos y consumos específicos
 - Límites de suministro y responsabilidades
 - Consumo y características de servicios auxiliares
 - Condiciones meteorológicas
 - Normas y reglamentos aplicables.

- ✓ Criterios de diseño. Forman la base del diseño de los componentes del proyecto. Muchos de ellos son producto de la experiencia y otros de las mejores prácticas. Pueden ser generales o específicos para cada equipo.

- ✓ Diagrama de flujo de proceso (DFP)._Diagrama que muestra las relaciones entre los componentes mayores del sistema, además de tabular los valores de diseño de los procesos para los componentes en diferentes modos de operación, mínimos, típicos y máximos.
 - Su finalidad es explicar cómo funciona el proceso a través de rutas de flujo primario entre unidades.
 - Debe incluir: tuberías de proceso, símbolos de equipos mayores, nombres y designaciones, válvulas de control y válvulas que afectan



INGENIERÍA DE PROYECTOS DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES CON FINES DE RECARGA A MANTOS ACUÍFEROS UBICADA EN LA DELEGACIÓN TLAPAN

la operación del sistema, interconexión con otros sistemas, bypass mayores y líneas de recirculación, valores operacionales del sistema, composición de los fluidos, etc.

- ✓ Diagrama de tubería e instrumentación (DTI). Diagrama que muestra todas las tuberías de un sistema, incluyendo la secuencia física, derivaciones, reducciones, válvulas, equipos, instrumentación y lazos de control.
 - Su finalidad es la de explicar cómo funciona el proceso en relación a la instrumentación aplicada, mostrando una representación gráfica del equipo, tubería e instrumentación.
 - Debe incluir: Instrumentación y designaciones (TAG), equipos mecánicos con nombres y números, todas las válvulas y sus identificaciones, tuberías de proceso, dimensiones e identificación; venteos, drenajes, purgas y otros misceláneos, Direcciones de flujo, Controles de ingreso y salidas, lazos, Interfaces con vendedores y contratistas, Secuencia física de los equipos.
- ✓ Distribución de planta (PLG). Es la organización espacial de equipos de proceso, recipientes, tuberías, sistemas de transporte de materiales. Debe contemplar espacios para seguridad de las operaciones, para el movimiento de los materiales, para el almacenamiento, actividades auxiliares así como una efectiva protección contra incendios.
- ✓ Balance de materia y energía.
- ✓ Estudios técnicos: (batimetría, geotecnia, geofísica, oceanografía, estudios ambientales, estudios de riesgo).



- ✓ Análisis de riesgos. Conjunto de técnicas que permiten la identificación, análisis y evaluación sistemática de la probabilidad de la ocurrencia de daños asociados a los factores externos (fenómenos naturales, sociales), fallas en los sistemas de control, los sistemas mecánicos, factores humanos y fallas en los sistemas de administración; con la finalidad de controlar y/o minimizar las consecuencias hacia los empleados, a la población, al ambiente, a la producción y/o a las instalaciones.

3.2.3. INGENIERÍA DE DETALLE.

La Ingeniería de Detalle es la etapa de diseño final de un proyecto, se desarrolla con toda la documentación técnica necesaria para la construcción y montaje en todas las especialidades involucradas en el proyecto, desde el punto de vista técnico, económico, temporal y legal.

Entregables de la ingeniería de detalle:

- ✓ Planos de detalle final para construcción y/o fabricación (cortes, secciones, elevaciones).
- ✓ Memorias de cálculo detalladas. Procedimientos descritos en forma detallada de cómo se ha realizado el cálculo de la ingeniería que interviene en el desarrollo de un proyecto. Su principal función es la revisión por parte de terceros con la finalidad de avalar el proyecto.
- ✓ Especificaciones técnicas revisadas. Documentos que establecen las características de un producto o servicio y que complementa a la Norma nacional o Internacional en materia del objeto de la obra, servicio o adquisición y que además contiene la información mínima necesaria para su adquisición, arrendamiento e inspección. La finalidad de las especificaciones es:
 - Determinar con una máxima precisión las características del equipo.



INGENIERÍA DE PROYECTOS DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES CON FINES DE RECARGA A MANTOS ACUÍFEROS UBICADA EN LA DELEGACIÓN TLAPAN

- Contiene información para la selección del equipo.
 - Contiene información para construcción (si va acompañado de un plano constructivo).
 - Permite al proveedor efectuar un presupuesto.
-
- ✓ Procedimientos técnicos y operativos.
 - ✓ Protocolos de prueba.
 - ✓ Presupuesto final.
 - ✓ Estudios técnicos (estudios ambientales, estudios de riesgos).
 - ✓ Manuales de operación y mantenimiento.
 - ✓ Cronograma de ejecución de obras.
 - ✓ Licencias, licitaciones y contratos.
 - ✓ Hojas de datos, listas de equipos, y otros. Documentos que resumen el funcionamiento y otras características de un componente o sub sistema con el suficiente detalle para ser utilizado con fines de diseño, fabricación, construcción o compra.
 - ✓ Listas. Documentos cuya finalidad es presentar datos principales en forma tabular, para así controlar la ejecución de un proyecto, realizar compras, inspecciones, expediciones y construcción. Se generan listas de equipos, de líneas, instrumentos, válvulas, etc.
 - ✓ Documentos as built. Planos y documentos técnicos que registran la condición física real final de cómo quedo construido y/o fabricado el bien mueble, en ellos se muestran todos sus componentes y/o elementos.



3.3. EJECUCIÓN DE LA INGENIERÍA EN PROYECTOS INDUSTRIALES.

3.3.1. INGENIERÍA CIVIL.

La primera etapa de los trabajos es la ingeniería civil en el proyecto para establecer la implementación definitiva en la cual se divide en tres partes:

- Infraestructura

Es el acondicionamiento del terreno para la implantación de los distintos elementos del proyecto y la organización de los accesos. Para saber las características del terreno se realizan estudios de topografía y estudios geotécnicos. Las actividades que desarrollan el departamento de infraestructura son:

- ✓ Accesos
- ✓ Tráfico
- ✓ Drenajes
- ✓ Zonas jardinadas, etc.

El tiempo necesario para un plano de infraestructura suele ser de 100 horas, con un 25% de participación de personal técnico, cálculo y dibujo.

- Arquitectura y construcción.

Aíslan adecuadamente determinados volúmenes del exterior, tanto para proteger el buen funcionamiento industrial, como albergar determinados servicios generales, auxiliares o sociales. Las actividades que se desarrollan en este departamento son:

- ✓ Distribuciones en planta
- ✓ Pavimentos
- ✓ Vidriería
- ✓ Pinturas y acabados.



- Estructura y cimentaciones

Tienen como objetivo el estudio de las cargas fijas y móviles, estáticas y dinámicas de los equipos de proceso, y también de postes grúa, esfuerzos en tuberías, etc., ya que son punto de partida para su trabajo. Las principales actividades que desarrolla el departamento son:

- ✓ Materiales de cada estructura
- ✓ Cimentaciones de edificios, torres, tanques, etc.
- ✓ Acabados
- ✓ Plataformas, escaleras, etc.

3.3.2. MAQUINARÍA E INSTALACIONES MECÁNICAS Y ELÉCTRICAS.

La tecnología seleccionada define fundamentalmente la maquinaria y el equipo a utilizar, además de las instalaciones y equipos eléctricos necesarios.

- Equipos e instalaciones mecánicas.

El departamento de mecánica es el encargado de seleccionar los equipos y maquinaria tanto para el proceso de fabricación utilizado como para los servicios auxiliares. El departamento de mecánica colabora con el departamento de ingeniería básica, de compras y de instrumentación. Las actividades más frecuentes en servicios auxiliares e instalaciones generales mecánicas son:

- ✓ Tratamiento de aguas de suministro
- ✓ Tratamiento de efluente
- ✓ Vapor
- ✓ Refrigeración
- ✓ Aire comprimido
- ✓ Gases, etc.

- Equipos e instalaciones eléctricas.



Se encarga de realizar trabajos de electricidad los cuales permiten desde el punto de vista de una planta, los accionamientos eléctricos de los equipos, en la cual se fijan los motores necesarios, se establece la potencia y sus características y junto a la potencia y tensión de otros receptores como paneles eléctricos incluidos en las “unidades paquete” (conjuntos de equipos con una determinada funcionalidad que se tratan como un todo único, ejemplo típico son las plantas de tratamiento de agua, sistemas de vapor o los de refrigeración de agua) y, resistencias eléctricas, etc., que permiten realizar un buen esquema unifilar con un dimensionamiento adecuado del equipo y de la propia instalación eléctrica. Las actividades que realiza son:

- ✓ Transformación de tensión
 - ✓ Centros de control de motores
 - ✓ Redes de alumbrado
 - ✓ Red de tierra
 - ✓ Instalaciones especiales (Telefonía, intercomunicadores, timbres).
 - ✓ Instalaciones especiales (Alarmas contra incendio, alarmas contra intrusismo). Etc.
- Instalaciones auxiliares y generales.

En cualquier instalación industrial lo que ha dado en llamarse instalaciones auxiliares (off-sities en el caso concreto de las plantas de proceso). Estas instalaciones tienen como objetivo principal no intervenir directamente en el proceso de fabricación, pero sin embargo los equipos no pueden funcionar sin la existencia de ellos.

Estas instalaciones auxiliares están formadas por un conjunto de máquinas, equipos, tuberías, accesorios y elementos de control que permiten referirse a ellos como conjuntos integrados. Estas instalaciones reciben el nombre de “unidades paquete y los contratistas actúan como suministradores de un contrato “llave en mano”.



3.3.3 TUBERÍAS E INSTRUMENTOS EN INSTALACIONES.

Las plantas de proceso se distinguen por ser un grupo o conjunto de operaciones unitarias de tipo físico-químico, lo cual requiere de tuberías para el transporte de fluidos y la instrumentación (caudales, presiones, temperaturas, pH, revoluciones, etc.).

- Implantación y diseño de tuberías

Su objetivo principal es conseguir el mejor diseño y el más económico, compatible con la operatividad, mantenimiento y seguridad de la planta.

El primer trabajo del departamento de tuberías es establecer el plano de implementaciones de las unidades del proceso. A partir de los diagramas de tuberías e instrumentación y de topografía del terreno, se desarrolla la implementación y adaptación a las características de los equipos concretos del caso.

La actividad del departamento de tuberías es prácticamente única ya que trata de interconectar todos los equipos de la planta convirtiendo en planos de detalle lo representado esquemáticamente en los diagramas de tuberías e instrumentación.

- Instrumentación y control.

La instrumentación y control es la aplicación de dispositivos y técnicas para medir, se encargan de presentar la información, vigilar y regular el funcionamiento de equipos y procesos industriales. Entre sus objetivos básicos del control son dos: calidad y seguridad.

3.3.4. GESTIÓN DE COMPRA DE MATERIALES Y EQUIPOS.

La gestión de compras es el conjunto de operaciones necesarias para adquirir y entregar en el lugar de la obra todos los materiales y equipos necesarios para la



INGENIERÍA DE PROYECTOS DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES CON FINES DE RECARGA A MANTOS ACUÍFEROS UBICADA EN LA DELEGACIÓN TLAPAN

ejecución del proyecto, de tal forma de conseguirse al mínimo coste, compatible con la calidad fijada y en el plazo más adecuado dentro de la programación del proyecto. La organización de esta gestión de compras debe incluir cuatro funciones básicas y distintas que la configuran, las cuales son:

- ✓ Compras: comprende desde la selección de posibles suministradores, órdenes de compra, hasta la colocación de la orden de compra o pedido y sus cambios posteriores.
- ✓ Activación: Controla y presiona para cumplir todas fechas parciales de entrega. Incluye desde la recepción y devolución de los planos e información de vendedores, hasta el control de los acopios de los propios fabricantes, el progreso de fabricación de los equipos y fijar en el lugar de la obra en la fecha establecida.
- ✓ Inspección: Aseguramiento y control de calidad tanto de los materiales y de los métodos de trabajo como del propio equipo terminado y aceptado.
- ✓ Tráfico: Transporte de materiales y equipos desde su origen hasta el lugar de la obra, así como su manipulación, almacenamiento y traslado, etc.

Los documentos que configuran la petición de oferta son los siguientes:

- Requisición de oferta.

Documento que define el objeto técnico de la compra, e incluye:

- ✓ Especificación técnica completa (cantidad, tipo, características y calidad de los materiales).
 - ✓ Planos, esquemas, gráficos, etc.
 - ✓ Documentos complementarios (instrucciones sobre envío de planos, necesidades de piezas de repuesto, etc.).
- Petición de oferta.



Carta comercial donde se fija las condiciones de pago previstas así como las condiciones de entrega del material o equipo.

- Selección de proveedores.

Es la relación de proveedores a los que se van a solicitar cotizaciones. Estos archivos contendrán un historial completo de cada proveedor y en el se incluyen no solo sus instalaciones, equipos, medios humanos y experiencia, sino también su grado de cumplimiento y espíritu de colaboración en proyectos anteriores.

- Condiciones generales de compra.

La petición y oferta debe contener las condiciones generales de compra, de carácter económico y comercial, que deben permitir obtener todas las cotizaciones sobre bases iguales, facilitando así su posterior comparación. Las condiciones generales deben incluir entre otros:

- ✓ Condiciones de entrega
- ✓ Plazo de validez de la oferta
- ✓ Formula aplicable para revisión de precios, si procede.
- ✓ Condiciones de pago propuestas.
- ✓ Garantías.
- ✓ Penalidades.
- ✓ Piezas de repuesto recomendadas para un año de funcionamiento.

El número de ofertas que se solicitan nunca deben ser inferiores a tres y habrá de ser lo suficientemente alto para, al menos, recibir tres ofertas serias bien estudiadas.

- Registro de ofertas.

Registro en la que aparecen todas las peticiones de oferta realizadas para cada elemento objeto de una requisición.

- Decisión de compra.



Decisión que toma en cuenta la inversión inicial y los costos de operación. Además estudia las condiciones de operación y mantenimiento analizando costes de energía, mantenimiento, repuestos, etc.

3.3.5. GESTIÓN DE CONTRATACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN Y EL MONTAJE

La gestión de contratación de la empresa de ingeniería dependerá del tipo de contrato entre las partes y esta va destinada a la construcción de las obras civiles necesarias, al montaje de los equipos y materiales, y en algunos casos, a la adquisición de instalaciones completas (unidades paquete) que incluyen sus propios equipos, materiales y montaje. Se presentan así tres casos:

- Contratación de obras civiles.

Las obra civiles constituyen el primer trabajo de campo y por ello, las medidas para su contratación y comienzo en el plazo previsto serán el primer objetivo de esta gestión. A continuación se desglosan las siguientes áreas a las que aplica las obras civiles:

- ✓ Movimiento de tierras
- ✓ Infraestructura y urbanismo
- ✓ Hormigones
- ✓ Estructuras metálicas
- ✓ Albañilería y acabados

- Contratación de montaje.

En orden cronológico, a continuación de la construcción de las obras civiles y muchas veces en paralelo, se comienzan los trabajos de montaje. Estos trabajos se desglosan según las distintas especialidades que han de intervenir dentro del tipo de proyecto que se esté ejecutando. Las principales especialidades de montaje y las más habituales son:



INGENIERÍA DE PROYECTOS DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES CON FINES DE RECARGA A MANTOS ACUÍFEROS UBICADA EN LA DELEGACIÓN TLAPAN

- ✓ Montaje mecánico
 - ✓ Montaje eléctrico
 - ✓ Montaje de aislamiento
 - ✓ Montaje de instrumentos
-
- Contratos de suministro y montaje “Unidades paquete”.

En cualquier proyecto industrial hay una serie de instalaciones que, por razones de seguridad, complejidad o tradición se compran habitualmente como un conjunto integrado, como una “unidad paquete”, con responsabilidad completa por parte del suministrador. Algunos ejemplos típicos son:

- ✓ Instalaciones para tratamiento de agua para suministro de caldera
- ✓ Las instalaciones convencionales de tratamiento de aguas residuales
- ✓ Los sistemas de enfriamiento de vapor
- ✓ Las instalaciones de vapor, etc.

3.3.6. SUPERVISIÓN DE CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE.

La ejecución de las obras suele confiarse a uno o varios contratistas, bajo la supervisión de un tercero, habitualmente la empresa de ingeniería. Sin embargo, hay otras alternativas como el uso de empresas de (ingenieros y contratistas) civiles y de montaje; con una gran capacidad técnica, se contrata personal auxiliar y el peonaje en cada caso.

Las principales actividades propias de la supervisión en campo dentro de sus tres funciones básicas son:

- Organización y coordinación.
 - ✓ organización de la obra
 - ✓ coordinación con la propiedad
 - ✓ coordinación con la oficina principal de la empresa de ingeniería
 - ✓ elaboración de los informes de progreso de la obra.



INGENIERÍA DE PROYECTOS DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES CON FINES DE RECARGA A MANTOS ACUÍFEROS UBICADA EN LA DELEGACIÓN TLAPAN

- Técnicas.
 - ✓ Seguridad de la obra
 - ✓ Vigilancia de construcción y montaje
 - ✓ Control de calidad
 - ✓ Compras locales
 - ✓ Cumplimiento de la ingeniería de detalle, etc.
- Administración.
 - ✓ Control de mediciones
 - ✓ Control de certificaciones
 - ✓ Control de plazos
 - ✓ Recepción y almacenamientos de equipos y materiales
 - ✓ Administración de la obra.

La última actividad en el tiempo que finaliza teóricamente la etapa de montaje de una instalación industrial, es lo que se ha dado en llamar terminación mecánica la cual supone el final de todas las actividades de construcción y montaje, y el reconocimiento, por parte de todos los interesados, de que la instalación está lista para iniciar las pruebas.

3.3.7. PUESTA EN SERVICIO.

Esta última fase de ejecución material de proyecto, desde que se da por finalizado el montaje hasta que se inicia la operación normal , se define como puesta en servicio y tiene tres etapas bien definidas las cuales son preliminares a la puesta en marcha que incluye: las pruebas finales, la puesta en marcha, y la puesta en operación. Debe establecerse un programa de puesta en servicio el cual ordene por prioridades las actividades que se van a incluir en esta fase tales como:

- ✓ Recursos necesarios para la puesta en marcha
- ✓ Manual de operación y mantenimiento
- ✓ Personal de operación mantenimiento
- ✓ Laboratorios



- ✓ Operaciones preliminares
- ✓ Pruebas
- ✓ Puesta en marcha (parcial y total)
- ✓ Administración de la planta.

Un aspecto importante es el económico, ya que habrá que disponer de un presupuesto adecuado para abarcar los costes de personal y materiales utilizados, sino también las modificaciones de la instalación que, en el curso de la puesta en operación, se manifiesten como necesarias.

3.3.8. PUESTA EN OPERACIÓN.

De acuerdo con el programa previsto y siguiendo las instrucciones del jefe de operación, una vez terminada la puesta en marcha, la instalación está en condiciones de comenzar la operación normal.

La puesta en operación alimenta la instalación con las materias primas correspondientes para seguir así con las transformaciones hasta la obtención del producto o productos finales previstos. Como la mayoría de las instalaciones consta de distintas secciones, cuando se consigue ajustar cada sección y comienza a funcionar normalmente, se comienza su integración con la anterior y la siguiente, hasta completar así la totalidad de la instalación.

Sin embargo, a lo largo de la instalación es necesario llevar un control, diario como mínimo, ya que en ellas se reflejan las principales constantes y características de la instalación tomadas en todas las unidades, equipos y en aquellos puntos que sea aconsejable controlar. Con base a estos registros es posible establecer la comparación entre las condiciones de cálculo que se habían previsto para el proceso y la evolución real del mismo.

