



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE INGENIERÍA

**“PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO PARA LA
AMPLIACIÓN DE LA CAPACIDAD DE UNA
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA
RESIDUAL DE LA INDUSTRIA ALIMENTICIA”**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

I N G E N I E R O C I V I L

P R E S E N T A N :

JUAN CARLOS CORTÉS MARTÍNEZ

JORGE ESTEBAN MEDELLÍN SANTÍN

JOSÉ EMILIO ORDÓÑEZ LAGO

JORGE SANTIAGO VARGAS



ASESOR: ING. NARCISO TALAMANTES CHÁVEZ

Ciudad Universitaria, D. F.

Abril 2007

**“PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO
PARA LA AMPLIACIÓN DE LA
CAPACIDAD DE UNA PLANTA DE
TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL
DE LA INDUSTRIA ALIMENTICIA”**

ÍNDICE

ÍNDICE

	<u>Página</u>
INTRODUCCIÓN	9
CAPÍTULO I MARCO NORMATIVO	15
I.1 Leyes que rigen el tratamiento de aguas residuales	23
I.2 Normas que rigen el tratamiento de aguas residuales	27
I.2.1 Especificaciones	30
I.2.2 Métodos de Prueba	35
I.2.3 Verificación	36
I.2.4 Grado de concordancia con Normas y Recomendaciones Internacionales	36
I.3 Leyes que rigen el impacto ambiental para el uso de aguas residuales	37
CAPÍTULO II IMPACTO AMBIENTAL	45
II.1 Normatividad	46
II.2 Impacto ambiental del reuso de agua residual tratada	64
II.3 Causas generadoras del uso de las aguas residuales en el medio ambiente	70
II.4 Medidas de mitigación a las causas anteriores	76
CAPÍTULO III INGENIERÍA BÁSICA DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO PROPUESTO	87
III.1 Proceso Biológico	88
III.2 Descripción del proceso de tratamiento de aguas residuales	89
III.2.1 Elementos básicos de las instalaciones del proceso de lodos activados	92
III.2.2 Operación básica del sistema	94
III.3 Proceso Físico Químico	96
III.3.1 Operación del sistema	98

	<u>Página</u>
III.4 Filtro Percolador	100
III.5 Tanque Sedimentador	105
III.6 Nueva alineación al tren de tratamiento	106
III.7 Entrega de Agua Tratada	108
 CAPÍTULO IV PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO	 113
IV.1 Alternativas de cimentación	119
IV.1.1 Función de la cimentación	120
IV.1.2 Tipos de cimentación	123
IV.1.2.1 Cimentaciones superficiales	123
IV.1.2.2 Cimentaciones compensadas	129
IV.1.2.3 Cimentaciones profundas	130
IV.2 Elección de la cimentación	134
IV.2.1 Elección de cimentación para la planta de tratamiento	140
IV.3 Análisis estructural de los elementos	141
IV.3.1 Reglamentación del diseño estructural	144
IV.3.2 Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal	147
IV.3.3 Memorias de cálculo	150
IV.3.3.1 Base del equipo de Flotación por Aire Disuelto (Dissolved Air Flotation DAF)	151
IV.3.3.2 Filtro percolador	153
IV.3.3.3 Tanque de Bombeo	155
IV.4 Insumos	157
IV.4.1 Mano de Obra	158
IV.4.2 Materiales	159
IV.4.3 Maquinaria de Construcción	160
IV.4.4 Equipamiento para la planta	160

	<u>Página</u>
CAPÍTULO V PROGRAMACIÓN Y COSTOS	167
V.1 Lineamientos de programación	168
V.2 Catálogo de conceptos	191
V.3 Catálogo de precios unitarios	198
V.4 Presupuesto	217
CAPÍTULO VI CONCLUSIONES	227
ANEXOS	
ANEXO “A” PLANOS	231
ANEXO “B” GLOSARIO DE TÉRMINOS	243
ANEXO “C” INFORME FOTOGRÁFICO	253
BIBLIOGRAFÍA	265