Con independencia de suponer de un buen proceso, de una ingeniería cuidadosa y de una puesta en marcha eficiente, es muy probable que aparezcan dificultades durante la puesta en operación. Estas dificultades suelen ser originadas por



distintas causas como son: fallos del equipo o de sus materiales, insuficiencia del tamaño del equipo, fallos en la construcción o el montaje, fallos del proceso tecnológico en relación con experiencias anteriores etc. Por lo que R. Holroyal (Chemical Engineering, EEUU, Agosto 1967) estableció el origen de las dificultades en la puesta en operación, clasificando los siguientes apartados y porcentajes:

- ✓ Fallos de equipo y/o materiales: 61%
- ✓ Errores de diseño: 10%
- ✓ Errores de construcción: 16%
- ✓ Fallos de operación: 13%

3.3.9. PRUEBAS DE RENDIMIENTO.

Durante la puesta en operación y las pruebas de funcionamiento de la instalación se aproximan a las condiciones consideradas como normales, es el momento de efectuar las pruebas de rendimiento ligadas frecuentemente a las garantías dadas por el suministrador de la tecnología a través de la empresa de ingeniería.

Las pruebas se realizan durante el tiempo acordado, controlando las condiciones de proceso dentro lo establecido por el licenciente y midiendo consumos, rendimientos y característica de operación.

3.3.10 CIERRE DEL PROYECTO.

Es la etapa final donde se suelen cesar los compromisos contractuales entre las partes ya que se efectúa la recepción definitiva de la planta, también llamada aceptación final. Esta transferencia del proyecto realizado al cliente, reúne todos los documentos necesarios para su entrega oficial: historia, desarrollo, manuales y planos actualizados (As Built); finiquitando todos y cada uno de los contratos.



INGENIERÍA DE PROYECTOS DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES CON FINES DE
RECARGA A MANTOS ACUÍFEROS UBICADA EN LA DELEGACIÓN TLAPAN

CAPÍTULO IV.

PROYECTO: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES “VALLE VERDE”

CAPÍTULO IV. PROYECTO PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES “VALLE VERDE”.

4.1. UBICACIÓN DEL PROYECTO.

La planta de tratamiento de aguas residuales llamada “Valle Verde” se encuentra ubicada en la delegación Tlalpan de la Ciudad de México. Esta entidad es una de las 16 delegaciones de la Ciudad de México. Su territorio representa el 20.7 % del total de la ciudad, siendo la delegación con mayor extensión territorial. Más del 80% de su territorio es suelo de conservación, ofreciendo importantes servicios ambientales como son: recargas de los mantos acuíferos, generación de oxígeno y captura de bióxido de carbono.

Localización de la planta: La planta se encuentra ubicada en la Calle Camino a Santiago s/n, Colonia Valle Verde, C.P. 14655, Delegación Tlalpan.



Fig. No. 11. Vista aérea de la ubicación de la PTAR “Valle Verde”.

4.2. CICLO DE VIDA DEL PROYECTO.

A continuación se describe las fases o bien el ciclo de vida del proyecto de ingeniería de la PTAR.

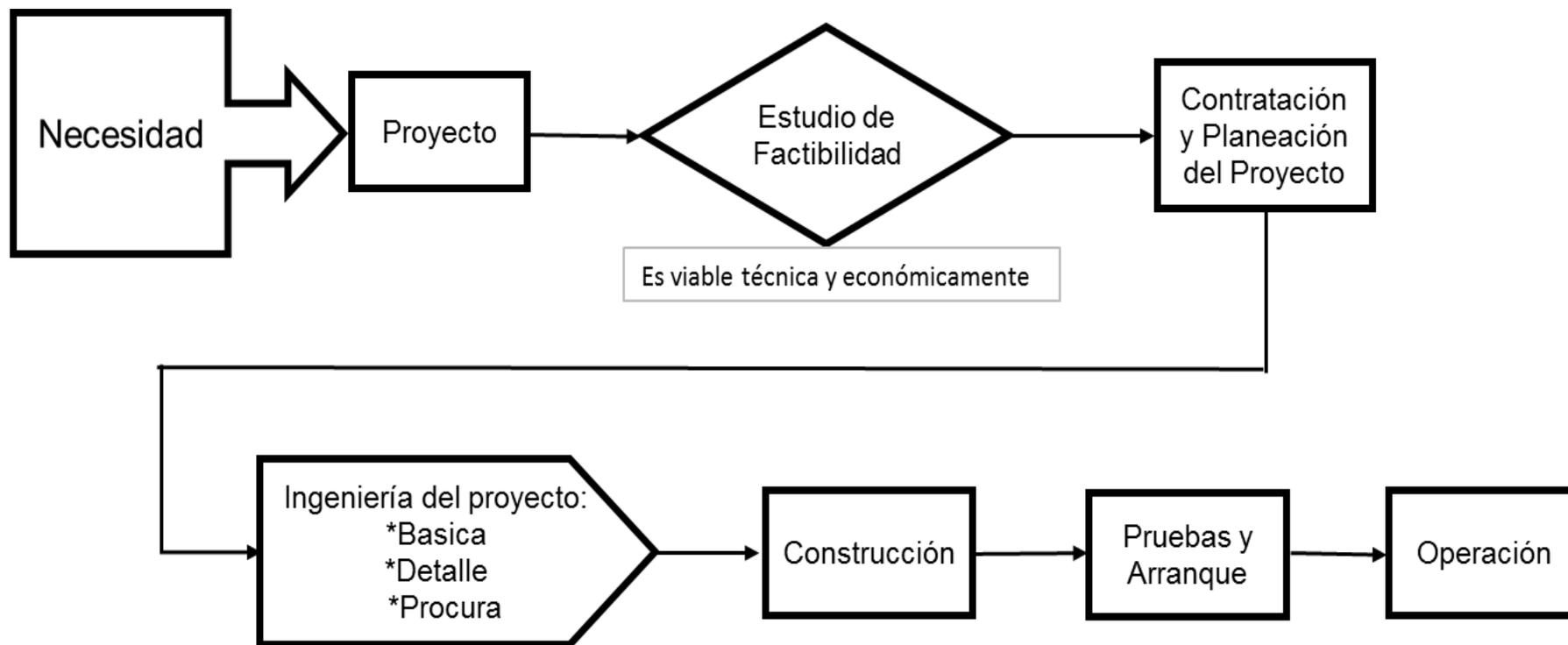


Fig. No. 12. Ciclo de vida del proyecto de ingeniería de la PTAR "Valle Verde".

De acuerdo al ciclo de vida de la construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales “Valle Verde” se describen a continuación las fases desglosadas del proyecto.

4.2.1. NECESIDAD DEL PROYECTO.

El proyecto para la construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales “Valle Verde” ubicada en la delegación Tlalpan, surgió por la necesidad de una población en crecimiento que se encontraba expuesta a un riesgo de salud pública. Dentro de esta ubicación se encontraba un cárcamo regulador de agua pluvial que había sido construido por la Federación Mexicana de Fútbol (FemexFut), el cual con el paso del tiempo generó graves problemas a sus alrededores.

La “olla de captación” como así la llamaban, se construyó en el predio del Centro de Alto Rendimiento (CAR) de la delegación Tlalpan desatando la inconformidad de los habitantes de dos demarcaciones políticas, Tlalpan y Xochimilco, en cuyos linderos se habilitó esa obra.

El cárcamo mide alrededor de 40 metros de largo por 5 metros de ancho, con al menos 5 metros de profundidad, el cual se halla a la intemperie. Dentro de este cárcamo se captaba el agua de lluvia y además se acumulaban las aguas residuales provenientes de las casas de la colonia Valle Verde, cuyos pobladores decidieron conectarse al desagüe del CAR desde principios del año 2014 con la autorización de la delegación Tlalpan, lo que en tiempos de lluvias se desbordaba el agua estancada constantemente y provocaba inundaciones en el lugar.

En riesgo de convertirse en un grave problema de salud pública los vecinos de la colonia Paraje de Tezoquite el Grande, del pueblo Santiago de Tepalcatlalpan manifestaron su inconformidad ya que la superficie de la fosa era una “nata” negra invadida por colonias de moscas, zancudos y bacterias de todo tipo, situación que preocupó a las familias afectadas, quienes se veían obligadas a mantener sus hogares totalmente cerrados de día y de noche.

A dicha denuncia realizada por los habitantes de la zona, se levantó un oficio por parte de la Subprocuraduría de Protección Ambiental (PAOT) quien solicitó una reunión de trabajo el 08 de septiembre del 2014 con la finalidad de determinar las acciones a realizar para la atención de la denuncia. En la reunión participaron representantes del Sistema de Aguas de la Ciudad de México, las Direcciones de Obras y Desarrollo Urbano de las Delegaciones Tlalpan y Xochimilco, y el Centro de Alto rendimiento, levantándose una minuta de trabajo, de la que se desprendieron los siguientes acuerdos:

- ✓ Por parte de SACMEX se hizo el compromiso de realizar los proyectos de construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales y la construcción de pozos de absorción pluvial.
- ✓ El SACMEX y representantes del CAR se comprometieron a realizar el desazolve de la olla de captación pluvial con camiones hidroneumáticos (vector) con la finalidad de evitar descargas de aguas residuales hacia las colonias aledañas.
- ✓ Por parte del Centro de alto rendimiento (CAR) se comprometió a donar una superficie de 639.79 m³ para construir la nueva planta de tratamiento en donde se tratará el 100% del agua residual generada por los vecinos de la colonia Valle Verde y del CAR.
- ✓ Las delegaciones Xochimilco y Tlalpan se comprometieron a llevar el asunto a las unidades correspondientes de estas demarcaciones, con la finalidad de iniciar una estrategia que permita solucionar el problema social que se presenta en las colonias de su jurisdicción, para que en caso de que el proyecto principal se realice, no se obstaculice la ejecución del mismo.

4.2.2. PROYECTO.

Proyecto propuesto:

1.- Para resolver la problemática del agua pluvial superficial de la Colonia Valle Verde, así como del agua residual que confluye actualmente a un colector que atraviesa subterráneamente el predio del CAR y descarga a un resumidero dentro del mismo. El SACMEX proyectó un pozo de absorción pluvial en la parte más baja de la colonia, para infiltrar parte del volumen que confluye a este punto y los excedentes se pretenden conducir a través del colector para ser canalizadas hasta un segundo pozo de absorción que se pretende construir dentro del predio del CAR.

2.- Se construirán adecuaciones en la red de drenaje sobre la Av. De las Rosas y el Camino a Santiago, a fin que el colector y la atarjea existentes sean utilizadas para conducir con un sistema separado las aguas residuales a través de la atarjea hacia la planta de tratamiento de proyecto y el agua pluvial excedente de Valle Verde hacia un segundo pozo de absorción adjunto a la planta de tratamiento.

3.- Se construirá una planta de tratamiento de agua residual para procesar un caudal medio de 5 lps, cuyo influente procederá exclusivamente de la colonia Valle Verde y el CAR.

- ✓ Este proyecto se encontrará en un proceso de licitación pública a través del procedimiento de precio alzado. El licitante ganador desarrollará el proyecto, la obra y puesta en marcha de la planta antes de la entrega al SACMEX.
- ✓ El efluente de agua tratada a nivel terciario será vendida a los usuarios de agua tratada y los excedentes podrán ser infiltrados al pozo profundo de agua que se construirá dentro del predio que ocupará estas instalaciones.

Debido a las características topográficas de terreno y el grado de desarrollo urbano local, se hizo evidente que se requería una solución inmediata y que la ejecución del proyecto hidráulico propuesto por el SACMEX era la opción más factible para solucionar el problema que los aquejaba por lo que, los representantes de ambas



delegaciones Tlalpan y Xochimilco señalaron estar de acuerdo en que el proyecto principal del SACMEX es el más viable para la solución de la problemática.

La construcción de una PTAR “Valle Verde” con fines de recarga a mantos acuíferos es un proyecto que planea generar un bien al medio ambiente y beneficiar a una comunidad de 2,710 habitantes.

4.2.3. CONTRATACIÓN.

Este proyecto a través de un proceso de licitación pública a precio alzado lo ganó el licitante: “*Ingeniería especializada del Medio Ambiente*” (*Specialized Environment Engineering*) quien desarrollará el proyecto, la obra y puesta en marcha de la planta antes de la entrega al SACMEX.

El proyecto contempla el diseño, la construcción y el equipamiento de la planta considerando las políticas ambientales de la administración local, las cuales procuran disminuir la generación de gases de efecto invernadero que contribuyen al cambio climático del planeta; a través del uso de tecnologías ahorradoras de energía y que optimicen el proceso de tratamiento. Para que el proceso tenga mayor eficiencia el SACMEX proporcionó los parámetros de calidad del influente a la planta, así como los niveles de calidad que se pretenden obtener de acuerdo a las normas correspondientes.

- **Tipo de contrato:**

Precio alzado.



- **Objetivo del contrato:**

El contratista se obliga a llevar a cabo la construcción de la obra a que se refiere, bajo su dirección tomando a su cargo el riesgo de la misma; de acuerdo con el proyecto de construcción, presupuesto, especificaciones, programa de obra y programa físico financiero, debidamente firmados por ambas partes, utilizando para ello su propio personal debidamente contratado, proporcionado mano de obra, materiales, herramientas, así como todo el equipo que sea necesario.

- **Realización de la obra:**

El contratista se ve obligado a realizar la obra objeto de este contrato, de conformidad con las especificaciones generales aprobadas por la autoridad local competente, y a sujetarse a los planos del proyecto y programa de obra que se anexa a este contrato.

4.2.4. PLANEACIÓN

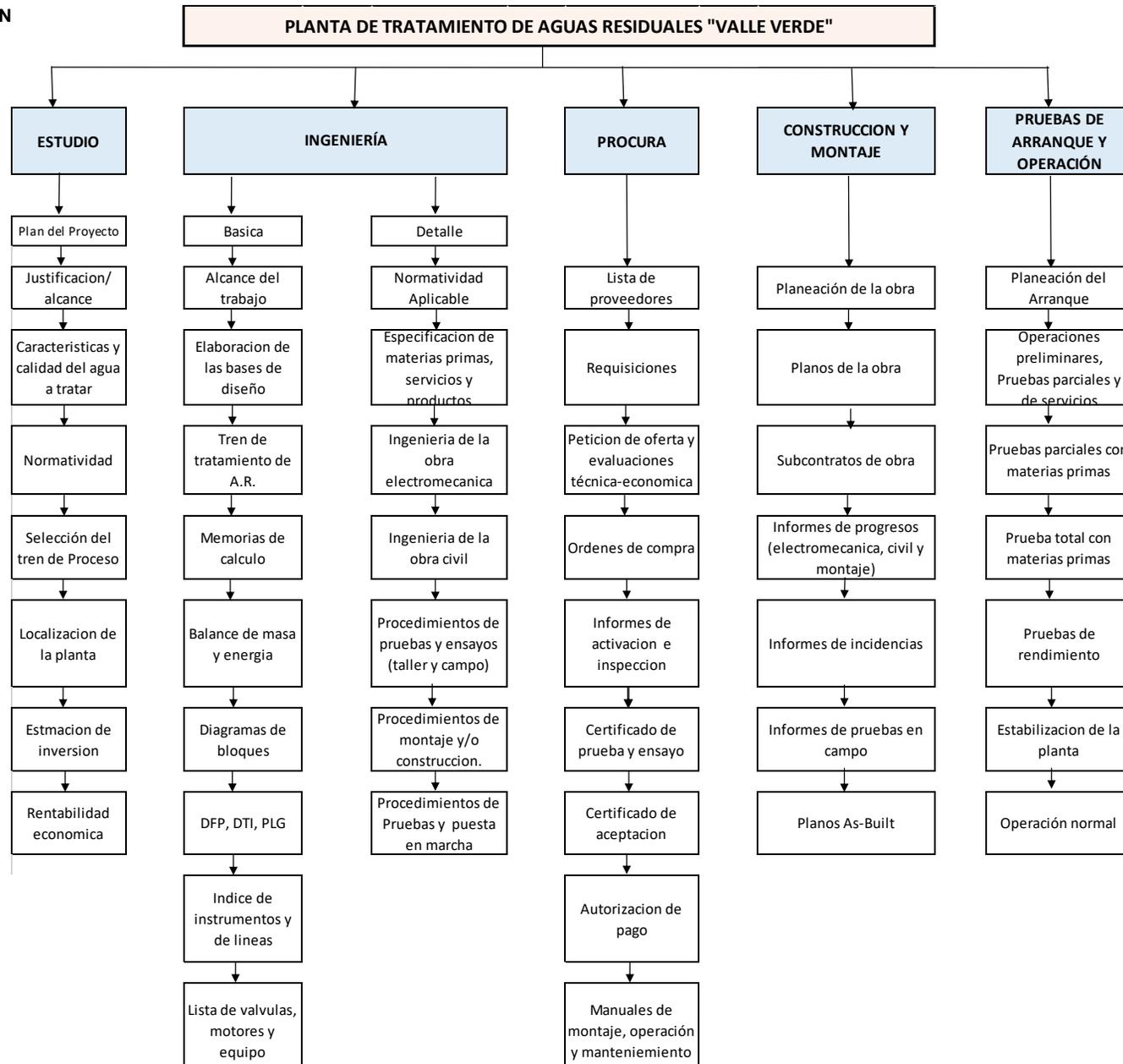


Fig. No. 13. Estructura desglosada de trabajo (WBS) de la planta de tratamiento de aguas residuales



4.2.5. ALCANCES.

Los alcances del proyecto que se compromete la empresa contratista "*Specializet Environment Engineering*" son los siguientes:

- 1) Llevar a cabo la elaboración del proyecto ejecutivo de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Valle Verde, de acuerdo con los parámetros de diseño establecidos en los términos de referencia.
- 2) Llevar a cabo la construcción de la infraestructura hidráulica, eléctrica, mecánica, electromecánica, de proceso y arquitectónica de la planta.
- 3) Llevar a cabo la implementación del sistema de control de las unidades de proceso, cámaras de vigilancia e instrumentos de medición.
- 4) Llevar a cabo la puesta en marcha de las unidades de proceso.
- 5) Llevar a cabo la capacitación teórica y práctica del personal operador de la planta.
- 6) Los subproductos de tratamiento se condicionaran de acuerdo con el proyecto de la norma NOM-004-SEMARNAT-2002, Protección Ambiental, Lodos y Biosólidos, especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final.



INGENIERÍA DE PROYECTOS DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES CON FINES DE
RECARGA A MANTOS ACUÍFEROS UBICADA EN LA DELEGACIÓN TLAPAN

CAPÍTULO V.

INGENIERÍA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES “VALLE VERDE”

CAPÍTULO V. INGENIERÍA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES “VALLE VERDE”.

5.1. INGENIERÍA BÁSICA.

5.1.1. BASES DE DISEÑO.

La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales conocida como “Valle Verde” se abastecerá del agua proveniente del drenaje municipal de las colonias aledañas de la colonia Valle Verde y se considera que es en su mayoría de tipo doméstico de acuerdo a la información proporcionada por el SACMEX. A continuación se muestran las características del agua cruda residual de esta localidad y el efluente requerido.

Tabla No. 6. Características de plaguicidas del agua residual a tratar.