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

El objetivo primordial del presente proyecto es describir el procedimiento constructivo para la ampliación de la capacidad de una planta de tratamiento de agua residual de la industria alimenticia de 8 l/s a 16 l/s para depurar el agua residual que se genera en el área de proceso de producción de la industria alimenticia y que permitan alcanzar las condiciones idóneas para alimentar el efluente al tratamiento de depuración final, el cual se encuentra integrado por un proceso biológico aerobio y junto con la ampliación de la capacidad del tratamiento previo físico-químico (del agua residual industrial, generada por las áreas productivas de la planta industrial alimenticia que se toma como ejemplo para el presente trabajo) generar agua con calidad suficiente para descargar al cuerpo receptor de acuerdo con la normatividad vigente.

Actualmente la República Mexicana se encuentra en la necesidad de incrementar su productividad y desarrollo esto ha llevado a que gran parte de sus recursos naturales renovables se encuentren sumamente deteriorados o incluso en vías de extinción. Esto último ha sido el resultado de un largo proceso del uso irracional y desmedido de los recursos naturales como el agua, la flora y la fauna por parte del ser humano. Es por estas razones que existe la preocupación de proteger los recursos naturales con la ayuda de un marco jurídico que reglamenta, establece normas y medidas de mitigación para la construcción de un gran número de industrias y para la operación de ellas mismas. La Evaluación Ambiental es un proceso sistemático para recolectar y documentar información y puntos de vista sobre las consecuencias ambientales y sociales de las actividades.

En el Capítulo I “Marco Normativo” se abordan los aspectos generales en el cumplimiento de leyes, normas y reglamentos que rigen el tratamiento de agua residual y se establecen estándares y criterios de calidad específicos.

En el Capítulo II “Impacto Ambiental” se mencionan los artículos de la Ley General de Equilibrio Ecológico en materia de Evaluación Ambiental que tienen que ver directamente con la ampliación de la capacidad de la planta de tratamiento de

agua residual de la industria alimenticia, el impacto que provoca el rehusó del agua residual tratada y las principales medidas de mitigación.

Dentro del Capítulo III “Ingeniería Básica del Sistema de Tratamiento Propuesto” se describe principalmente el tren de tratamiento de la ampliación de la capacidad de la planta de tratamiento de agua residual de la industria alimenticia, además de mencionar las características del agua residual sin tratamiento y las características de la misma al hacer la entrega hacia el cuerpo receptor.

En el Capítulo IV “Procedimiento Constructivo” se aborda el proceso constructivo para la edificación de tres estructuras complementarias del tren de actividades de la planta de tratamiento de agua residual, que son:

- 1) Filtro percolador
- 2) Base para soportar el equipo de Flotación por Aire Disuelto (Disolved Air Flotation DAF)
- 3) Tanque de bombeo (tanque RC-02 de la Figura III.7 “Diagrama final para la ampliación de la capacidad de tratamiento biológico” del Capítulo III “Ingeniería Básica del Sistema de Tratamiento Propuesto” de este estudio).

En el Capítulo V “Programación y Costos” se analizarán los lineamientos para llevar a buen término la ampliación de la capacidad de la planta de tratamiento de agua residual de la industria alimenticia, empezando por la programación de obra en donde habrá que formular un listado de las actividades básicas o principales, en donde se tendrá que obtener las cantidades de obra a partir de los planos de diseño de las estructuras o elementos de este proyecto, proponiendo así la duración de cada una de las actividades, en donde intervendrán diversos factores como son: rendimientos, clima, insumos, etc. Destacando el enfoque en los siguientes puntos:

- Construcción de Tanque de Bombeo (Tanque de Recirculación) del tanque Sedimentador al tanque Biológico
- Construcción de Base para equipo de Flotación por Aire Disuelto (Disolved Air Flotation DAF)
- Construcción de Filtro Percolador