LÍMITE PERMISIBLE DE PLAGUICIDAS			
CARACTERISTICAS	UNIDAD	INFLUENTE	EFLUENTE REQUERIDO
Aldrín y dieldrín (separados o combinados)	µg/l	0.1 - 0.08	≤ 0.03
Clordano (total de isómeros)	µg/l	0.02 - 0.4	≤ 0.30
DDT (Total de isómeros)	µg/l	0.5 - 2	≤ 1.00
Gamma-HCH (lindano)	µg/l	0.5 - 3	≤ 2.00
Hexaclorobenceno	µg/l	0.5 - 2	≤ 0.01
Heptacloro y epóxido de heptacloro	µg/l	0.01 - 0.06	≤ 0.03
Metoxicloro	µg/l	2.00 -30	≤ 20.00
2,4-D	µg/l	3.00 -40	≤ 30.00

Fuente: NOM-127-SSA.1-1994.

Tabla No. 7. Características Químicas del agua residual a tratar.

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS			
CARACTERÍSTICAS	UNIDAD	INFLUENTE	EFLUENTE REQUERIDO
Color	Upt/Co	80-600	≤20
Turbiedad	UTN	120-1500	≤ 5
Aluminio	mg/l	0.3-10	≤ 0.20
Arsenico	mg/l	0.02-0.05	≤ 0.05
Bario	mg/l	0.05-1.0	≤ 0.70
Cadmio	mg/l	0.05-1.1	≤ 0.005
Carbono organico total (CDO)	mg/l	120-300	≤ 1
Cianuros	mg/l	0.02-0.3	≤ 0.07
Cloro residual libre	mg/l	0.0 - 0.0	0.2 - 1.5
Cloruros (como CL)	mg/l	30 - 500	≤ 250
Cobre	mg/l	0.5 - 2.5	≤ 2
Cromo total	mg/l	0.2 - 2.0	≤ 0.5
Dureza total (como CaCo3)	mg/l	35 - 600	≤ 500
Fenoles o compuestos fenólicos	mg/l	0.1 - 0.7	≤ 0.001
Fierro	mg/l	0.1 - 1.0	≤ 0.3
Fluoruros (como F)	mg/l	0.5 - 3.0	≤ 1.5
Manganeso	mg/l	0.3 - 2.0	≤ 0.15
Mercurio	mg/l	0.01 - 0.001	≤ 0.001
Nitratos (como N)	mg/l	0.5 - 40	≤ 10
Nitritos (como N)	mg/l	0.5 - 20	≤ 0.05
Nitrogeno amoniacal	mg/l	20 - 60	≤ 0.5
pH (Potencial de hidrogeno)	mg/l	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5
Plomo	mg/l	0.1 - 0.12	≤ 0.025
Sodio	mg/l	20 - 250	≤ 200
Solidos disueltos totales	mg/l	600-1200	≤ 1000
Sulfatos (como SO4-)	mg/l	20-450	≤ 400
Acido sulfhidrico	mg/l	2.0 - 25.0	NO DETECTABLES
Sulfuros	mg/l	1.0 - 15.0	NO DETECTABLES
Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	30- 80	≤ 0.5
Trihalometanos totales	mg/l	2.0 - 6.0	≤ 0.2
Yodo residual libre	mg/l	0.0 - 0.0	≤ 0.2- 0.5
Zinc	mg/l	1.0 -6.0	≤ 5

Tabla No. 8. Características Radioactivas del agua residual a tratar.

LÍMITES PERMISIBLES DE CARACTERÍSTICAS RADIOACTIVAS			
CARACTERÍSTICAS	UNIDAD	INFLUENTE	EFLUENTE REQUERIDO
Radiactividad alfa global	Bq/l	0.1 - 1.2	0.1
Radiactividad beta global	Bq/l	0.1 - 3	1.0

Fuente: NOM-127-SSA.1-1994.

Tabla No. 9. Características de Hidrocarburos aromáticos del agua residual a tratar.

LIMITES PERMISIBLES HIDROCARBUROS AROMÁTICOS			
CARACTERISTICAS	UNIDAD	INFLUENTE	EFLUENTE REQUERIDO
Benceno	µg/l	5.0 - 25	≤ 10.00
Etilbenceno	µg/l	10- 350	≤ 300.00
Tolueno	µg/l	30 - 800	≤ 700.00
Xileno (tres isómeros)	µg/l	25 -600	≤ 500.00

Fuente: NOM-127-SSA.1-1994.

Tabla No. 10. Características microbiológicas del agua residual a tratar.

LÍMITES PERMISIBLES DE CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS			
CARACTERISTICAS	UNIDAD	INFLUENTE	EFLUENTE REQUERIDO
Organismos Coliformes totales	Col / 100 ml	1000000>	Ausencia o No detectables
E coli o Coliformes fecales	Col / 100 ml	1000000>	Ausencia o No detectables

Fuente: NOM-127-SSA.1-1994.



5.1.2. CRÍTERIOS DE DISEÑO.

Estructural.

- Para el análisis y determinación de las fuerzas de viento y sus efectos se utilizó el método de análisis estático de viento. Para el análisis se tomó como velocidad regional 115.2 Km/h para un periodo de retorno de 50 años y una temperatura media de 27.5 °C.
- Los parámetros sísmicos usados en la revisión de la estructura fueron determinados usando el MDS-CFE y corresponden a la zona B de intensidad media, sobre terreno tipo II.

Eléctrico:

- El suministro de electricidad a la planta lo realizara la Comisión Federal de Electricidad (CFE).
- Todos los motores con una capacidad superior a 2 H.P serán trifásico a 460 VCA, y todos los motores a 1H.P serán monofásicos a 127 VCA.
- Para realizar la conexión de un motor dentro de su caja de conexiones es necesario utilizar zapatas pinchables o en su defecto zapatas mecánicas acorde al calibre del cable a conectar.
- El transformador debe ser diseñado para operar a una altitud de 2400 m.s.n.m.

Diseño mecánico.

Filtros a presión:

- El espesor por corrosión es de 1/8 de pulgada.



- Para el cálculo de la presión de diseño (P_d) deberá sumarse a la presión de operación (P_{op}) 30 Psi o incrementar la presión un 10%. La presión de diseño será la que resulte mayor de estas dos operaciones.
- La presión de prueba hidrostática es un 30% superior a la presión de operación.

Bombas:

- Las velocidades recomendadas para la succión y la descarga son de 1.5 y 4 m/s respectivamente.
- Se debe considerar la presión atmosférica del sitio donde trabajará la bomba. La Ciudad de México se encuentra a una altura de 2235 m sobre el nivel del mar y la presión atmosférica es de 585 mHg.
- Las eficiencias de las bombas se encuentran alrededor de 70 y 80%.
- La flecha de las bombas se recomienda de acero inoxidable para alargar el tiempo de vida.

Cárcamo de bombeo:

- El volumen del cárcamo está en función del tiempo de residencia hidráulica (t_{rh}), el flujo de entrada (Q_e) y el número de descargas en el cárcamo.
- El tiempo de residencia se calcula en base al gasto y volumen.
- El volumen del cárcamo debe igualar o exceder el volumen de la capacidad máxima del gasto a ser bombeado.
- La distancia mínima del eje de la bomba al muro posterior debe ser de por lo menos $\frac{3}{4}$ del diámetro de succión.

Sopladores:

- Los HP del motor se obtienen del catálogo del fabricante. Especificando flujo de salida y presión a las condiciones del sitio. Este cálculo es una referencia.



- Se requieren sopladores que puedan vencer máximo 20 pulgadas de columna de agua como máximo.

Arquitectónico.

- Las tuberías que conducen las aguas residuales de una edificación hacia fuera de los límites de su predio deben ser de 15 cm de diámetro como mínimo, contar con una pendiente mínima de 2% en el sentido del flujo y cumplir con las Normas Mexicanas aplicables.
- Las bajadas pluviales deben tener un diámetro mínimo de 0.10 m por cada 100 m² o fracción de superficie de cubierta, techumbre o azotea.
- Los registros tendrán las siguientes dimensiones mínimas en función a su profundidad: de 0.40 m x 0.60 m para una profundidad de hasta 1.00 m; de 0.50 m x 0.70 m para profundidades de 1.00 m a 2.00 m y de 0.60 m x 0.80 m para profundidades mayores a 2.00 m.
- Los registros deben tener tapas con cierre hermético a prueba de roedores. Cuando un registro deba colocarse bajo locales habitables o complementarios o locales de trabajo y reunión deben tener doble tapa con cierre hermético.

Automatización.

Señal de transmisión y niveles de tensión y corriente:

- En general todas las funciones de medición control y transmisión serán del tipo electrónico, corriente directa y de intensidad variable con una relación entre la señal máxima y a mínima de 4-20 A.
- Todas las señales de indicación, registro, control, totalización y/o alarmas serán a través del PLC.



- Las señales para el control de instrumentos eléctricos y para el control de algunos motores del tipo On/Off serán en 24 VCD.

Instrumentos:

- La selección de los instrumentos se determinará mediante el análisis del proceso involucrado, las mediciones y controles requeridos tal como se indica en los Diagramas de Tuberías e instrumentación (DTI's).
- La calidad y los tipos de instrumentos especificados serán estándar de los fabricantes y cuyas normas cumplan con las especificaciones descritas en los documentos de ingeniería correspondientes.
- Los formatos de las especificaciones para instrumentos serán los formatos estándares de la Sociedad de Instrumentistas de América, ISA.

Tableros de control:

- El diseño de los Tableros de Control tomará en cuenta los factores de seguridad, incluyendo la disminución al mínimo de errores humanos potenciales en su operación.
- Los indicadores e instrumentos locales serán instalados accesibles al operador para su lectura, calibración y mantenimiento.
- La localización de los tableros será en áreas en las que normalmente trabaje el operador.

Instrumentos de presión:

- Los elementos primarios de medición de presión serán ordinariamente tubos de Bourdon, fuelles o con diafragma de material en acero inoxidable 316 dependiendo de la presión de operación y de la exactitud requerida.



- Los límites de medición de los manómetros se seleccionarán de manera tal que la presión normal de operación se lea entre el 30% y el 70% de la escala, tomando en cuenta la máxima presión de operación y en unidades del sistema métrico (kg/cm^2).

Instrumentos de nivel:

- Los sensores de nivel para la aplicación en los sistemas de dosificación de químicos y cárcamos de bombeo serán interruptor tipo pera y ultrasónico o radar respectivamente, en donde el color, la translucidez, constante dieléctrica, viscosidad y en general las características del fluido, no afectan la medición.

Instrumentos de flujo:

- El medidor de flujo se usará para tener mayor exactitud y rangeabilidad, se construirá en materiales apropiados de acuerdo con las características del fluido que se esté manejando.

Válvulas de control:

- Las válvulas de control tendrán actuador Neumático y Eléctrico de acuerdo a las condiciones de operación.
- Los materiales, características y tipo de bridas de las válvulas de control, así como su clasificación por presión, estarán de acuerdo a las especificaciones de la tubería sobre la cual está se instale.
- Los niveles de ruido para las válvulas de control no serán mayores de 75 dB a 1 m. En los casos en que el nivel de ruido exceda lo permitido, se suministrarán los accesorios adecuados para su atenuación.



Instalación mecánica de instrumentos:

Los instrumentos de campo serán instalados sobre las tuberías o equipos de proceso cuando no se prevea vibración en los mismos, de otra forma serán instalados los instrumentos de campo sobre pedestales ubicados a un lado de la tubería o equipo de proceso a una altura entre 1.5 m SNPT, plataforma de operación o mecanismos que mitiguen la vibración.

Sistema de control.

- La operación de la planta potabilizadora será de forma manual, automática y semi automática su control se estructurará sobre la base de Controladores Lógico Programables “PLC”.
- El PLC deberá estar diseñado para operar en un sistema de 24 VCD y cuenta con una fuente externa de alimentación a 120/240 VCA (L1+L2/N+T), 60 Hz con salida de 24 VCD.
- El Tablero de Control se estructurará sobre la base de un Controlador Lógico Programable el cual contiene CPU, tarjeta de comunicación, tarjetas de entradas y salidas analógicas y digitales requeridas para contener todas las señales de campo, un 10 por ciento de capacidad extra en cada tipo de señal y dispondrán de este porcentaje en terminales instaladas e identificadas dentro de cada tablero.
- Los comandos operativos de las bombas y equipos de proceso, como se indica en los diagramas de tubería e instrumentación, serán a través de la pantalla touchscreen en el área de proceso. Estos comandos serán mediante rutinas de operación previamente descritas en la filosofía de operación de la planta. Las señales de los instrumentos y analizadores de campo serán recibidos en el Tablero de Control.



Controlador lógico programable (PLC).

- Para el proceso y los interlocks de seguridad en la planta, deberá ser usado para el funcionamiento y prevención de condiciones anormales, estos Interlocks deberán ser configurados y controlados a través del Controlador Lógico Programable (PLC).
- El sistema tendrá configuración disponible para controlar y supervisar todos los parámetros del proceso. Deberá de cubrir todas las señales analógicas y señales discretas digitales y controlar las funciones. También deberá contar con una fuente de alimentación para darle suministro eléctrico.

5.1.3. TREN DE TRATAMIENTO DE LA PTAR “VALLE VERDE”

De acuerdo a los términos del contrato y a las características químicas del agua a tratar, el proceso se solicitó de tipo biológico aeróbico por lo que se propuso un tratamiento de des nitrificación y nitrificación biológica. A continuación se describe el tren de tratamiento de aguas residuales que se llevará a cabo en la planta “Valle Verde” ubicada en la delegación Tlalpan.

5.1.3.1. PRE-TRATAMIENTO.

El proceso inicia con la recolección del agua cruda residual por medio del alcantarillado y la construcción de una línea de alimentación de agua residual que llega al desarenador (DES -100) de la planta de tratamiento.



Fig. No. 14. Alcantarillado



Fig. No. 15. Línea de alimentación .

El agua cruda entra al desarenador (DES-100) cuya función es captar la llegada del agua residual por medio de dos canales (uno en operación y otro en reserva). Este desarenador lo integra un sistema de rejillas gruesas y finas, las cuales tienen la función de eliminar sólidos o sedimentos que arrastre el agua como: basura, hojas, arena, cabellos, etc., los cuales serán retiradas manualmente para su disposición final.



Fig. No. 16. Entrada de agua residual al desarenador.

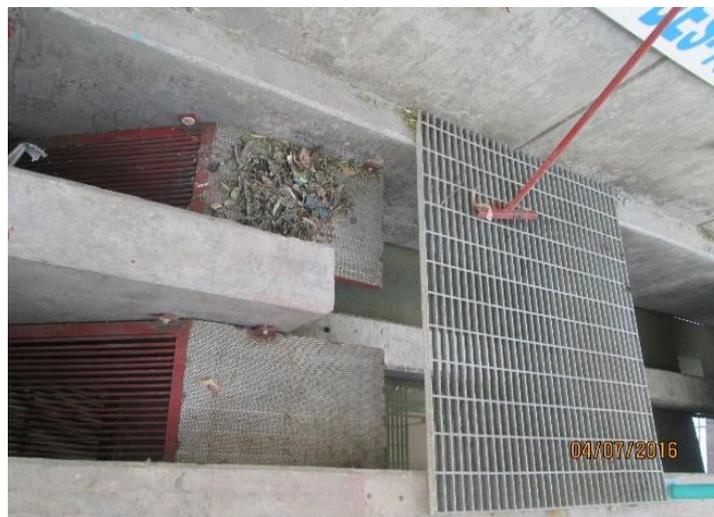


Fig. No. 17. Desarenador con rejillas, canal en operación y canal en reserva.

El agua residual libre de materia sólida se descarga al cárcamo de bombeo (CB-200) con el objetivo de tener un volumen de agua residual necesaria para el funcionamiento de los equipos de bombeo ya que ayuda a regular el caudal de entrada con el de salida. El agua residual es bombeada al tratamiento primario.



Fig. No. 18. Cárcamo de bombeo.

5.1.3.2. TRATAMIENTO PRIMARIO.

Se alimenta agua residual proveniente del cárcamo de bombeo al tanque reactor biológico, el cual está dividido en dos zonas oxicas y dos zonas anoxicas alternadas y que operan en serie, cuyo tiempo de retención hidráulica es del orden de 8 horas. En estas se remueve del 50 al 75% de los sólidos suspendidos y del 20 al 40% de la materia orgánica representada por DBO, proporcionando la eliminación de materia orgánica, nitratos y fosfatos, a este tipo de sistema de tratamiento es llamado des nitrificación biológica.

En las unidades óxicas, en la superficie del tanque se instala un sistema de aireación con difusores porosos de burbuja fina. Estos difusores inyectan aire y este asciende a través del tanque por donde fluye el agua formando un cultivo biológico que, en presencia del oxígeno disuelto, se lleva a cabo la asimilación y degradación de la materia orgánica, así como parte de los sólidos suspendidos.

La aireación se proporciona las 24 horas del día con lo cual se evita la sedimentación de los sólidos biológicos formados, los cuales son arrastrados y conducidos a través de la tubería de intercomunicación con la siguiente unidad.



Fig. No. 19. Zona óxica con difusores porosos de burbuja fina.

En las unidades anoxicas no cuentan con aeración por lo que al pasar la materia a esta zona las bacterias se encuentran en un ambiente estresante como resultado del proceso metabólico, el nitrógeno de la molécula del nitrato es transformado en nitrógeno gas permitiendo la eliminación de nitrógeno del agua residual (des

nitrificación). En este tipo de proceso se pueden alcanzar eficiencias globales de remoción superiores al 90% de DBO y SST.



Fig. No. 20. Zona Anóxica.

5.1.3.3. TRATAMIENTO SECUNDARIO

El sedimentador secundario (SS-500) es alimentado por el efluente del reactor biológico. La sedimentación de lodos tiene un tiempo de retención del orden de 2 horas. En el cual se remueven y quedan almacenados, en el fondo de la unidad, los sólidos biológicos formados. Como consecuencia se obtienen efluentes con alta calidad y transparencia, lo cual pueden presentar bajas concentraciones de DBO y de SST que pueden variar de 10 a 30 mg/l, con lo cual se cumple con la normatividad mexicana.



Fig. No. 21. Vista superficial del sedimentador.



Fig. No. 22. Vista frontal del sedimentador.

Un porcentaje de lodo se recircula a la entrada del Reactor Biológico ya que aún tiene una gran cantidad de bacterias depuradoras ayudando a mantener una concentración adecuada de ellos. Cuando existe un exceso de lodos se purgan al Digestor de Lodos (DG-600) y el agua clarificada es enviada al tratamiento terciario.

5.1.3.4. TRATAMIENTO DE LODOS

5.1.3.4.1. DIGESTOR DE LODOS

Los lodos excedentes del Sedimentador Secundario se envían a un Digestor de lodos (DG-600) el cual tiene como fundamento una aireación prolongada para reducir las materias volátiles de los sólidos hasta lograr un lodo prácticamente inerte con una reducción de las materias volátiles de 38% como mínimo.

El objetivo primordial del tratamiento de lodos es estabilizar el excedente y reducir su volumen hasta lograr un material que sea lo suficientemente concentrado e inofensivo, para proceder a su disposición final.



Fig. No. 23. Digestor de Lodos.

El digestor de lodos está calculado para tener el volumen adecuado para cumplir con los tiempos, tanto de retención hidráulica como de retención celular, además está equipado con difusores de burbuja fina para satisfacer las necesidades de

oxígeno y mezcla. El acondicionamiento del lodo da como resultado la coagulación de los sólidos y la liberación del agua absorbida.

5.1.3.4.2. DESHIDRATACIÓN DE LODOS

La deshidratación de los lodos se efectúa en un filtro prensa forzando la evacuación del agua del lodo por la aplicación de una presión elevada. Consiste en una serie de placas rectangulares, ranuradas en ambos lados, que están colocadas enfrentadas entre sí, en posición vertical sobre un bastidor de altura fija o variable. Una tela filtrante se cuelga y se ajusta sobre cada placa. Las placas se mantienen juntas con fuerza suficiente para que se adhiera herméticamente y puedan así resistir la presión aplicada durante el proceso de filtración.



Fig. No. 24. Filtro prensa

Las unidades que conforman este tren de tratamiento de lodos están diseñadas para remover los contaminantes y cumplir así con las condiciones establecidas por la normatividad en vigor.

5.1.3.5. TRATAMIENTO TERCIARIO

El agua clarificada proveniente del Sedimentador Secundario entra en un cárcamo de concreto armado donde se pondrá en contacto con ozono (TCO-510), el ozono es inyectado por medio de un sistema de difusión distribuido a lo largo del cárcamo de contacto, el cual tienen un sistema de difusión por medio de difusores de membrana de 12 pulgadas de diámetro. Como la burbuja generada por los difusores es muy fina es aquí donde se realiza la transferencia de masa entre el ozono y el agua, donde se oxida materia orgánica aun presente en el agua y los residuos generados por la ozonación serán removidos en las etapas de Filtración a Presión.



Fig. No. 25. Equipo Generador de Ozono.



Fig. No. 26. Tanque de ozonación.

El agua ozonada es conducida por medio de una tubería de acero al carbón, donde se lleva a cabo la Floculación durante la línea de conducción del agua oxidada antes de entrar a la primera etapa de Filtración a Presión. El material floculante será un polímero el cual actuara y será removido en las etapas de Filtración a Presión.

La Filtración involucra fenómenos físicos y químicos y se realiza en dos etapas, las cuales se llevan a cabo en dos Filtros de Presión de Acero al Carbón.



Fig. No. 27. Filtros a presión de acero al carbón.

En la primera etapa de Filtración a Presión se retienen los compuestos oxidados del hierro y manganeso (FeOH y MnO) respectivamente. Así como el material generado por la Floculación. El lecho filtrante es de zeolita, la cual tiene capacidad de generar intercambio iónico para retener algunos metales en bajas proporciones, este lecho también impide el paso de sólidos suspendidos de mayor tamaño.

La segunda etapa de Filtración a Presión se lleva a cabo para reforzar la primera etapa de filtración donde son retenidos compuestos que no fueron retenidos durante la primera etapa de Filtración. Una vez que el agua ha pasado por las etapas de Filtración a Presión es enviada a una filtración por membranas que tiene la finalidad

de remover los sólidos disueltos totales. El funcionamiento de este sistema conocido como “Osmosis inversa” consiste en forzar una solución por medio de una presión mayor a la osmótica a través de una membrana semipermeable donde los contaminantes serán retenidos en la membrana aumentando la concentración del agua de alimentación que se desecha como un concentrado y forzando el paso del agua a la corriente de menor concentración.

El sistema de ósmosis inversa (OI-550) está compuesto por pre-filtros (filtro cartucho) de seguridad de retención de partículas de tamaño de 5 μm , bombas de alta presión, módulos de ósmosis inversa, equipo de control por conductividad y pH y circuitos de conexión. Está equipado con un dispositivo para la limpieza automática de las membranas en caso de paro de la unidad, así como de diversos equipos de control integrados en el cuadro de mando que garantizan su correcto funcionamiento.



Fig. No. 28. Sistema de Osmosis Inversa.

El último paso para la purificación del agua tratada es la desinfección por un sistema de Luz ultravioleta (UV-560) para eliminar organismos patógenos y bacterias presentes en el agua residual tratada a través de lámparas de luz ultravioleta (UV).



Fig. No. 29. Sistema de Luz ultravioleta

El agua residual previamente tratada a nivel terciario es conducida a través de un cárcamo para la recarga al pozo de absorción.



Fig. No. 30. Cárcamo de agua residual tratada a nivel terciario para recarga a manto acuífero.

Todo el sistema de tratamiento está equipado por dispositivos que permiten el funcionamiento de la planta ya sea automático, semi automático y manual teniendo por lo tanto un cuarto de control de motores.

La función del cuarto de control es proporcionar un correcto funcionamiento de los dispositivos los cuales se encargan del suministro, control y distribución de energía eléctrica de los motores y equipos de proceso.



Fig. No. 31. Panel de control.

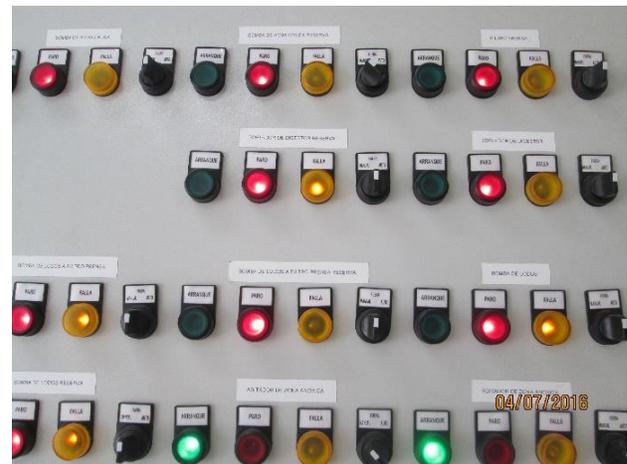


Fig. No. 32. Zoom del panel de control

En general los equipos instalados en la planta de tratamiento funcionan de manera continua, y con un adecuado pre tratamiento del agua residual precisan un mantenimiento mínimo permitiendo obtener un agua de alta calidad apta para la inyección a los mantos acuíferos.

5.1.4. MEMORIA DE CÁLCULO.

CRIBADO GRUESO

DATOS	VALOR	UNIDAD
Gasto medio (Q_m)	5.00	Lps.
Gasto de diseño por canal (Q_d)= $Q_{\text{máx inst}}$	16.85	Lps.
Número de unidades	2.00	(1 en operación y 1 en reserva)
Velocidad de aproximación (V_a).	0.60	m/s
Tirante hidráulico propuesto (h)	0.20	m
Ángulo de inclinación (θ)	60°	Respecto a la horizontal
Claro entre barras ©	0.0254	m (1")
Ancho de barras (b)	0.0381	m (1 1/2")
Espesor de barras (e)	0.00952	m (3/8")
Factor de forma de la barra (β)	2.42	Barra rectangular
Aceleración de la gravedad (g)	9.81	m/s ²
Cantidad de material retenido (C_r)	37.50	ml/m ³

Ecuaciones:

- Área transversal (m²)

$$Atr = \frac{Qd}{1000 * Va} = \frac{16.85 \text{ Lps}}{1000 * 0.60 \frac{m}{s}}$$

$$Atr = 0.028 \text{ m}^2$$

- Ancho del canal (m)

$$a = \frac{Atr}{h} = \frac{0.028 \text{ m}^2}{0.20 \text{ m}}$$

$$a = 0.14 \text{ m}$$

- Numero de espacios requeridos

$$n = \frac{Atr}{h * c} = \frac{0.028}{0.20 * 0.0254} = 5.51$$

$$n = 6 \text{ espacios}$$

- Numero de barras

$$Nb = n + 1 = 6 + 1 = 7 * 2 \text{ unidades}$$

$$Nb = 14 \text{ barras}$$

- Ancho del canal corregido, (m)

$$a'' = (n)c + (Nb)e = (6 * 0.0254 \text{ m}) + (14 * 0.00952 \text{ m})$$

$$a = 0.2856 \text{ m}$$

- Velocidad a través de la reja, (m/s).

$$Vr = \frac{Qd}{1000 * h (a'' - (Nb * e))} = \frac{16.85 \text{ lps}}{1000 \left(\frac{l}{m^3} \right) * 0.02 \text{ m} (0.2856 \text{ m} - (14 * 0.00952 \text{ m}))}$$

$$Vr = 5.531 \text{ m/s}$$

- Carga de velocidad, (m)

$$h_v = \frac{V_r^2}{2g} = \frac{(5.531 \frac{m}{s})^2}{2.0 * 9.81 \frac{m}{s^2}}$$

$$h_v = 0.281 \text{ m}$$

- Perdida de carga a través de la reja, (m)

$$h_f = \beta \left(\frac{e}{c}\right)^{\frac{4}{3}} * h_v \text{ sen } \phi = 2.42 \left(\frac{0.00952 \text{ m}}{0.0254 \text{ m}}\right)^{\frac{4}{3}} * 0.281 \text{ m} * \text{sen } 60^\circ$$

$$h_f = 0.159 \text{ m}$$

- Volumen de material retenido en la reja (m³/día)

$$V_{mt} = \frac{Q_m}{1000} * 86400 \left(\frac{Cr}{1000}\right) = \frac{5 \text{ lps}}{1000 \text{ l}} * 86400 \text{ s} \left(\frac{37.5 \frac{ml}{m^3}}{1000 \text{ ml}}\right)$$

$$V_{mt} = 16.2 \frac{m^3}{\text{día}}$$

CRIBADO FINO

DATOS	VALOR	UNIDAD
Gasto medio (Qm)	5.00	Lps.
Gasto de diseño por canal (Qd)=Qmáx inst	16.85	Lps.
Número de unidades	2.00	(1 en operación y 1 en reserva)

Velocidad de aproximación (V_a).	0.60	m/s
Tirante hidráulico propuesto (h)	0.20	m
Ángulo de inclinación (θ)	60°	Respecto a la horizontal
Claro entre barras (\odot)	0.0127	m (1/2")
Ancho de barras (b)	0.0381	m (1 1/2")
Espesor de barras (e)	0.00952	m (3/8")
Factor de forma de la barra (β)	2.42	Barra rectangular
Aceleración de la gravedad (g)	9.81	m/s ²
Cantidad de material retenido (Cr)	37.50	ml/m ³

Ecuaciones:

- Área transversal (m^2)

$$A_{tr} = \frac{Qd}{1000 * V_a} = \frac{16.85 \text{ lps}}{1000 \frac{l}{m^3} * 0.60 \frac{m}{s}}$$

$$A_{tr} = 0.028 \text{ m}^2$$

- Ancho del canal (m)

$$a = \frac{A_{tr}}{h} = \frac{0.028 \text{ m}^2}{0.20 \text{ m}}$$

$$a = 0.14 \text{ m}$$

- Número de espacios requeridos

$$n = \frac{Atr}{h * c} = \frac{0.028 \text{ m}^2}{0.20 \text{ m} * 0.0127 \text{ m}} = 11.023 * 2 \text{ unidades}$$

$$n = 22$$

- Número de barras

$$Nb = n + 1 = 22 + 1$$

$$Nb = 23$$

- Ancho del canal corregido, (m)

$$a'' = (n)c + (Nb)e = (22 * 0.0127 \text{ m}) + (23 * 0.00952 \text{ m})$$

$$a'' = 0.498 = 0.5 \text{ m}$$

- Velocidad a través de la reja, (m/s).

$$Vr = \frac{Qd}{1000 * h (a'' - (Nb * e))} = \frac{16.85 \text{ lps}}{1000 * 0.2 \text{ m} * (0.5 \text{ m} - (23 * 0.00952 \text{ m}))}$$

$$Vr = 0.299 = 0.3 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

- Carga de velocidad, (m)

$$hv = \frac{Vr^2}{2g} = \frac{(0.3 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2}{0.20 \text{ m} * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}$$

$$hv = 0.026 \text{ m}$$

- Perdida de carga a través de la reja, (m)

$$hf = \beta \left(\frac{e}{c} \right)^{\frac{4}{3}} * hv \text{ sen } \phi = 2.42 \left(\frac{0.00952 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{0.0127 \text{ m}} \right)^{\frac{4}{3}} * 0.026 \text{ m} * \text{sen } 60^\circ$$

$$hf = 0.037 \text{ m}$$

- Volumen de material retenido en la reja ($m^3/día$)

$$V_{mt} = \frac{Q_m}{1000} * 86.4 \left(\frac{Cr}{1000} \right) = \frac{5.00 \text{ lps}}{1000} * 86400 \frac{s}{día} \left(\frac{37.50 \frac{ml}{m^3}}{1000 \frac{ml}{l}} \right)$$

$$V_{mt} = 16.2 \frac{m^3}{día}$$

CANAL DESARENADOR

DATOS	VALOR	UNIDAD
Gasto medio (Q_m)	5.00	Lps.
Gasto de diseño por canal (Q_d)= $Q_{máx}$ inst	16.85	Lps.
Número de unidades	2.00	(1 en operación y 1 en reserva)
Velocidad en el canal, (V_a).	0.30	m/s
Diámetro de la partida, (D)	0.25	mm
Velocidad de sedimentación, (V_s)	1.80	cm/s
Gravedad específica, (s)	2.65	Kg/m ³
Coeficiente de rugosidad, (f)	0.015	
Tirante del agua, (h)	0.10	m
Elemento de control	2.42	Vertedor doble sutro
Aceleración de la gravedad, (g)	9.81	m/s ²

Producción de arena, (Ap)	14.37	ml/m ³
---------------------------	-------	-------------------

Ecuaciones:

- Área superficial, (m²)

$$AS = \frac{Qd}{1000 * Vs} = \frac{16.85 \text{ lps}}{1000 * 0.0180 \frac{m}{s}}$$

$$AS = 0.936 \text{ m}^2$$

- Velocidad de sedimentación, (m/s)

$$Va = \sqrt{8 * (0.04) gD \left(\frac{s-1}{F} \right)}$$

$$Va = \sqrt{8 * (0.04) * 9.81 \frac{m}{s^2} * 0.00025 \text{ m} \left(\frac{2.65 - 1}{0.015} \right)}$$

$$Va = 0.29 \frac{m}{s}$$

- Carga superficial (m³/m²-día)

$$Cs = \left(\frac{Qd}{As} \right) = \frac{16.85 \text{ lps}}{0.936 \text{ m}^2} * \frac{86400 \text{ s}}{1000 \text{ m}^3}$$

$$Cs = 1555.38 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 \text{ día}}$$

- Área transversal, (m²)

$$At = \frac{Qd}{Va} = \frac{16.85 \text{ lps}}{1000 \frac{l}{\text{m}^3} * 0.29 \frac{m}{s}}$$

$$At = 0.058 \text{ m}^2$$

- Ancho del canal, (m)

$$a = \frac{At}{h} = \frac{0.058 \text{ m}^2}{0.10 \text{ m}}$$

$$a = 0.58 \text{ m}$$

- Longitud del canal, (m)

$$Lc = \frac{As}{a} = \frac{0.936 \text{ m}^2}{0.58 \text{ m}}$$

$$Lc = 1.61 \text{ m}$$

- Longitud del canal por transición, (m)

$$Lct = 1.4 * L = 1.4 * 1.61 \text{ m}$$

$$Lct = 2.259 \text{ m}$$

- Tiempo de retención, (s)

$$Tr = \frac{Lct * a * h * 1000}{Qd} = \frac{2.259 \text{ m} * 0.58 \text{ m} * 0.1 \text{ m} * 1000}{16.85 \text{ lps}}$$

$$Tr = 7.77 \text{ s}$$

- Arena total producida, (m³/semana)

$$Atp = \frac{Ap * Qm * 86.4}{7} = \frac{14.37 \frac{\text{ml}}{\text{m}^3} * 5 \text{ lps} \left(\frac{86400 \frac{\text{día}}{\text{s}}}{1000 \frac{\text{m}^3}{\text{l}}} \right)}{(1000000 \text{ m}^3) \frac{\text{ml}}{\text{m}^3} * 7 \text{ días} \left(\frac{\text{semana}}{\text{días}} \right)}$$

$$Atp = 8.86 \times 10^{-4} \frac{\text{m}^3}{\text{semana}}$$

ZONA OXICA 1 y 2

DATOS	VALOR	UNIDAD
Tipo	Aireación por difusión	
Forma	Rectangular	
Número de unidades	1	--
Gasto medio por unidad, (Qm)	5.00	Lps.
Tasa de recirculación, (R).	200	%
Tiempo de retención celular, (Qc)	9.0	días
Demanda Bioquímica de oxígeno en el influente, (So)	450	mg/l
Demanda bioquímica de oxígeno en el efluente, (S)	50	mg/l
Sólidos suspendidos volátiles en el licor mezclado, (X)	4000	mg/l
Coefficiente de respiración endógena, (Kd)	0.05	Día-1
Coefficiente de crecimiento, (Y)	0.50	KgSSV/KgDBO
Tirante útil, (hu)	5.00	m

Ecuaciones:

- Eficiencia requerida del proceso, (%)

$$E_c = \frac{S_o - S}{S_o} \times 100 = \frac{450 \text{ mg/l} - 50 \text{ mg/l}}{450 \text{ mg/l}} \times 100$$

$$E_c = 88.88 \%$$

- DBO5 Soluble, (mg/l)

$$SS = S - (S * 0.65 * 1.42 * 0.68) = 50 \text{ mg/l} - (50 \text{ mg/l} * 0.65 * 1.42 * 0.68)$$

$$SS = 18.62 \text{ mg/l}$$

- Eficiencia del tratamiento en términos de la DBO

$$E_s = \frac{S_o - S_s}{S_o} \times 100 = \frac{450 \frac{\text{mg}}{\text{l}} - 18.62 \frac{\text{mg}}{\text{l}}}{450 \frac{\text{mg}}{\text{l}}} \times 100$$

$$E_s = 95.82 \%$$

- Volumen del reactor, (m³)

$$V = \frac{Q_c(Q_m)Y(S_o - S_s) * 86.4}{X(1 + (K_d * Q_c))}$$

$$V = \frac{(9 \text{ dias})(5 \text{ Lps}) * 0.50 \frac{\text{KgSSV}}{\text{KgDBO}} \left(450 \frac{\text{mg}}{\text{l}} - 18.62 \frac{\text{mg}}{\text{l}}\right) * 86.4 \text{ s}}{4000 \frac{\text{mg}}{\text{l}} (1 + (0.05 \text{ día} - 1 * 9 \text{ días}))}$$

$$V = 144.586 \text{ m}^3$$

- Tiempo de retención hidráulica, (hr)

$$\theta_h = \frac{1000 * V}{Q_m * 3600} = \frac{1000 \text{ lps/m}^3 * 144.586 \text{ m}^3}{5 \text{ lps} * 3600 \text{ s/hr}}$$

$$\phi h = 8.032 \text{ hr}$$

- Tiempo de retención celular, (Lps)

$$Qr = \frac{Qm * R}{100} = \frac{5 \text{ lps} * 200}{100}$$

$$Qr = 10 \text{ Lps}$$

- Área superficial, (m²).

$$As = \frac{V}{hu} = \frac{144.586 \text{ m}^3}{5 \text{ m}}$$

$$As = 28.91 \text{ m}^2$$

- Ancho del reactor, (m)

$$A = \sqrt{\frac{As}{2}} = \sqrt{\frac{28.91 \text{ m}^2}{2}}$$

$$A = 3.801 \text{ m}$$

- Longitud del reactor, (m)

$$L = 2 * A = 2 * 3.801 \text{ m}$$

$$L = 7.60 \text{ m}$$

- Relación alimento / microorganismos (Kg/DBO)

$$\frac{F}{M} = \frac{So}{\phi h * X} = \frac{450 \frac{mg}{l}}{8.032 \text{ hr} * 4000 \frac{mg}{l}}$$

$$\frac{F}{M} = 0.014 \text{ hr} = 0.84 \text{ min}$$

- Sólidos suspendidos volátiles en el reactor

$$X_r = \frac{Q_m X + Q_r X}{Q_r} = \frac{(5 \text{ Lps} * 4000 \frac{\text{mg}}{\text{l}}) + (10 \text{ Lps} * 4000 \frac{\text{mg}}{\text{l}})}{10 \text{ Lps}}$$

$$X_r = 6000 \text{ kg/día}$$

- Producción de lodos, (Kg/día)

$$PL = \frac{XV}{Q_c * 0.75 * 1000} = \frac{4000 \frac{\text{mg}}{\text{l}} * 144.586 \text{ m}^3}{9 \text{ días} * 0.75 * 1000}$$

$$PL = 85.68 \text{ Kg/día}$$

- Caudal de purga de lodos, (m³/día)

$$Q_w = \frac{XV}{\phi_c X_r} = \frac{4000 \frac{\text{mg}}{\text{l}} * 144.586 \text{ m}^3}{9 \text{ días} * 6000 \frac{\text{Kg}}{\text{día}}}$$

$$Q_w = 10.71 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$$

Adecuando las dimensiones a la estructura existente:

- Volumen existente

$$V = 80.51 \text{ m}^3$$

- Área superficial corregida

$$A_{sc} = \frac{V}{hu} = \frac{80.51 \text{ m}^3}{5 \text{ m}}$$

$$A_{sc} = 16.10 \text{ m}^2$$

- Ancho del reactor corregido

$$Ac = \sqrt{\frac{As}{2}} = \sqrt{\frac{16.10 \text{ m}^2}{2}}$$

$$Ac = 2.83 \text{ m}$$

- Longitud del reactor corregido.

$$L = 2 * A = 2 * 2.83 \text{ m}$$

$$L = 5.674 \text{ m}$$

Al ajustar la dimensión del ancho del tanque y descontar el volumen ocupado por muros intermedios, es necesario corregir el tiempo de retención hidráulica:

- Tiempo de retención hidráulica corregido, (hr)

$$\phi hc = \frac{1000 * V}{Qm * 3600} = \frac{1000 \text{ lps/m}^3 * 80.51 \text{ m}^3}{5 \text{ lps} * 3600 \text{ s/hr}}$$

$$\phi hc = 4.47 \text{ hr}$$

- Relación alimento/ microorganismos corregido (Kg/DBO)

$$\frac{F}{M} c = \frac{So}{\phi h * X} = \frac{450 \frac{mg}{l}}{4.47 \text{ hr} * 4000 \frac{mg}{l}}$$

$$\frac{F}{M} c = 0.0251 \text{ hr}$$

- Producción de lodos corregido, (Kg/día)

$$PLc = \frac{XV}{Qc * 0.75 * 1000} = \frac{4000 \frac{mg}{l} * 80.51 m^3}{9 \text{ días} * 0.75 * 1000}$$

$$PLc = 47.70 \text{ Kg/día}$$

- Caudal de purga de lodos corregido, (m³/día)

$$Qwc = \frac{XV}{QcXr} = \frac{4000 \frac{mg}{l} * 80.51 m^3}{9 \text{ días} * 6000 \frac{Kg}{día}}$$

$$Qwc = 5.963 \frac{m^3}{día}$$

ZONA ANOXICA 1 Y 2. NITRIFICACIÓN

Cálculo de la máxima tasa de crecimiento de organismos nitrificantes.