En la etapa de costos, en la que se obtendrán los costos básicos para la formulación de los precios unitarios, pasando por los costos de Materiales, Mano de Obra y Maquinaria de Construcción. Para la Mano de Obra se obtuvieron los factores que intervienen para el cálculo del salario real siguiendo los ordenamientos de la Ley Federal del Trabajo, así se llegará a la formulación de un presupuesto que es el documento que traduce los planes en dinero, que corresponde a inversión necesaria para conseguir las actividades programadas.

Se presentan las conclusiones y anexos de planos, un glosario de términos usados en el estudio con la finalidad de dar mayor claridad a los conceptos vertidos, de igual modo se presenta un informe fotográfico y se proporciona una bibliografía que da apoyo a lo tratado en el presente trabajo.

En este trabajo de Tesis no se pretende crear una guía obligada en la construcción de la ampliación de plantas de tratamiento de agua residual, ya que pueden sugerirse otros métodos constructivos, hay que aclarar que esta es solo una alternativa seleccionada para una obra específica.

CAPÍTULO I

MARCO NORMATIVO

CAPÍTULO I

MARCO NORMATIVO

Para iniciar el desarrollo de este capítulo es necesario conocer algunos de los aspectos que sirven como base para considerar en el diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales en el lugar determinado del proyecto tal como son: la cantidad de lluvia, la temperatura, el viento y las características de el agua residual a tratar, por lo que se toma como ejemplo una planta de tratamiento similar localizada en la cercanía a la que se realiza el siguiente estudio y que sirvieron como base para el desarrollo del mismo.

El objetivo primordial del presente proyecto es diseñar y construir la ampliación de la capacidad de una planta de tratamiento de agua residual de la industria alimenticia de 8 l/s a 16 l/s para depurar las aguas residuales que se generan en el área de proceso, y que permitan alcanzar las condiciones idóneas para alimentar el efluente al tratamiento de depuración final, integrado por un proceso biológico aerobio el cual se encargará de generar agua con calidad suficiente para descargar al cuerpo receptor de acuerdo con la normatividad vigente. Los objetivos específicos del proyecto son:

- Elaborar el diseño conceptual del sistema de tratamiento
- Desarrollar el proyecto ejecutivo de la planta de tratamiento
- Construcción, equipamiento y pruebas de la planta de tratamiento

A continuación se presentan algunos de los antecedentes a tomarse en cuenta para determinar el rendimiento óptimo del tratamiento.

La precipitación pluvial se puede analizar en términos de la media anual, media estacional, media diaria, la distribución de este depende de las características y de las condiciones atmosféricas prevalecientes, las principales características de la precipitación son: cantidad, intensidad, frecuencia y duración. La intensidad de la precipitación indicará el impacto de las gotas sobre la superficie de las partículas de suelo, este efecto puede cambiar las tasas de infiltración en la Tabla I.1 “Precipitación Pluvial” se presenta una serie de alturas de precipitación pluvial

**PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO PARA LA AMPLIACIÓN
DE LA CAPACIDAD DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO
DE AGUA RESIDUAL DE LA INDUSTRIA ALIMENTICIA**

para la estación meteorológica de Lechería en el Estado de México, durante un periodo de 10 años (1981-1990) indicándose los promedios mensuales.