DATOS	UNIDAD	VALOR
Tasa máx. de crecimiento específico,	μm	$0.5 d^{-1}$
Temperatura	T	$18^{\circ}C$
Oxígeno disuelto	OD	1.5 mg/l
Constante de media velocidad de oxígeno disuelto	KO_2	1.3

Potencial Hidrogeno de funcionamiento	pH	8
Coefficiente de rendimiento máximo durante un periodo de crecimiento logarítmico	y	0.20

Ecuaciones:

- Tasa máxima de crecimiento para las condiciones establecidas de temperatura y oxígeno disuelto:

$$\mu'm = \mu m * e^{0.098(T-15)} * \left(\frac{OD}{K_{O_2} + OD}\right)(1 - 0.833(7.2 - pH))$$

$$\mu'm = 0.5d^{-1} * 2.718^{0.098(18-15^\circ C)} * \left(\frac{1.5 \frac{mg}{l}}{1.3 + 1.5 \frac{mg}{l}}\right)(1 - 0.833(7.2 - 8))$$

$$\mu'm = 0.5988 = 0.6 d^{-1}$$

Sustituyendo valores y efectuando operaciones.

$$k' = \frac{\mu'm}{y} = \frac{0.6 d^{-1}}{0.20}$$

$$k' = 3.0 d^{-1}$$

- Determinación de los tiempos de retención celular mínimo del proyecto.
- a) Tiempo de retención celular mínimo.

$$\theta_{c^M} = \frac{1}{y * k' - Kd}$$

Donde:

$$Y = 0.20$$

$$K' = 3.00 \text{ d}^{-1}$$

$$K_d = 0.12 \text{ d}^{-1}$$

$$\theta_c^M = \frac{1}{(0.20 * 3.0 \text{ d}^{-1}) - 0.12 \text{ d}^{-1}}$$

$$\theta_c^M = 2.08 \text{ días}$$

b) Tiempo de retención celular del proyecto.

$$\theta_{cp} = FS (\theta_c^M)$$

Donde:

$$FS = 2.00$$

$$\theta_{cp} = 2.0 * 2.08 \text{ días}$$

$$\theta_{cp} = 4.16 \text{ días}$$

De los datos de proyecto para el tiempo de retención celular, se analiza el factor de seguridad resultante:

$$\theta_c = \theta_{cp} * FS = 4.16 \text{ días} * 2.0$$

$$\theta_c = 8.32 \text{ días}$$

El tiempo de retención celular propuesto en los datos de proyecto de 8 días es mayor que la determinación por el cálculo de 4 días, por lo que el sistema se encuentra sobrado y es adecuado para llevar a cabo de manera eficiente la nitrificación.

- Determinación del Factor de utilización de sustrato para la obtención de amonio, U.

$$U = \left(\frac{1}{\theta_c} + K_d \right) \left(\frac{1}{Y_r} \right)$$

Donde:

$$\theta_c = 8.32 \text{ días}$$

$$K_d = 0.12$$

$$Y = 0.20$$

Substituyendo:

$$U = \left(\frac{1}{8.32 \text{ días}} + 0.12 \right) \left(\frac{1}{0.20} \right)$$

$$U = 1.20 \text{ d}^{-1}$$

- Determinación de la concentración del amoniaco en el efluente.

$$U = \frac{k'N}{K_n + N}$$

Donde:

$$U = 1.16 \text{ d}^{-1}$$

$$K' = 3.0 \text{ d}^{-1}$$

$$T = 18^\circ\text{C}$$

$$K_n = 0.58 \text{ mg/l}$$

Despejando "N" y Sustituyendo valores:

$$N = \frac{K_n}{\frac{k'}{U} - 1} = \frac{0.58 \frac{\text{mg}}{\text{l}}}{\frac{3.0 \text{ d}^{-1}}{1.16 \text{ d}^{-1}} - 1}$$

$$N = 0.365 \frac{mg}{l}$$

Sustituyendo N en la siguiente ecuación:

$$U = \frac{k'N}{Kn + N} = \frac{3.0 d^{-1} * 0.365 \frac{mg}{l}}{0.58 \frac{mg}{l} + 0.365 \frac{mg}{l}}$$

$$U = 1.158 d^{-1}$$

- Determinación de la tasa de eliminación de DBO₅ de la primera zona anóxica.

$$\frac{1}{\theta_c} = YU - k_d$$

Donde:

$\theta_c = 9$ días

$K_d = 1.04 d^{-1}$

$Y = 0.4 \text{ Kg SSV/ Kg DBO}_5$

Despejando "U", y sustituyendo:

$$U = \left(\frac{1}{\theta_c} + k_d \right) \left(\frac{1}{Y} \right) = \left(\frac{1}{9 \text{ días}} + 1.04 d^{-1} \right) \left(\frac{1}{0.4 \frac{\text{KgSSV}}{\text{KgDBO}_5}} \right)$$

$$U = 2.87 \frac{\text{kg DBO}_5}{\text{Kg SSV}} \times \text{día}$$

- Tiempo de retención hidráulica para la oxidación de la DBO % y la nitrificación.

a) Oxidación de la DBO₅

$$U = \frac{S_o - S_s}{\emptyset h * X}$$

Donde:

$\emptyset h$ = Tiempo de retención hidráulica

S_o = 450 DBO en el efluente (mg/l)

S_s = 18.62 DBO soluble (mg/l)

X = 4000 solidos suspendidos volátiles (mg/l)

Despejando $\emptyset h$ y Sustituyendo valores:

$$\emptyset h = \frac{S_o - S_s}{U * X}$$

$$\emptyset h = \frac{450 \frac{mg}{l} - 18.62 \frac{mg}{l}}{2.87 \frac{kg DBO_5}{Kg SSV} \times día * 4000 \frac{mg}{l}}$$

$$U = 0.0375 \text{ días} = 0.9 \text{ horas} = 54 \text{ min}$$

b) Nitrificación. (Oxidación del amonio)

$$\emptyset h = \frac{N_o - N}{U * X}$$

Donde:

$\emptyset h$ = Tiempo de retención hidráulica (días)

N_o = Nitrógeno total en el agua del influente; 36.0 mg/l

N= Concentración de amoníaco en el efluente; 0.37 mg/l

U= Factor de utilización de sustrato para oxidación de amoníaco; 1.16 d⁻¹

X' = Proporción supuesta de nitrificación. 0.8 x

X' = 320 mg/l

Sustituyendo valores:

$$\phi h = \frac{36 \frac{mg}{l} - 0.37 \frac{mg}{l}}{1.16 d^{-1} * 320}$$

$$\phi h = 0.096 \text{ días} = 2.3 \text{ hrs}$$

El proceso de Nitrificación es el que controla el tiempo de retención hidráulica y por lo tanto con este se determina el volumen del tanque.

- Determinación del Volumen del tanque de aeración necesario.

$$V = Qm * \phi h$$

Donde:

Qm= 432 gasto medio en m³/día

Øh= 0.096 días tiempo de retención hidráulica

Sustituyendo valores:

$$V = 432 \frac{m^3}{día} * 0.096 \text{ días}$$

$$V = 41.47 m^3$$

- Requerimientos de oxígeno.

DATOS	SÍMBOLO	VALOR	UNIDAD
Gasto medio de diseño,	Qm	5.0 ; 432	Lps ; m ³ /día
DBO influente,	So	450	mg/l
DBO efluente	S	18.62	mg/l
Factor de conversión de la DBO ₅ a DBOI	F	0.68	---
Masa de sólidos producidos	PI	45.93	Kg/día
NTK del influente	NTKi	75.10	mg/l
NTK del efluente	NTKe	23.0	mg/l
Volumen del reactor	V	77.51	m ³
Saturación relativa	β	0.9	
Concentración de oxígeno disuelto en las aguas residuales	Csw	8.53	mg/l
Concentración de oxígeno disuelto en el reactor	Cl	1.5	---
Eficiencia relativa de transferencia	A	0.85	---
Constante de Arrhenius	Ø	1.024	---
Factor de corrección por tipo de aereador y forma	A	0.85	---
Temperatura	T	18	°C
Requerimientos de oxígeno en condiciones estándar	No	1.79	KgO ₂ /HP-Hr
Altitud		2300	m
Corrección altitud	Ca	0.749	---

Ecuación:

$$O_2req = \left[Qm \left((S_o - S) \frac{10^{-3}}{f} \right) - 1.42(PI) + [4.57Qm(NTKi - NTKe)10^{-3}] \right]$$

Donde:

Qm= Gasto de diseño (lps)

O₂req= Oxígeno requerido, (KgO₂/día)

S_o= Demanda bioquímica de oxígeno en el influente (mg/l)

S= Demanda bioquímica de oxígeno en el efluente (mg/l)

F= Factor de conversión de la DBO₅

Sustituyendo:

$$O_2req = \left[432 \frac{m^3}{día} \left(\left(450 \frac{mg}{l} - 18.62 \frac{mg}{l} \right) \frac{10^{-3}}{0.68} \right) - 1.42 \left(45.93 \frac{Kg}{día} \right) + \left[4.57 * 432 \frac{m^3}{día} \left(75.10 \frac{mg}{l} - 23 \frac{mg}{l} \right) 10^{-3} \right] \right]$$

$$O_2req = 310.23 \frac{KgO_2}{día}$$

Considerando un factor de servicio de 1.25 los requerimientos de oxígeno son:

$$F_s = 1.25$$

$$O_2req = 310.23 \frac{KgO_2}{día} * 1.25$$

$$O_2reqT = 387.78 \frac{KgO_2}{día}$$

Selección y diseño de la aereación.

- Aereación con Aireadores Mecánicos.

$$N = N_0 \left[\frac{\beta C_{sw} * C_a - C_l}{C_{s20}} \right] * \theta^{T-20} \alpha$$

Donde:

N= Masa de oxígeno transferida en condiciones reales (KgO₂/HP-hr)

N₀= Transferencia de oxígeno en condiciones estándar a 20°C y concentración nula de oxígeno.

β= Factor corrección por salinidad, para aguas negras su valor usual es 0.95 a 1.00

C_{sw}= Concentración de oxígeno disuelto en las aguas residuales a temperatura y altitud determinadas, (mg/l).

Ø= Constante de Arrhenius. Su valor es de 1.024 tanto para los aireadores mecánicos.

C_L= concentración de oxígeno disuelto en el reactor, (mg/l)

C_{s20}= Concentración de saturación de oxígeno de agua de la red de suministro en condiciones.

T= Temperatura, °C

α= Factor de corrección de transferencia de oxígeno de 0.6 a 1.2 para aireadores mecánicos.

C_a= Factor de corrección por altitud.

$$O_2 \text{ Req} = 387.78 \frac{\text{KgO}_2}{\text{día}}$$

Substituyendo ecuación:

$$N = N_0 \left[\frac{\beta C_{sw} * C_a - C_l}{C_{s20}} \right] * 1.024^{T-20} \alpha$$

$$N = 0.67 \frac{KgO_2}{Hp.hr}$$

- Potencia requerida, (Hp)

$$Potr = \frac{O2req}{N * 24}$$

$$Potr = \frac{387.79 \frac{KgO2}{día}}{0.67 \frac{KgO2}{HpHr} * 24Hr/día}$$

$$Potr = 24.11 HP$$

$$Pot Comercial = 25 HP$$

Esta potencia se analiza a continuación en la selección del equipo de aireación por requerimientos de oxígeno y por mezcla completa.

- Potencia por mezcla

Datos:

Potencia por cada equipo seleccionado	25	HP
Número de equipos por tanque	1	--
Volumen del tanque	80.51	m ³
Potencia de mezcla recomendada	20 a 40	HP/1000m ³
Potencia de mezcla del equipo con respecto a la capacidad total	85	%



Ecuación:

$$PM = \frac{HP * 0.85}{\frac{V}{1000}}$$

$$PM = \frac{25 HP * 0.85}{80.51m^3/1000m^3}$$

$$PM = 263.94 Hp$$

- Aereación con sopladores de difusión. Cálculo del aire necesario:

Datos:

Eficiencia en la transferencia de O ₂ del equipo de aereación:	8.0%
Factor de seguridad:	1.25
Requerimientos de oxígeno:	387.79 KgO ₂ /día
Contenido de O ₂ en el aire:	23.20 %
Peso específico del aire normalizado a 20°C y a altitud determinada:	0.8994 Kg/m ³
Cantidad teórica de aire necesario:	1867.19 m ³ /día
Cantidad de aire necesario considerando una eficiencia en la transferencia de oxígeno:	23339.88 m ³ /día= 972.49 m ³ /hr= 16.21 m ³ /min= 572.39 PCM
Demanda del aire de la planta:	2333.99 m ³ /día= 1215.61 m ³ /hr= 20.26 m ³ /min= 715.48 PCM
No. De equipos propuestos:	1

Volumen de aire unitario:	1215.61 m ³ /hr
---------------------------	----------------------------

a) Aire necesario por unidad de volumen

$$54.03 \text{ m}^3/\text{día}$$

b) Aire necesario por Kg de DBO₅ eliminada.

$$125.24 \text{ m}^3/\text{Kg}$$

- Determinación de la potencia de los aereadores.

La potencia necesaria para llevar a cabo el proceso de aereado de los tanques la hacemos mediante el uso de la siguiente ecuación:

$$P_w = \frac{wRT_1}{29.7 ne} \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{0.283} - 1 \right]$$

Donde:

Caudal de aire en peso, w	0.303699898 Kg/s
Constante universal de los gases, R	8.314 Kj/Kmol
Temperatura absoluta a la entrada, T ₁	303.15 °K
Presión absoluta a la entrada, P ₁	0.76 atm = 11.16 psi
Presión absoluta a la salida, P ₂	1.16 atm = 17.04 psi
(k-1)/k = 0.283 (para el aire), n	0.283
K= 1.395 (para el aire)	1.395
Eficiencia (en compresores, normalmente entre 0.7 y 0.9), e	0.7

Sustituyendo valores y efectuando la operación:

- Potencia necesaria para cada soplete

$$P_w = \frac{0.303699898 \frac{Kg}{s} * 8.314 \frac{J}{mol^{\circ}K} * 303.15^{\circ}K}{29.7 * 0.283 * 0.7} \left[\left(\frac{1.16 atm}{0.76 atm} \right)^{0.283} - 1 \right]$$

$$P_w = 16.54 Kw * (1.341022HP / 1 Kw)$$

$$P_w = 22.18 HP$$

Difusor propuesto de acuerdo a los requerimientos de aire.

Difusor Tipo	AFTS3100
Marca	SSI STAMFORD
Cantidad de aire a suministrar	715.48 ft ³ /min
Número de difusores instalados:	34
Gasto unitario por difusor:	21.04 ft ³ /min
Eficiencia unitaria por pie de sumergencia	6.05 %
Sumergencia del difusor	5.0 m ; 16.4 ft
Eficiencia total en la transferencia de oxígeno	99.19%
Oxígeno realmente transferido al agua	6037.1 KgO ₂ /día



Fig. No. 33. Difusores de aire SSI STAMFORD Tipo: AFTS3100

a) Determinación de factor de corrección por altitud (Ver Fig.No.34):

Altura de la planta	2300 m	11.006 lb/in ²
---------------------	--------	---------------------------

Presion atmosferica

Altura sobre el nivel del mar, m	kPA	lb/in ² o PSI	Expresada como columna de		Peso especifico (g) de aire a 20° C	
			Agua, m	Mercurio, mm	kN/m ³	kg/m ³
0	101.3	14.6900	10.33	760	0.0118	1.2033
500	95.6	13.8700	9.75	717	0.0111	1.1319
1000	90.1	13.0700	9.19	676	0.0105	1.0707
1500	84.8	12.3000	8.65	636	0.0099	1.0095
2000	79.8	11.5700	8.13	598	0.0093	0.9483
2500	73.3	10.6300	7.47	550	0.0085	0.8668
3000	70.3	10.2000	7.17	527	0.0082	0.8362
3500	66.1	9.5900	6.74	496	0.0077	0.7852

Fig. No. 34. Presión atmosférica de acuerdo a la altura de sobre el nivel del mar.⁹

El factor de corrección por altitud (Ca) es: 0.749

b) Determinación de peso específico del aire a altitud determinada:

Altura de la planta	2300 m
Peso específico del aire a altitud	0.8994 Kg/m ³

⁹ Fuente Metcalf y Eddy Tomo II. Apéndice E.pag.141

SEDIMENTADOR

Datos de proyecto:

DATOS	VALOR
Tipo	Gravitacional- estático
Forma	Rectangular
Número de unidades	1
Gasto medio de diseño por unidad, (Qm)	5 lps
Gasto de recirculación, (Qr)	2.5 lps
Carga hidráulica superficial, (CHS)	45 m ³ /m ² -día
Tiempo de retención hidráulica, (tr)	2 Hrs.
Tirante útil, (hu)	5 m
Carga hidráulica sobre vertedores, (CHV)	125-250 m ³ /m-día

Ecuaciones de diseño:

- Volumen (m³)

$$V = \frac{Qm * Tr * 3600}{1000}$$

$$V = \frac{5 \text{ lps} * 2 \text{ hr} * 3600}{1000}$$

$$V = 36 \text{ m}^3$$

- Área superficial (m²)

$$AS = \frac{Qm}{CHS}$$

$$AS = \frac{5 \text{ lps}}{45 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 \text{ día}}} * \frac{86400 \left(\frac{\text{s}}{\text{día}}\right)}{1000 (\text{lpm}^3)}$$

$$AS = 9.6 \text{ m}^2$$

- Ancho del sedimentador, (m)

$$b = \sqrt{\frac{AS}{2}} = \sqrt{\frac{9.6 \text{ m}^2}{2}}$$

$$b = 2.19 \text{ m}$$

- Largo del sedimentador, (m)

$$L = 2b = 2 * 2.19 \text{ m}$$

$$L = 4.48 \text{ m}$$

- Longitud de vertedores, (m)

$$L_v = b = 2.19 \text{ m}$$

- Carga hidráulica sobre los vertedores, ($\text{m}^3/\text{m-día}$)

$$CHV = \frac{Q_m}{L_v}$$

$$CHV = \frac{5 \text{ lps} * 84600 \left(\frac{\text{s}}{\text{día}}\right)}{2.19 \text{ m} * 1000 (\text{lpm}^3)}$$

$$CHV = 193.15 \text{ m}^3/\text{mdía}$$

El volumen del sedimentador tiene una sección transversal de tipo rectangular con las siguientes medidas:

$$b = 2.19 \text{ m}$$

$$L = 4.38 \text{ m}$$

ACONDICIONAMIENTO DE LODOS

Se considera que los lodos extraídos del sedimentador secundario contienen tan solo 3% de sólidos. Por lo tanto se calcula la producción de lodos en estado acuoso.