TABLA I.1 “PRECIPITACIÓN PLUVIAL”

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1981	21	25	28	42	57	139	186	119	38	78	1	5
1982	0	3	6	11	124	113	173	75	16	76	1	8
1983	21	3	5	0	50	91	237	132	154	35	5	7
1984	8	17	0	3	40	79	156	184	117	42	2	5
1985	2	0	16	81	8	223	152	85	66	20	9	4
1986	0	0	0	32	47	268	65	102	70	26	7	7
1987	0	2	14	27	93	135	126	105	97	0	11	0
1988	1	4	26	42	34	154	140	170	95	8	3	0
1989	1	0	4	9	15	120	84	214	77	13	2	18
1990	11	25	3	34	57	88	168	183	150	0	0	0
PROMEDIO	6.5	7.8	10.1	28.1	52.4	141.1	148.6	137	87.9	33.1	4.3	5.9

Fuente: Comisión Nacional de Ecología Indicadores ambientales INEGI

Conviene tomar en cuenta estas condiciones, ya que seguramente parte de esta agua pluvial se incorporará al drenaje de proceso y drenaje sanitario e impactará las condiciones operativas de la planta de tratamiento. Para los demás meses a excepción de septiembre, se espera que este impacto sea mínimo.

En la Tabla I.2 “Temperatura Media” se presenta un promedio de los registros de la estación meteorológica de Lechería en el Estado de México, durante un periodo de (1981–1990) indicándose los promedios mensuales de la temperatura. Como se puede apreciar el mes donde se presenta una mayor temperatura es el mes de mayo con 17.8 °C. Las condiciones de temperatura son importantes en el diseño de la planta de tratamiento ya que las mayores temperaturas del agua representan las condiciones más desfavorables para difusión del oxígeno y su aprovechamiento por los microorganismos. Al mismo tiempo estas altas temperaturas incrementan la actividad microbiana y por lo tanto el consumo de oxígeno lo que se debe tener en cuenta para diseñar los sistemas de aireación. La actividad de microorganismos en el agua depende directamente de la temperatura por eso es importante su consideración dado que ésta influye también sobre los niveles de la presión.

Es conveniente sin embargo destacar, que las temperaturas del agua no se incrementan y descienden con la misma rapidez y a los mismos niveles que la

temperatura ambiente; lo que algunas veces permite utilizar los valores de temperatura de promedios mensuales.

TABLA I.2 “TEMPERATURA MEDIA”

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1981	10.6	13.6	16.3	17.6	18.4	18.4	17.1	17.3	16.9	16.3	13.0	13.2
1982	13.4	14.0	16.4	18.9	18.3	18.7	16.8	16.9	16.6	15.0	13.5	12.1
1983	10.9	11.5	14.4	18.1	20.0	18.6	17.1	17.1	16.9	15.7	14.4	13.1
1984	12.0	13.2	15.9	18.8	16.4	17.2	16.0	15.7	15.1	15.9	13.0	11.9
1985	12.0	--	15.5	15.3	16.5	16.8	15.7	16.4	16.3	15.1	13.6	12.9
1986	10.6	13.3	13.8	16.7	17.5	17.5	16.1	16.5	17.9	15.6	13.4	12.6
1987	12.3	13.2	15.2	16.0	16.2	17.2	17.1	17.3	17.6	13.6	13.1	13.3
1988	10.9	14.2	15.0	17.3	18.3	17.6	17.3	17.4	15.7	14.3	13.7	12.4
1989	12.6	12.5	13.6	15.3	17.9	17.6	16.8	16.5	15.8	13.3	13.0	11.0
1990	12.6	13.0	13.9	16.5	18.0	17.4	16.1	16.0	16.2	--	--	--
PROMEDIO	11.8	13.2	15.0	17.1	17.8	17.7	16.6	16.7	16.5	15.0	13.4	12.5

Fuente: Comisión Nacional de Ecología Indicadores ambientales INEGI

Por lo tanto se considera conveniente que las condiciones más desfavorables para transferencia de oxígeno serán con una temperatura de 20°C y la actividad biológica se estime con una temperatura de 10.6°C. Tomando en cuenta que el sistema de aireación por sopladores y difusores, incrementa la temperatura del líquido aireado, se utilizarán entonces temperaturas 5°C por arriba de estos valores extremos.