Datos:

Volumen del tanque	1 m ³
Llenado de tanque de acondicionamiento de lodos	3 veces al día
Número de unidades	1
Profundidad propuesta (h)	1 m
Volumen neto de tanque	
Altura de los chaflanes	0.45 m
Longitud (l) al centro del tanque	0.10 m
Volumen de la pirámide rectangular truncada	0.1665 m ³
Volumen de la sección sin los chaflanes:	0.45 m ³
Volumen de los chaflanes:	0.2835 m ³

Por lo que el volumen neto del tanque es:

$$V_{neto} = 1.0 \text{ m}^3 - 0.2835 \text{ m}^3$$

$$V_{neto} = 0.7165 \text{ m}^3$$

DIGESTOR DE LODOS.

Datos:

Remoción	50%
SST removidos	50.0 Kg/día
Concentración de lodos	0.9%
Volumen de lodos	5.45 m ³ /día

Lodos totales	Concentración	Cantidad
Lodos primarios	2.0%	0 m ³ /día
Lodos aerobios	0.9%	5.5 m ³ /día
Lodos totales	0.9%	5.5 m ³ /día

Para efecto del cálculo del volumen del digestor, se consideró la totalidad de los lodos, con una concentración del 80% de SSV.

- SST en el influente al digestor:

$$50.0 \text{ Kg SST/día}$$

$$5.45 \text{ m}^3 \text{ SST/día}$$

$$9\ 180 \text{ mg/l}$$

- Concentración de SSV: para fines de cálculo se estima una concentración de SSV respecto a los SST de 0.80, por lo tanto:

$$SSV = 50 \frac{\text{Kg de SST}}{\text{día}} * 80\%$$

$$SSV = 40.0 \frac{\text{Kg de SST}}{\text{día}}$$

- Reducción de SSV:

Remoción requerida de SSV: 40%.

$$SSV = SSV * 40\% = 40 \frac{Kg \text{ de SST}}{\text{día}} * 40\%$$

$$SSV = 16.0 \frac{Kg \text{ de SST}}{\text{día}} *$$

- SST en efluente del digestor

SST efluente= SST influente- SSV removido

$$SST \text{ efluente} = 50 \frac{Kg \text{ de SST}}{\text{día}} - 16.0 \frac{Kg \text{ de SST}}{\text{día}}$$

$$SST \text{ efluente} = 34.0 \frac{Kg \text{ de SST}}{\text{día}}$$

- Volumen lodos *sin considerar sobrenadantes

$$0.62\% \quad , \quad 6.242 \text{ mg/l}$$

Variables:

DATOS	VALOR
SST influente (X1)	9180 mg/l
SST efluente (Xe)	6242 mg/l
Bideogradabilidad (Xoad)	80 %

Tasa de reacción (Kd)	0.12 d
Eficiencia (D)	20 %
SS en el influente (Xi)	9223 mg/l

- Tiempo de retención.

$$TRc = \frac{(X1 - Xe)}{Kd * D * Xoad * Xi}$$

$$TRc = \frac{(9180 \frac{mg}{l} - 6242 \frac{mg}{l})}{0.12 \text{ días} * 0.20 * 0.80 * 9223 \frac{mg}{l}}$$

$$TRc = 16.59 \text{ días}$$

- Volumen de solidos alimentados al digestor

$$Qi = \frac{Ws}{rSIPs}$$

Donde:

DATOS	VALOR
Peso de lodos secos (Ws)	50.0 Kg/día
Densidad del agua (r)	1000 Kg/m ³
Peso específico del lodo (SI)	1.03
Porcentaje de solidos (Ps)	0.9 %

$$Qi = \frac{0.50 \frac{ton}{día}}{1.0 \frac{ton}{m^3} * 1.03 * 0.9}$$

$$Q_i = 0.0539 \frac{\text{ton}}{\text{día}} * 1000$$

$$Q_i = 53.9 \text{ m}^3/\text{día}$$

- Volumen del digestor

$$V = \frac{Q_i (X_i + Y_{si})}{X (K_{dp} + \frac{1}{U_c})}$$

Donde:

V= Volumen del digestor, m³

Q_i= Flujo influente al digestor, m³/d

X_i= SS en el influente, mg/l

Y= Fracción de la DBO influente, constituida por lodo crudo primario

S_i= DBO influente, mg/l

X= SS en el digestor, mg/l

K_d= Constante de tasa de reacción, d⁻¹

P_v= Fracción volátil de los SS en el digestor

U_c= Tiempo de retención de sólidos (edad de los lodos), d

$$V = \frac{53.9 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} (9223 \frac{\text{mg}}{\text{l}})}{400000 \frac{\text{mg}}{\text{l}} * ((0.06 \text{ día} * 0.80) + \frac{1}{16 \text{ días}})}$$

$$V = 11.24 \text{ m}^3$$

- Dimensiones del digestor

DATOS	VALOR
Volumen real	32.0 m ³
Tirante (SWD)	5.0

Área	6.40 m ²
Largo, Ancho	1 m
Ancho	2.53 m
Largo	2.53 m
Bordo libre	0.50
H total	5.50

- Aire requerido para la estabilidad de los lodos

Para efecto del cálculo del aire requerido para digestión, se consideran los lodos secundarios, precedentes de la fase aerobia.

DATOS	VALOR
SSV en influente a planta, *según análisis	0 mg/l
Remoción en el clarificador 1°	50 %
SSV en lodos primarios	0.00 Kg/d
Remoción en digestor	40 %
SSV removidos en digestor	0.0 Kd/d
SSV secundarios influentes al digestor	40.0 kd/d
Remoción en digestor	40%
SSV removidos en digestor	16.0 Kd/d
SSV Oxidados en el digestor	16.0 Kd/d
Constante de oxidación= Kg de O ₂ /Kg de SSV removidos	2.3

- Oxígeno requerido para la transferencia del 15% de O_2 :

$$2.3 \frac{Kg \text{ de } O_2}{Kg \text{ SSV}} * 689.04 Kg \text{ SSV} = 36.8 Kg/dia$$

DATOS	VALOR
Caudal de aire requerido para la transferencia del 15% de O_2	46.91 ft ³ /min
Potencia	1.05 – 1.41 H.P
Potencia comercial unitaria	2 H.P

Por lo tanto, se propuso el siguiente difusor:

Difusor Tipo	AFTS3100
Marca	SSI STAMFORD
Cantidad de aire a suministrar	47.0 ft ³ /min
Número de difusores instalados:	10
Gasto unitario por difusor:	4.7 ft ³ /min
Eficiencia total en la transferencia de oxígeno	116.44 %
Sumergencia del difusor	5.0 m ; 16.4 ft
Oxígeno realmente transferido al agua	465.64 Kg O_2 /día

FILTRACIÓN A PRESIÓN.

DATOS DE DISEÑO	SÍMBOLO	VALOR	UNIDAD
Flujo de operación	Q	5	Lps
Factor de diseño	f	1.1	n.a.
Flujo de diseño	Q_D	5.5	Lps
Flujo de diseño por filtro	Q_{DU}	1.38	Lps
Diámetro de filtro	D	1.5	m
Numero de filtros	n	4	n.a.
Área de filtro	A_{FU}	1.77	m ²
Área total de filtrado	A_F	7.1.	m ²
Carga hidráulica superficial	C_{HS}	67.0	m ³ /m ² .día
Altura del lecho de soporte	L_{SS}	0.350	m
Altura del lecho de distribución	L_{SD}	0.230	m
Altura del lecho filtrado	L_{SF}	0.100	m
Total de expansión máxima permitida	E	30	%
Altura del lecho expandido	L_{LT}	0.90	m
Perdida de carga durante el filtrado	h_F	1.39	m.c.a.
Perdida de carga total en el lecho filtrante	h_{LFT}	0.21	m.c.a.
Perdida de carga durante el retro lavado.	h_{LRT}	0.245	m.c.a.

OXIDACIÓN CON OZONO

DATOS DE DISEÑO	SÍMBOLO	VALOR	UNIDAD
Gasto de entrada	Q	5.0	Lps
Gasto de diseño	Q _D	5.50	Lps
Tiempo de contacto	T _c	10	min
Velocidad de tanque	V	0.15	m/s
Concentración máxima de Fe por oxidar	Fe _r	0.70	mg/l
Remoción de Fe	R _{Fe}	70	%
Concentración máxima de Mn por oxidar	Mn _r	1.82	mg/l
Remoción de Mn	R _{Mn}	92.15	%
Unidades de color a oxidar	C _r	58	U Pt Co
Remoción de color	R _c	77.33	%
Factor de seguridad	FS	1.10	n.a.
Demanda de Ozono requerido por Fe	D _{Fe}	5.9	Kg/h
Demanda de Ozono requerido por Mn	D _{Mn}	0.032	Kg/h
Demanda de ozono requerida por color	DC	1.15	Kg/h
Espesor de mampara	E _m	0.2	m
Rendimiento	R	20	g O ₃ /m ₃ aire
Presión de inyección de aire	P	1.55	Kg/cm ³
Temperatura estándar	T _{es}	273.15	°K
Temperatura de inyección	T	293.15	°K
Presión estándar	P _o	1.03	Kg/cm ²
Caudal por difusor	q	0.08	m ³ /min

Calculo de potencia y caudales de acuerdo al aire requerido.

DATOS DE DISEÑO	SIMBOLO	VALOR	UNIDAD
Potencia requerida por Kg para compresión y secado	P_{cs}	8.974	Kw/h
Potencia requerida por Kg para producir ozono	P_o	26.92	Kw/h
Potencia total requerida por sistema de ozonación	P_{TR}	35.89	Kw/h
Volumen del tanque de contacto	V_{Tx}	3.30	m^3
Caudal de aire requerido	Q_a	1.36	m^3/min
Caudal de aire en condiciones estándar	Q_{as}	2.18	m^3/min
Número de difusores requeridos	N_{od}	28	unidades

OSMOSIS INVERSA.

DATOS DE DISEÑO	VALOR	UNIDAD
Caudal de la bomba de alta presión	79.25	gpm
Presión de alimentación	226.0	Psi
Temperatura de alimentación	20.0	$^{\circ}C$
pH agua alimentación	7	n.a
Dosis químico H_2SO_4	2.68	Kg/hr, 98%

Calculo por etapa de filtración en la osmosis inversa.

DATOS DE DISEÑO					
Etapa	Caudal perm.(gpm)	Caudal de alimentación (gpm)	Concentración (gpm)	Flujo	Presión por etapas (psi)
1-1	36.7	39.6	21.3	11	215.3
1-2	15.4	42.5	27.1	9.2	196.4
1-3	11.3	27.1	15.8	6.5	186.9

5.1.5. BALANCE DE MATERIA.

5.1.5.1. BALANCE DE MATERIA DEL TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL.

BALANCE DE MATERIA	UNIDAD	INFLUENTE	DESARENADOR	ZONA ANÓXICA	ZONA ÓXICA	ZONA ANÓXICA	ZONA ÓXICA	SEDIMENTADOR
				1RA ETAPA	1RA. ETAPA	2DA. ETAPA	2DA. ETAPA	SECUNDARIO
			Eficiencia 5%	Eficiencia 40%	Eficiencia 40%	Eficiencia 40%	Eficiencia 40%	Eficiencia 4%
CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS								
FLUJO DE DISEÑO	LPS	5	5	5	5	5	5	5
COLOR	Upt/Co	600	600	360	216	129.6	77.76	74.65
TURBIEDAD	UTN	1500	1500	900	540	324	194.4	186.62
ALUMINIO	mg/l	10	10	6	3.6	2.16	1.3	1.24
ARSÉNICO	mg/l	0.05	0.05	0.03	0.02	0.01	0.01	0.01
BARIO	mg/l	1	1	0.6	0.36	0.22	0.13	0.12
CADMIO	mg/l	1	1	0.6	0.36	0.22	0.13	0.12
CARBONO ORGÁNICO TOTAL (CDO)	mg/l	300	300	180	108	64.8	38.88	37.32
CIANUROS (CN)	mg/l	0.3	0.3	0.16	0.11	0.06	0.04	0.04
CLORO RESIDUAL LIBRE	mg/l	0	0	0	0	0	0	0
CLORUROS (CL)	mg/l	500	500	300	180	108	64.8	62.21
COBRE	mg/l	2.5	2.5	1.5	0.9	0.54	0.32	0.31
CROMO TOTAL	mg/l	2	2	1.2	0.72	0.43	0.26	0.25
DUREZA TOTAL (CACO3)	mg/l	600	600	360	216	129.6	77.76	74.65
FENOLES O COMPUESTOS	mg/l	0.7	0.7	0.42	0.25	0.15	0.09	0.09
FIERRO	mg/l	1	1	0.6	0.36	0.22	0.13	0.12

INGENIERÍA DE PROYECTOS DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES CON FINES DE RECARGA A MANTOS ACUÍFEROS UBICADA EN LA DELEGACIÓN TLAPAN

FLORUROS (F)	mg/l	3	3	1.8	1.08	0.65	0.39	0.37
MANGANESO	mg/l	2	2	1.2	0.72	0.43	0.26	0.25
MERCURIO	mg/l	0	0	0	0	0	0	0
NITRATOS (N)	mg/l	40	40	24	14.4	8.64	5.16	4.98
NITRITOS (N)	mg/l	20	20	12	7.2	4.32	2.59	2.49
NITRÓGENO AMONIAICAL	mg/l	60	60	36	21.6	12.96	7.78	7.46
PH	No aplica	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5
PLOMO	mg/l	0.12	0.12	0.07	0.04	0.3	0.2	0.1
SODIO	mg/l	250	250	150	90	54	32.4	31.1
SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES	mg/l	1200	1200	720	432	259.2	155.52	149.3
SULFATOS (SO4)	mg/l	450	450	270	162	97.2	58.32	55.99
ÁCIDO SULFHÍDRICO	mg/l	25	25	15	9	5.4	3.24	3.11
SULFUROS	mg/l	15	15	9	5.4	3.24	1.94	1.87
TRIHALOMETANOS TOTALES	mg/l	6	6	3.6	2.16	1.3	0.78	0.75
YODO RESIDUAL LIBRE	mg/l	0	0	0	0	0	0	0
ZINC	mg/l	6	6	3.6	2.16	1.3	0.78	0.75
HIDROCARBUROS AROMÁTICOS								
BENCENO	µg/l	25	25	22.5	18	10.8	10.48	10
ETILBENCENO	µg/l	350	350	315	305.55	304.02	300.07	300.06
TOLUENO	µg/l	800	800	792	791.92	790.34	766.63	732.13
XILENO (TRES ISÓMEROS)	µg/l	600	600	540	523.8	508.07	508.07	508.6
PLAGUICIDAS								
DDT (TOTAL DE ISÓMEROS)	µg/l	2	2	2	2	1.99	1.99	1.91

INGENIERÍA DE PROYECTOS DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES CON FINES DE RECARGA A MANTOS ACUÍFEROS UBICADA EN LA DELEGACIÓN TLAPAN

HEXACLOROBENCENO	µg/l	2	2	2	2	1.99	1.99	1.91
HEPTACLORO Y EPÓXICO DE HEPTAVLORO	µg/l	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
METOXICLORO	µg/l	30	30	28.8	27.65	26.54	25.48	24.46
RADIOACTIVIDAD								
RADIOACTIVIDAD ALFA GLOBAL	Bq/l	1.2	1.2	1.08	0.86	0.86	0.86	0.83
RADIOACTIVIDAD BETA GLOBAL	Bq/l	3	3	2.7	2.16	2.16	2.16	2.07
CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS								
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO3)	mg/l	450	405	243	145.8	87.45	52.49	50.39
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO)	mg/l	900	900	540	324	194.4	116.64	111.97
COLIFORMES TOTALES	Col/100 ml	1000000	1000000	600000	360000	216000	129600	124416
COLIFORMES FECALES	Col/100 ml	1000000	1000000	600000	360000	216000	129600	124416

5.1.5.2. BALANCE DE MATERIA DEL TRATAMIENTO TERCIARIO

BALANCE DE MATERIA	UNIDAD	OZONACIÓN	FLOCULACIÓN	FILTRACIÓN A PRESIÓN	OSMOSIS INVERSA	DESINFECCIÓN (UV)
		Eficiencia 40%	Eficiencia 3%	Eficiencia 90%	Eficiencia 90%	Eficiencia 99%
CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS						
FLUJO DE DISEÑO	LPS	5	5	5	5	5
COLOR	Upt/Co	74.65	74.65	7.46	0.07	0.07
TURBIEDAD	UTN	186.62	186.62	18.66	0.19	0.19
ALUMINIO	mg/l	1.24	1.24	1.24	0.01	0.01
ARSÉNICO	mg/l	0.01	0.1	0.1	0	0
BARIO	mg/l	0.12	0.12	0.12	0.01	0.01
CADMIO	mg/l	0.12	0.12	0.12	0	0
CARBONO ORGÁNICO TOTAL (CDO)	mg/l	22.39	22.39	22.39	0.22	0.22
CIANUROS (CN)	mg/l	0.04	0.04	0.04	0	0
CLORO RESIDUAL LIBRE	mg/l	0	0	0	0	0
CLORUROS (CL)	mg/l	62.21	62.21	62.21	0.62	0.62
COBRE	mg/l	0.31	0.31	0.31	0.3	0.3
CROMO TOTAL	mg/l	0.25	0.25	0.25	0	0
DUREZA TOTAL (CACO3)	mg/l	74.65	74.65	74.65	0.75	0.75
FENOLES O COMPUESTOS	mg/l	0.09	0.09	0.09	0	0
FIERRO	mg/l	0.12	0.12	0.12	0	0
FLORUROS (F)	mg/l	0.37	0.37	0.37	0	0
MANGANESO	mg/l	0.25	0.25	0.25	0	0
MERCURIO	mg/l	0	0	0	0	0

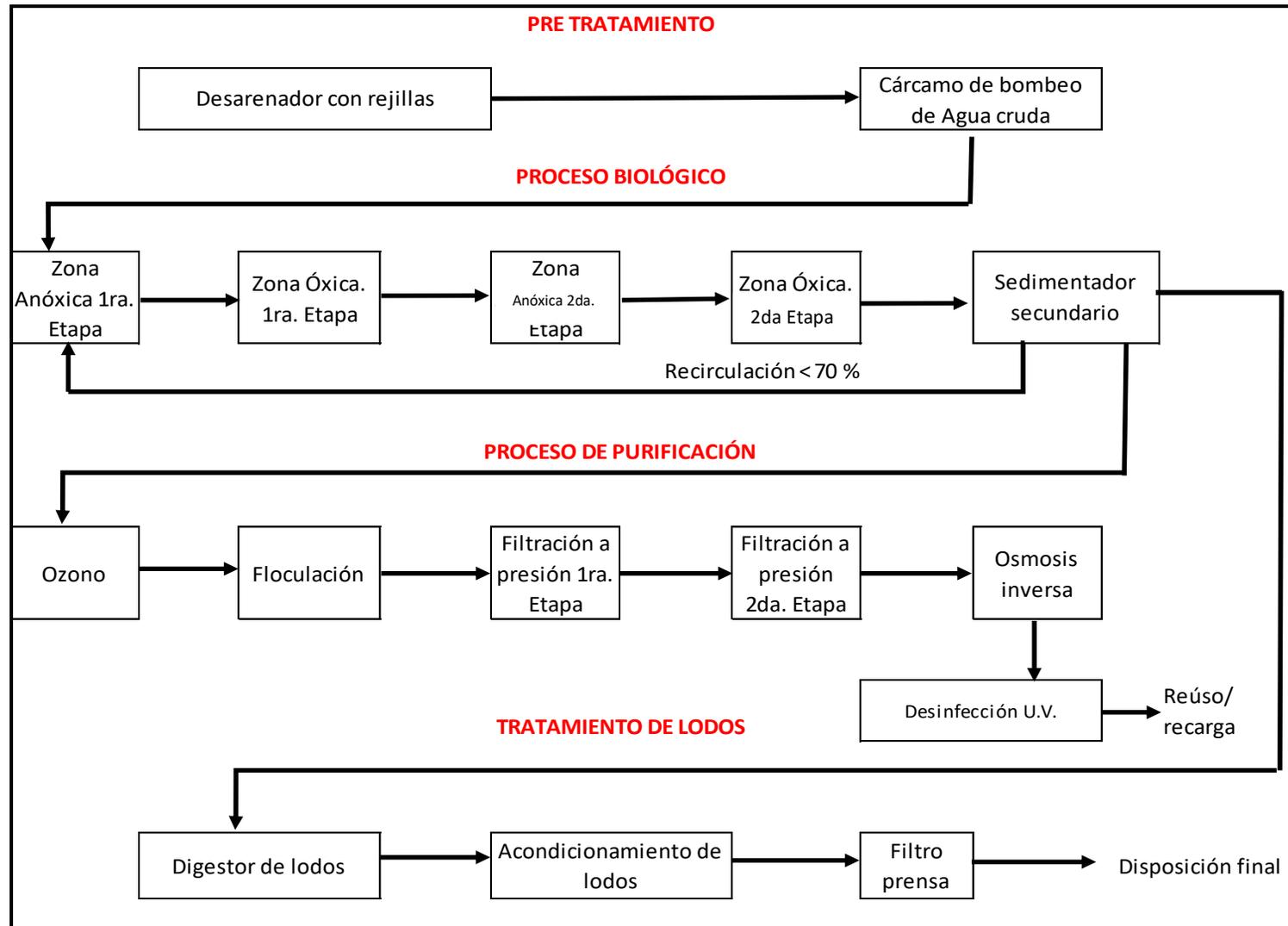
INGENIERÍA DE PROYECTOS DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES CON FINES DE RECARGA A MANTOS ACUÍFEROS UBICADA EN LA DELEGACIÓN TLAPAN

NITRATOS (N)	mg/l	4.98	4.98	4.98	0.05	0.05
NITRITOS (N)	mg/l	2.49	2.49	2.49	0.2	0.025
NITRÓGENO AMONIAICAL	mg/l	7.46	7.46	7.46	0.07	0.075
PH	No aplica	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5
PLOMO	mg/l	0.1	0.1	0.1	0	0
SODIO	mg/l	31.1	31.1	31.1	0.31	0.31
SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES	mg/l	149.3	149.3	14.3	0.15	0.15
SULFATOS (SO4)	mg/l	55.99	55.99	5.6	0.06	0.06
ÁCIDO SULFHÍDRICO	mg/l	0.03	0.03	0.03	0	No detectables
SULFUROS	mg/l	1.12	1.12	1.12	0.01	No detectables
TRIHALOMETANOS TOTALES	mg/l	0.75	0.75	0.75	0.01	0
YODO RESIDUAL LIBRE	mg/l	0	0	0	0	0
ZINC	mg/l	0.75	0.75	0.75	0.1	0.01
HIDROCARBUROS AROMÁTICOS						
BENCENO	µg/l	10	10	10	10	10
ETILBENCENO	µg/l	330.06	330.06	330.06	330.06	300
TOLUENO	µg/l	732.13	732.13	732.13	732.13	700
XILENO (TRES ISÓMEROS)	µg/l	508.06	508.06	508.06	508.06	500
PLAGUICIDAS						
DDT (TOTAL DE ISÓMEROS)	µg/l	1.91	1.91	1.91	1.34	1
HEXACLOROBENCENO	µg/l	1.91	1.91	1.91	1.34	1

INGENIERÍA DE PROYECTOS DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES CON FINES DE RECARGA A MANTOS ACUÍFEROS UBICADA EN LA DELEGACIÓN TLAPAN

HEPTACLORO Y EPÓXIDO DE HEPTACLORO METOXICLORO	µg/l	0.06	0.06	0.06	0.04	0.03
METOXICLORO	µg/l	24.46	24.46	24.46	20.79	20
RADIOACTIVIDAD						
RADIOACTIVIDAD ALFA GLOBAL	Bq/l	0.83	0.83	0.83	0.83	0.56
RADIOACTIVIDAD BETA GLOBAL	Bq/l	2.07	2.07	2.07	2.07	1.85
CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS						
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO)₅	mg/l	50.39	50.39	48.37	0.48	0.48
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO)	mg/l	111.97	111.97	107.5	1.07	0
COLIFORMES TOTALES	Col/100 ml	74649.6	74649.6	7464.96	74.65	No detectables
COLIFORMES FECALES	Col/100 ml	74649.6	74649.6	7464.96	74.65	No detectables

5.1.6. DIAGRAMA DE BLOQUES. PTAR “VALLE VERDE”





5.1.7. DIAGRAMAS DE FLUJO DE PROCESO PTAR “VALLE VERDE”.

5.1.7.1. DFP TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.

(Ver Anexo)

5.1.7.2. DFP TRATAMIENTO Terciario.

(Ver Anexo)

5.1.7.3. DFP TRATAMIENTO DE LODOS.

(Ver Anexo)

5.1.8. DIAGRAMAS DE TUBERIA E INSTRUMENTACIÓN PTAR “VALLE VERDE”.

5.1.8.1. DTI TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL.

(Ver Anexo)

5.1.8.2. DTI TRATAMIENTO Terciario.

(Ver Anexo)

5.1.8.3. DTI. TRATAMIENTO DE LODOS.

(Ver Anexo)

5.1.9. PLANO DE LOCALIZACIÓN GENERAL. (PLG).

(Ver Anexo)

5.1.10. LISTA DE EQUIPOS.

Tabla No. 11. Lista del equipos.

CANTIDAD DE EQUIPOS	EQUIPO	CLAVE
2	Desarenador	DES-100
1	Cárcamo de bombeo	CB-200
2	Reactor biológico anóxico A/B	RBA-310 A/B
2	Reactor biológico óxico A/B	RBO-310 A/B
1	Sedimentador secundario	SS-500
1	Sistema de floculación	ME-505
1	Tanque de químicos para floculación	TQ-510
2	Filtros a presión (Dúplex)	FP-520 A/B/C/D
1	Tanque de contacto con ozono	TCO-510
1	Generador de ozono	GO-510
2	Filtros cartucho (micro filtración)	FC-525 A/B
1	Nano filtración (Osmosis inversa)	OI-550
1	Tanque de lavado de O.I	TL-570
1	Celdas de luz ultravioleta	UV-560
1	Digestor de lodos	DG-600
1	Tanque de acondicionamiento de lodos	TAL-800
1	Tanque de almacenamiento de polímero	TQ-700
1	Filtro prensa	FPR-830

5.1.11. LISTA DE MOTORES.

Tabla No. 12. Lista de bombas y motores.

LISTA DE MOTORES	CLAVE	NÚMERO DE EQUIPOS	EQUIPOS EN OPERACIÓN	EQUIPOS DE RESPALDO
Bombas de agua cruda	BS-250 A/B	2	1	1
Bomba de lodos	BH-505 A/B	2	1	1
Bomba de transferencia a filtros de presión	BC-515 A/B	2	1	1
Sopladores para reactor biológico	SO-400 A/B/C	3	2	1
Soplador para digestor de lodos	SO-610 A/B	2	1	1
Equipo de bombeo de lodos espesados	BCP-810 A/B	1	1	0
Bomba de osmosis inversa	BAP-530	1	1	0
Agitador de zona anóxica	AG-301 A/B	2	2	0
Bomba de lavado	BC-570	1	1	0
Gabinete de ozono	GO-510	1	1	0

5.1.12. LISTA DE LINEAS.

Tabla No. 13. Lista de líneas (nombre y ubicación)

No. DE LINEA	LINEA	DESDE	HASTA
100	4" - ACR-100-AC-CD40	Llegada agua residual	DES-100
100A	4" - ATM-100A-AC-CD40	DES-100	CB-200
101	4" - ALD-200B-AC-CD40	DES-100	Salida de lodos
200A	4" - ATM-200A-AC-CD40	BS-200A	4" - ATM-201-AC-CD40
200B	4" - ATM-200B-AC-CD40	BS-200B	4" - ATM-201-AC-CD40
201	4" - ATM-201-AC-CD40	4" - ATM-200A/B-AC-CD40	RB-300 A/B
301A	4" - ABO-301A-AC-CD40	RB-300 A/B	SS-500
501	4" - SSD-501-AC-CD40	SS-500	CL-505
505A	4" - ASS-505A-AC-CD40	BS-505 A	4" - ASS-506-AC-CD40
505B	4" - ASS-505B-AC-CD40	BS-505 B	4" - ASS-506-AC-CD40
506	4" - ASS-506-AC-CD40	4" - ASS-505 A/B-AC-CD40	RB-310 A/B
503	4" - ASD-503-AC-CD40	SS-500	TCO-510
515A	4" - AOZ-515A-AC-CD40	BC-515 A	4" - AOZ-516-AC-CD40
515B	4" - AOZ-515B-AC-CD40	BC-515 B	4" - AOZ-516-AC-CD40
516	4" - AOZ-516-AC-CD40	4" - AOZ-515 A/B-AC-CD40	FO-505
505	1 1/2" - HC-602C-PVC-CD40	BD-510 A/B	FO-505
516	4" - AOZ-516-AC-CD40	FO-505	FP-520 A/B/C/D/E
521A	2" - ARL-521A-AC-CD40	FP-520 A	4" - ARL-521-AC-CD40
521B	2" - ARL-521B-AC-CD40	FP-520 B	4" - ARL-521-AC-CD40
521C	2" - ARL-521C-AC-CD40	FP-520 C	4" - ARL-521-AC-CD40
521D	2" - ARL-521D-AC-CD40	FP-520 D	4" - ARL-521-AC-CD40
521	4" - ARL-521-AC-CD40	4" - ARL-521A/B/C/D-AC-CD40	DRENAJE
516A	2" - AOZ-516A-AC-CD40	4" - AOZ-516-AC-CD40	FP-520 A
516B	2" - AOZ-516B-AC-CD40	4" - AOZ-516-AC-CD40	FP-520 B
516C	2" - AOZ-516C-AC-CD40	4" - AOZ-516-AC-CD40	FP-520 C
516D	2" - AOZ-516D-AC-CD40	4" - AOZ-516-AC-CD40	FP-520 D
523A	2" - AFI-523A-AC-CD40	FP-520 A	4" - AFI-524-AC-CD40
523B	2" - AFI-523B-AC-CD40	FP-520 B	4" - AFI-524-AC-CD40
523C	2" - AFI-523C-AC-CD40	FP-520 C	4" - AFI-524-AC-CD40
523D	2" - AFI-523D-AC-CD40	FP-520 D	4" - AFI-524-AC-CD40
524	4" - AFI-524-AC-CD40	2" - AFI-523A/B/C/D-AC-CD40	FC-525 A/B
525	4" - AMF-525-AC-CD40	FC-525 A/B	BAP-530 A/B
530	4" - AMF-530-AC-CD40	BAP-530 A/B	OI-550
555	4" - APM-555-AC-CD40	OI-550	REUSO O RECARGA
501	4" - ASS-501-AC-CD40	SS-500	DG-600
801	4" - LEP-801-AC-CD40	TAL-800	BC-810 A/B
801A	4" - LEP-801A-AC-CD40	BC-810 A	FPR-830
801B	4" - LEP-801B-AC-CD40	BC-810B	FPR-830

5.1.13. LISTA DE SERVICIOS.

Tabla No. 14. Lista general de servicios.

CLAVE	SERVICIOS
AFI	Agua filtrada
AOZ	Agua Ozonada
APO	Agua Potable
ARL	Agua de Retro lavado
ACR	Agua Cruda
ABO	Agua Bioxidada
ASD	Agua Sedimentada
ANF	Agua Nano filtrada
OZO	Ozono
AIR	Aire

5.1.14. LISTA DE INSTRUMENTOS.

Tabla No. 15. Lista de instrumentos generales instalados.

CLAVE	INSTRUMENTO	LOCALIZACIÓN
AE	Analizador de pH	TCO-510
TE	Transmisor de temperatura	TCO-510
AE	Analizador de pH	Entrada a osmosis inversa
CE	Transmisor de conductividad	Entrada a osmosis inversa
TE	Transmisor de temperatura	Entrada a osmosis inversa
AE	Analizador de pH	Salida osmosis inversa
CE	Transmisor de conductividad	Salida osmosis inversa
TE	Transmisor de temperatura	Salida osmosis inversa
AE	Analizador de pH	Reúso / Recarga
TE	Transmisor de temperatura	Reúso / Recarga

Tabla No. 16. Lista de indicadores de flujo y de nivel instalados.

CLAVE	INSTRUMENTO	LOCALIZACIÓN
FLUJO		
FE	Elemento primario de flujo	Entrada Reactor Biológico
FE	Elemento primario de flujo	Entrada Osmosis Inversa
FE	Elemento primario de flujo	Salida osmosis inversa
FE	Elemento primario de flujo	Limpieza de Osmosis Inversa
NIVEL		
LE	Elemento primario de nivel	Tanque de contacto de Ozono

Tabla No. 17. Lista de indicadores de presión de manómetros y de transmisores instalados.

CLAVE	INSTRUMENTO	LOCALIZACIÓN
PRESIÓN (MANÓMETROS)		
PI	Indicador de Presión	Salida BS-208 A
PI	Indicador de Presión	Salida BS-208 B
PI	Indicador de Presión	Salida BH-505 A
PI	Indicador de Presión	Salida BH-505 B
PI	Indicador de Presión	Salida BC-515 B
PI	Indicador de Presión	Salida BC-515 B
PI	Indicador de Presión	Entrada FP- 520 A
PI	Indicador de Presión	Entrada FP- 520 B
PI	Indicador de Presión	Entrada FP- 520 C
PI	Indicador de Presión	Entrada FP- 520 D
PI	Indicador de Presión	Entrada FC- 525 A
PI	Indicador de Presión	Entrada FC- 525 B
PI	Indicador de Presión	Salida FC-525 B
PI	Indicador de Presión	Salida FC-525 A
PI	Indicador de Presión	Permeado Osmosis 1A Etapa
PI	Indicador de Presión	Permeado Osmosis 2da Etapa
PI	Indicador de Presión	Lavado osmosis Inversa
PI	Indicador de Presión	Salida Soplador SO-610 A
PI	Indicador de Presión	Salida Soplador SO-610 B
PI	Indicador de Presión	Bombeo lodos pesados
PRESIÓN (TRANSMISORES)		
PT	Transmisor de Presión	Salida bombas BC-515 A/B
PT	Transmisor de Presión	FP-520 A
PT	Transmisor de Presión	FP-520 B

PT	Transmisor de Presión	FP-520 C
PT	Transmisor de Presión	FP-520 D
PT	Transmisor de Presión	Salida Bomba BAP-530
PT	Transmisor de Presión	Rechazo 1A Etapa Osmosis Inversa
PT	Transmisor de Presión	Rechazo 2A Etapa Osmosis Inversa

Tabla No. 18. Lista de variador de frecuencia y de arrancadores instalados.

CLAVE	INSTRUMENTO	LOCALIZACIÓN
VARIADORES DE FRECUENCIA		
SIC	Variador de Frecuencia	Soplador SO-400 A
SIC	Variador de Frecuencia	Soplador SO-400 B
SIC	Variador de Frecuencia	Soplador SO-400 C
SIC	Variador de Frecuencia	Bomba Centrifuga BC-515 A
SIC	Variador de Frecuencia	Bomba Centrifuga BC-515 B
SIC	Variador de Frecuencia	Bomba Alta Presión BAP-530
SIC	Variador de Frecuencia	Soplador SO-610 A
SIC	Variador de Frecuencia	Soplador SO-610 B
SC	Arrancador	Bomba BS-200 A
SC	Arrancador	Bomba BS-200 A
SC	Arrancador	Bomba BS-200 A
SC	Arrancador	Bomba BS-200 A

5.2. INGENIERÍA DE DETALLE.

5.2.1. ESPECIFICACIÓN DE EQUIPOS.

Tabla No. 19. Lista de especificación de equipos.

EQUIPO	ESPECIFICACIÓN	DIÁMETRO (m)	ALTURA (m)	LARGO (m)	ANCHO (m)
Desarenador	Concreto armado	---	0.5	7	0.5
Cárcamo de bombeo	Concreto armado	---	5	4	2
Reactor biológico anóxica A/B	Concreto armado	---	5	2.84	2.15
Reactor biológico oxico A/B	Concreto armado	---	5	5.7	3.01
Sedimentador secundario	Concreto armado	---	5	2.6	2.53
Tanque de químicos para floculación	Tanque de polietileno Vol. 1100 L	1.1	1.43	---	---
Filtros a presión (Dúplex)	Tanque de acero al carbón	1.6	4	---	---
Tanque de contacto con ozono	Concreto armado	---	5	3.3	2.53
Tanque de lavado de O.I	Tanque de polietileno Vol. 2500 L	1.55	1.65	---	---
Digestor de lodos	Concreto armado	---	5	2.53	2.53
Tanque de acondicionamiento de lodos	Concreto armado	---	1	1	1
Tanque de almacenamiento de polímero	Tanque de polietileno Vol. 1100 L	1.1	1.43	---	---
Sistema de floculación	Acero inoxidable	---	---	---	---
Generador de ozono	Equipo paquete	---	---	---	---
Filtros cartucho (micro filtración)	Equipo paquete	---	---	---	---
Nano filtración (Osmosis inversa)	Equipo paquete	---	---	---	---
Celdas de luz ultravioleta	Equipo paquete	---	---	---	---
Filtro prensa	Equipo paquete	---	---	---	---

*Equipo paquete. Los requerimientos de diseño de los equipos y accesorios son tomados parte de unidades paquete conforme a las normas y condiciones de diseño del fabricante.