Como se puede apreciar en la Tabla I.3 “Dirección de Vientos en la Zona de Estudio” los vientos en la zona de estudio primordialmente se presentan del suroeste. En el diseño de las plantas de tratamiento de aguas residuales, el factor de viento influye ya que de presentarse malos olores estos serían acarreados por los vientos dominantes. Para el caso específico de la planta de tratamiento, la condición de tanque de aireación y digestor en unidades cerradas, disminuye sustancialmente esta posibilidad; y aunque se dieran estos malos olores estos serían arrastrados hacia la zona industrial mezclándose con otros olores del área. Por lo que se estima que no habrá ningún efecto negativo originado por arrastre. Actualmente una planta industrial genera aguas residuales de sus distintas etapas de fabricación, dichas descargas serán canalizadas a hacia un proceso de tratamiento para la remoción principalmente de grasas y aceites, denominado Flotación con Aire Disuelto (Disolved Air Flotation DAF).

**PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO PARA LA AMPLIACIÓN
DE LA CAPACIDAD DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO
DE AGUA RESIDUAL DE LA INDUSTRIA ALIMENTICIA**

TABLA I.3 “DIRECCIÓN DE VIENTOS EN LA ZONA DE ESTUDIO”

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1981	SW ¹	SW ¹	SW ¹	SW ¹	SW ¹	NE ¹	NE ¹	SW ¹	N ¹	SW ¹	SW ¹	SW ¹
1982	SW ¹	SW ¹	SW ¹	SW ¹	W ¹	W ¹	W ¹	W ¹	W ¹	SW ¹	SW ¹	SW ¹
1983	SW ¹	SW ²	SW ¹	SW ¹	--	SW ¹	NE ¹	SW ¹	W ¹	N ¹	SW ¹	W ¹
1984	SW ¹	--	SW ¹	SW ¹	S ¹	SW ¹	NE ¹	SW ¹	W ¹	SW ¹	S ¹	S ¹
1985	SW ¹	S ¹	S ¹	SW ¹	SW ¹	W ¹	SW ¹	W ¹	S ¹	W ¹	SW ¹	SW ¹
1986	SW ¹	SW ¹	SW ¹	W ¹	--	--	W ¹	N ¹	N ¹	SW ¹	SW ¹	SW ¹
1987	SW ¹	SW ¹	SW ¹	W ¹	W ¹	N ¹	NE ¹	NE ¹	S ¹	W ¹	W ¹	W ¹
1988	SW ¹	SW ¹	SW ¹	W ¹	W ¹	W ¹	W ¹	SW ¹	SW ¹	SW ¹	SW ¹	SW ¹
1989	SW ¹	SW ¹	SW ¹	W ¹	W ¹	W ¹	W ¹	W ¹	NE ¹	W ¹	W ¹	W ¹
1990	SW ¹	SW	W ¹	W ¹	W ¹	W ¹	W ¹	W ¹	W ¹	--	--	--

Fuente: Comisión Nacional de Ecología Indicadores ambientales INEGI

El proceso de Flotación con Aire Disuelto fue desarrollado en países escandinavos en el año de 1924 para recuperar fibras en la industria del papel y actualmente es reconocido como una opción muy económica y muy eficiente para la separación y la remoción de sólidos, iones, microorganismos, reducción de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) y la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO) y en espesar los lodos.

TABLA I.4 “CARACTERIZACIÓN PLANTA DE TRATAMIENTO EFLUENTES”