5.2.2. ESPECIFICACIÓN DE MOTORES.

Tabla No. 20. Lista de especificación de motores.

LISTA DE MOTORES UNDAD	POTENCIA H.P	EN OPERACIÓN		EN RESERVA		TOTAL INSTALADO	
		KW	Amp.	KW	Amp.	KW	Amp.
Bombas de agua cruda	2	1.5	3.4	1.5	3.4	3	6.8
Bomba de lodos	1	0.75	2.1	0.75	2.1	1.5	4.2
Bomba de transferencia a filtros de presión	5	3.75	7.6	3.75	7.6	7.5	15.2
Sopladores para reactor biológico	25	11.2	21	11.2	21	33.6	63
Soplador para digestor de lodos	7.5	1.5	3.4	1.5	3.4	3	6.8
Filtro prensa	10	7.46	14	0	0	7.46	14
Bomba de osmosis inversa	15	11.2	21	0	0	11.2	21
Agitador de zona anóxica	3	2.25	4.8	0	0	4.5	9.6
bomba de lavado	2	1.5	3.4	0	0	1.5	3.4
Luz ultravioleta	3	2.25	4.8	0	0	2.25	4.8
Gabinete de ozono	50	37.3	65	0	0	37.3	65
Compresor de ozono	25	18.7	34	0	0	18.7	34
Transformador de servicios	40	27	36.06	0	0	27	36.06

- Cálculo del Consumo de energía.

$$KVA = \frac{I \times E \times \sqrt{3}}{1000}$$

Donde:

KVA: Kilo Volts Amperes

I: Corriente en operación

E: Voltaje entre fases

Sustituyendo:

$$KVA = \frac{240.02 \times 460 \times 1.732}{1000} = 191.2287 \text{ KVA}$$

Por lo tanto le corresponde un **transformador de 225 KVA**.

5.2.3. ESPECIFICACIÓN DE LÍNEAS.

Tabla No. 21. Lista de especificación de líneas.

No. DE LINEA	ESPECIFICACIÓN DEL MATERIAL	PRESIÓN OPERACIÓN	PRESIÓN DISEÑO	PRESIÓN DE PRUEBA
		(Kgf/cm ²)	(Kgf/cm ²)	(Kgf/cm ²)
100	CS150 ¹⁰	2.5	2.75	3.75
100A	CS150	3	3.3	4.5
101	CS150	3	3.3	4.5
200A	CS150	3	3.3	4.5
200B	CS150	3	3.3	4.5
201	CS150	3	3.3	4.5
301A	CS150	3	3.3	4.5
501	CS150	3	3.3	4.5
505A	CS150	3	3.3	4.5
505B	CS150	3	3.3	4.5
506	CS150	3	3.3	4.5
503	CS150	3	3.3	4.5
515A	CS150	3	3.3	4.5
515B	CS150	3	3.3	4.5
516	CS150	3	3.3	4.5
505	CS150	3	3.3	4.5
516	CS150	3	3.3	4.5
521A	CS150	3	3.3	4.5
521B	CS150	3	3.3	4.5
521C	CS150	3	3.3	4.5
521D	CS150	3	3.3	4.5
521	CS150	3	3.3	4.5
516A	CS150	3	3.3	4.5

¹⁰ CS150 - Acero al carbón ASTM-A53 Gr.B

516B	CS150	3	3.3	4.5
516C	CS150	3	3.3	4.5
516D	CS150	3	3.3	4.5
523A	CS150	3	3.3	4.5
523B	CS150	3	3.3	4.5
523C	CS150	3	3.3	4.5
523D	CS150	3	3.3	4.5
524	CS150	3	3.3	4.5
525	CS150	3	3.3	4.5
530	CS150	3	3.3	4.5
555	CS150	3	3.3	4.5
501	CS150	3	3.3	4.5
801	CS150	3	3.3	4.5
801A	CS150	3	3.3	4.5
801B	CS150	3	3.3	4.5

5.3. PRUEBAS DE ARRANQUE DE LA PTAR “VALLE VERDE”

Revisada y aprobada la ingeniería básica y de detalle por ambas partes involucradas se llevó a cabo la construcción, instalación y equipamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales “Valle Verde”. Dando por hecho culminada la construcción de la planta se realizó la terminación mecánica. Algunas acciones generales que se realizaron para llevar a cabo la puesta en marcha de la planta fueron:

- ✓ Limpieza y lavado de todos los sistemas de tuberías.
- ✓ Se realizaron las pruebas hidráulicas y neumáticas.
- ✓ Se engrasaron y ajustaron todos los equipos mecánicos.
- ✓ Se arrancaron todos los motores comprobando su sentido de giro.
- ✓ Se alinearon y giraron todos los equipos rotatorios.
- ✓ Se calibraron los instrumentos.

- ✓ Se dispusieron de los servicios auxiliares necesarios en todos los puntos de conexión.

A continuación se enuncia las listas de verificación y arranque que se realizaron de acuerdo al protocolo de comisionamiento para el arranque de los equipos durante las corridas iniciales.

5.3.1. VERIFICACIÓN DEL EQUIPO ELECTROMECAÁNICO.

Bombas centrifugas.

- Revisión del nivel de operación, las bombas verticales no pueden operar debajo del nivel de sumergencia.
- Verificación de la rotación de la bomba y el motor manualmente para que el giro sea libre y sin fricción.
- Verificación que la lubricación sea satisfactoria conforme al manual del fabricante.
- Verificación del suministro de corriente eléctrica a los arrancadores.
- Verificación de arranque: abrir parcialmente la válvula de descarga antes del arranque. Al arrancar la bomba observar la presión de descarga. En el caso de ruido, vibración, calentamiento y otra condición anormal, parar la bomba y corregir la causa, antes de arrancar nuevamente.

Bombas dosificadoras.

- Verificación del arranque de la bomba para una medición de tiempo (50 golpes mínimo). El periodo de tiempo más largo es adecuado para obtener resultados confiables.

Sopladores

- Revisión del manual de instalación, arranque y operación del fabricante del soplador, de acuerdo a las instrucciones de arranque y estabilización.
- Verificación de la instalación del equipo sea completa.
- Revisión de la alineación del ventilador y motor.
- Revisión de la lubricación del soplador de acuerdo al manual del fabricante.
- Verificación del suministro de corriente eléctrica a los arrancadores.
- Verificación de la limpieza del sistema de lubricación, incluyendo limpieza química.
- Circulación de lubricante para la verificación de flujo y temperatura.
- Verificación del apriete de tornillos.
- Verificación de rotación libre.
- Verificación de las tuberías estén libres de esfuerzos.
- Preparación de corridas en una carga.
- Operación con el motor desacoplado.
- Verificación del alineamiento.
- Verificación del sistema de venteos.
- Operación en vacío para la verificación de la vibración y calentamiento de rodamientos.
- Operación bajo carga.

Equipo de proceso

Líneas de proceso.

- Verificación de la tubería, deberá estar totalmente limpia de basura y residuos.
- Verificación del lavado de las líneas con agua y drenadas. Las líneas lavadas que no se puedan frenar libremente deberán de ser sopladas y limpiadas con aire.
- Verificación de los cabezales de aire de instrumentos deben de ser cuidadosamente barridos con aire seco libre de aceite.

Revisión de instrumentación.

- Verificación de todos los sistemas de transmisión de cada instrumento después de la Instalación.
- Remoción de las restricciones de embarque, tales como tapones, cubiertas protectoras, que han sido aplicadas para protección de las partes críticas.
- Verificación de la continuidad del circuito desde el tablero de control al instrumento Instalado en campo y del instrumento al tablero de control.
- Pruebas del sistema de aire de todas las válvulas de accionamiento neumático.
- Verificación de la calibración de los manómetros.

5.3.2. ARRANQUE DEL EQUIPO ELECTROMECAÁNICO.

En general antes del arranque de los equipos se verificó la lubricación de todas las conexiones al motor y dispositivos de arranque, se verificó el nivel de aceite; la rotación y alineación de los motores así como las líneas de suministro de corriente fueran las correspondientes para proceder, como se describe a continuación al arranque de los equipos electromecánicos.

Arranque de bombas centrifugas.

- Verificar que la tubería de descarga está apropiadamente soportada y no hay exceso de carga en la brida de descarga de la bomba.
- Asegurar que todas las válvulas operan libremente y están instaladas apropiadamente en la dirección del flujo, con el rango de presión adecuado.
- Revisar la ruta de bombeo y que el sistema esté alineado para la prueba.
- Verificar que el suministro de agua de prueba sea suficiente para el bombeo continuo de por lo menos diez minutos.
- Verificar la limpieza del fluido, tubería, cárcamo y bomba para el arranque.

Arranque de bombas dosificadoras.

- Comprobar la fijación de la bomba al soporte.
- Poner en marcha la bomba para verificar el sentido de rotación del motor. Debe corresponder al indicado por la flecha en el cárter de la bomba. Para invertir el sentido de rotación del motor, el técnico electricista deberá invertir las conexiones eléctricas

Arranque de Sopladores.

- Checar los niveles de aceite antes del arranque.
- Verificar que todas las conexiones estén apretadas y los conectores herméticos.
- Verificar que la alimentación eléctrica esté conectada. En caso de que no esté conectada, por seguridad cortar el suministro eléctrico en el punto de conexión, antes de conectar la secadora.
- La válvula corriente arriba y corriente debajo de la secadora deben de estar cerradas antes de que el soplador sea arrancado.
- El soplador no debe de presurizarse hasta que su instalación este completa.
- El soplador debe de estar en operación estable.
- Evitar variaciones bruscas de presión, se puede dañar el soplador.
- Abrir lentamente la válvula corriente abajo y verificar la presión en los manómetros en el soplador.
- Abrir lentamente la válvula corriente arriba y verificar la presión en los manómetros en el soplador.

Arranque del proceso del proceso terciario.

- La primera actividad para iniciar el arranque de la planta consiste en la alineación correcta de las válvulas del sistema.



- Verificar que el tanque de contacto de ozono (TCO-510) esté completamente inundado.
- Verificar el seccionamiento correcto de las válvulas de los equipos involucrados en el proceso.
- Una vez realizada y verificada la alineación de válvulas se procederá a la puesta en marcha de las bombas centrifugas en operación.
- Verificar que las válvulas de admisión y expulsión de aire de los filtros a presión funcionen correctamente.
- Permitir que los tanques de filtración se inunden y alcancen la presión de operación normal. Una vez alcanzada la presión normal de operación sea estable en los filtros a presión, se procederá a la puesta en marcha del sistema de dosificación del floculante en línea, encendiendo la bomba dosificadora.

5.4. CIERRE DEL PROYECTO.

Las pruebas de arranque se realizaron a finales del año 2016, por lo que durante el año 2017 la planta de tratamiento de aguas residuales procedió a su operación y estabilización del sistema de tratamiento. Durante este periodo se implementó un sistema de dos líneas de succión de aire y un desnatador en el cárcamo de sedimentación secundaria, permitiendo así lograr una recirculación aceptable y la purga diaria de lodos.

Para Octubre del año 2017 la planta de tratamiento estimó un tiempo de 4 meses para trabajar completamente entregando así al SACMEX la planta de tratamiento de aguas residuales “Valle Verde” con fines de recarga a mantos acuíferos.



Fig.No.35. Fachada de la PTAR “Valle Verde”



Fig.No.36. Vista aérea de la PTAR "Valle Verde"



Fig.No.37. Inyección profunda de Agua residual con tratamiento terciario para la recarga al manto acuífero.



Fig.No.38. Disposición final de Lodos.



CONCLUSIONES

CONCLUSIONES.

En el presente trabajo se dio el seguimiento a la documentación que conforma un proyecto de ingeniería, en el cual se plasmó la problemática existente, el objetivo del proyecto así como los alcances del mismo, desarrollando la estructura desglosada de trabajo (WBS, por sus siglas en inglés) dividiendo la carga de trabajo en cada una de las áreas correspondientes de la ingeniería para poder llevar a cabo la construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales “Valle Verde”.

Se reportaron los componentes generales de la ingeniería básica y la ingeniería de detalle que conforma a la PTAR, conjuntando la revisión de los diagramas de flujo de procesos (DFP), los diagramas de tubería e instrumentación (DTI) y el plano de localización general de equipos (PLG) que permitió dar el seguimiento de los planos contra la construcción y el montaje.

Además se revisó y desglosó la memoria de cálculo, las listas de: líneas, instrumentación, motores y de equipos que conforman al tren de tratamiento permitiendo identificar el equipamiento e instrumentación de la planta. Reportando de esta manera la puesta en marcha de la planta de acuerdo al protocolo de comisionamiento.

La ingeniería realizada se basó en las siguientes normas más generales:

- **NOM-003-SEMARNAT-1997.** En la cual establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reúsen en servicios al público.
- **NOM-014-CONAGUA-2003,** que establece los requisitos para la recarga artificial de acuíferos con agua residual tratada.
- **NOM-127-SSA1-1994.** Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano. Indica los límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización.



- **NOM-015.CONAGUA.2007.** Se refiere a la infiltración artificial de agua a los acuíferos. Características y especificaciones de las obras y del agua.
- **NOM-004-SEMARNAT-2002.** Que hace referencia a la protección ambiental, lodos y biosólidos. Indica las especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final.

Cumpliendo por lo tanto con los objetivos del presente trabajo de tesis, reportando y dando el seguimiento a la ingeniería del proyecto durante el periodo del 2015 al 2017, basada en la construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales con fines de recarga a los Mantos acuíferos llamada “Valle Verde” ubicada en la delegación Tlalpan la cual se diseñó para procesar un caudal de 5 lps.

Concluyendo de esta manera que la construcción de la PTAR “Valle Verde” es un proyecto que aplicó una ingeniería sustentable, que consideró las políticas ambientales y aplicó tecnologías ahorradoras de energía que optimizaron el proceso de tratamiento.



ANEXO

BIBLIOGRAFÍA

La bibliografía utilizada durante la elaboración de la tesis fue la siguiente:

1. Albarrabán N., José; Roque Gala M. (2015). Notas para Ingenieros de Proyecto. Planeación de Proyectos de Ingeniería. Editorial Limusa.
2. Cisneros, Blanca E. Jiménez. (1995). Filtración del Agua. Series del Instituto de ingeniería, UNAM.
3. Comisión Nacional del Agua. (2013). Manual de Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales Utilizados en Japón.
4. Corzo, Miguel Ángel. (1994). Introducción a la Ingeniería de Proyectos. Editorial Limusa.
5. Hilleboe E. Herman (2006). Departamento de Sanidad del Estado de Nueva York, Albany. Manual de Tratamiento de Aguas. México, Editorial Limusa.
6. Far; Geyer; Okun. (2002). Abastecimiento de Aguas y Remoción de Aguas Residuales. Ingeniería Sanitaria y de Aguas Residuales 1. México, Editorial Limusa.
7. Far-Geyer; Okun (2005). Purificación de Aguas y Tratamiento y Remoción de aguas Residuales. Ingeniería Sanitaria y de Aguas Residuales 2. México, Editorial Limusa.
8. González, Marcos; Alba Elías, Ordieres Joaquín. (2014). Ingeniería de Proyectos. 1ra edición, Editorial Dextra.
9. Isla de Juana, Ricardo. (2005). Proyectos de una Planta de Tratamiento de agua: Aguas de Proceso, Residuales y de Refrigeración. Editorial Bellisco.
10. Maskew; Fair Gordon y Geyer J. Charles. (2008). Ingeniería Sanitaria de Aguas Residuales. Editorial Limusa.
11. Metcalf & Eddy. (1995). Ingeniería de Aguas Residuales. Tratamiento, Vertido y Reutilización. Volumen 1. Editorial Mc.Graw Hill, 3ª Edición.

12. Metcalf & Eddy. (1985). Tratamiento y depuración de las Aguas Residuales. España, Editorial Labor S.A.
13. Noyola, Adalberto; Morgan J. Manuel; Guereca Patricia. (2013). Selección de Tecnologías Para el Tratamiento de Aguas Residuales Municipales. Guía de Apoyo para Ciudades Pequeñas y Medianas. Instituto de Ingeniería, UNAM.
14. Ramalho, Rubens S. (2003). Tratamiento de aguas residuales. España, Editorial Reverte S.A.
15. Romero, Rojas Jairo Alberto. (1999). Potabilización del agua. México, Editorial Alfaomega, 3ra. Edición.
16. Santos, Fernando. (2002). Ingeniería de Proyectos. 2da. Edición. Universidad de Navarra.
17. Sistema de Aguas de la Ciudad de México. (Octubre - Diciembre 2014). "El agua en las ciudades inteligentes". *H₂O Gestión del Agua. Revista auxiliar de difusión del SACMEX dirigida a la población y profesionales interesados en el sector agua.*
18. Sistema de Aguas de la Ciudad de México. (Abril – Junio 2016). "Estrategias para la sustentabilidad del acuífero del Valle de México". *H₂O Gestión del Agua. Revista auxiliar de difusión del SACMEX dirigida a la población y profesionales interesados en el sector agua.*
19. Sistema de Aguas de la Ciudad de México. (Julio- Septiembre 2016). "Problemas del actual modelo de gestión". *H₂O Gestión del Agua. Revista auxiliar de difusión del SACMEX dirigida a la población y profesionales interesados en el sector agua.*
20. Sistema de Aguas de la Ciudad de México. (Abril – Junio 2017). "TEO: Costos y tiempos razonables". *H₂O Gestión del Agua. Revista auxiliar de difusión del SACMEX dirigida a la población y profesionales interesados en el sector agua.*
21. Valencia, Jorge Arboleda. (1992). Teoría y Práctica de la Purificación del Agua. 3a Edición, Tomo II, Editorial Mc Graw Hill.

22. Weber, J. Waier, J.R. (2003). Control de la Calidad del Agua. Procesos Fisicoquímicos. España, Editorial Reverté.
23. Instituto Nacional de estadística y geografía. (Febrero 2017). Recuperado de: [[http://www.beta.inegi.org.mx/.](http://www.beta.inegi.org.mx/)]
24. Comisión Nacional del agua. (Noviembre 2016). Recuperado de: [<https://www.gob.mx/conagua>].
25. Sistema de Aguas de la Ciudad de México. (Diciembre, 2016). Recuperado de: [<http://www.sacmex.cdmx.gob.mx/>].
26. NOM-014-CONAGUA-2003. (Enero 2017). Requisitos para la recarga artificial de acuíferos con agua residual tratada. Recuperado de: [http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5105753&fecha=18/08/2009].
27. NOM-003-ECOL-1997. (Mayo 2017). Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reúsen en servicios al público. Recuperado de: [<http://www.ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Federal/wo69207.pdf>].
28. NOM-015-CONAGUA-2007. (Marzo 2017). Infiltración artificial de agua a los acuíferos. Características y especificaciones de las obras y del agua. Recuperado de: [<http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Contenido/Documentos/NOM-015-CONAGUA2007.pdf>].
29. NOM-127-SSA1-1994. (Marzo 2017). Salud ambiental, agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización. Recuperado de: [<http://www.ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Federal/wo69543.pdf>].
30. NOM-004-SEMARNAT-2002. Protección ambiental Lodos y biosólidos. Especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final. Recuperado de: [http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=691939&fecha=15/08/2003].