ENTRADA		MES					
Parámetro	Unidad	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO
Demanda química de oxígeno	mg/l	16,063.60	36,391.80	22,648.00	10,722.90	13,784.54	18,738.29
Sólidos suspendidos totales	mg/l	4,830.00	8,588.75	4,384.30	3,168.64	3,497.15	6,029.66
Grasas y aceites	mg/l	5,159.40	8,469.46	6,366.70	3,104.29	4,348.16	4,552.71
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/l	6,955.50	14,167.50	10,848.60	5,343.38	4,855.56	7,582.02
Factor de biodegradabilidad		0.5	0.41	0.49	0.52	0.34	0.44
SALIDA		MES					
Parámetro	Unidad	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO
Demanda química de oxígeno	mg/l	1,565.10	2,285.33	2,942.49	1,619.08	1,982.26	2,116.69
Sólidos suspendidos totales	mg/l	500.3	205	676.82	202.54	130.5	201.42
Grasas y aceites	mg/l	400.4	196.2	729.05	345.61	541.05	174.14
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/l	951.7	1,302.75	1,851.64	1,087.14	912.12	1,488.96
Factor de biodegradabilidad		0.6	0.58	0.59	0.59	0.39	0.7

Fuente: Comisión Nacional de Ecología Indicadores ambientales INEGI

La flotación por aire disuelto es el tercer sistema. Se basa en el principio de la solubilidad del aire en el agua sometida a presión. Consiste fundamentalmente en someter el agua bruta ya floculada a presión durante cierto tiempo en un recipiente, introduciendo simultáneamente aire comprimido y agitando el conjunto por diversos medios, hasta lograr la dilución del aire en el agua. Posteriormente despresuriza el agua en condiciones adecuadas, desprendiéndose gran cantidad de micro burbujas de aire. Estas se adhieren a los flóculos en cantidad suficiente para que su fuerza ascensional supere el reducido peso de los flóculos, elevándolos a la superficie, de donde son retirados continua o periódicamente, por distintos medios mecánicos. Con objeto de ahorrar energía por un lado y por otro para evitar al máximo la posible destrucción de flóculos en el turbulento proceso de creación de micro burbujas, normalmente no se presuriza el caudal total de tratamiento, sino un caudal parcial de agua clarificada recirculada suficiente para crear las micro burbujas necesarias para el proceso. La industria, ha llevado a cabo un seguimiento de las características de las aguas residuales antes y después de su tratamiento, las cuales se presentan en la Tabla I.4.

“Caracterización Planta de Tratamiento Efluentes”

El propósito principal del tratamiento del agua de desecho es remover lo más posible las partículas sólidas que se encuentran suspendidas antes de que esta agua, llamada efluente, sea descargada de nuevo al ambiente o integrada nuevamente al proceso. Al pudrirse el material sólido, consume oxígeno, el cual es necesario para la subsistencia de las plantas y animales que viven en el agua. "El tratamiento primario" remueve cerca del 60 % de partículas sólidas suspendidas en las aguas de desecho. Este tratamiento involucra también el airear (agitar el agua) con objeto de volver a añadir el oxígeno de nuevo. El tratamiento secundario remueve más del 90 % de las partículas sólidas suspendidas. Muy frecuentemente se agrega cloro al tratamiento de agua para matar la bacteria.

La fabricación de estos productos genera necesariamente aguas residuales que deben ser descargadas al cuerpo receptor bajo la normatividad ambiental vigente. En la Figura I.1 “Descargas de Aguas Residuales en la Planta Industrial” se identifican las principales líneas de agua residual generada, identificando gastos y

características fisicoquímicas medidos o estimados y que servirán de base para el diseño de los procesos de tratamiento. En la Tabla I.5 “Caracterización Fisicoquímica de los Efluentes” se identifican algunas características fisicoquímicas de las cuatro principales descargas de las aguas residuales actualmente en funcionamiento. Se identifican por lo tanto, cuatro áreas de proceso principales como sigue:

- Refinería: Se refiere al proceso industrial de refinación de los aceites comestibles que dan como resultado el aceite purificado que es envasado para su comercialización y una serie de impurezas de naturaleza grasosa que son separadas y descargadas en las aguas residuales.
- Margarinas: En un proceso similar de producción, se obtiene la margarina purificada para su consumo e impurezas igualmente de naturaleza grasosa que se incorporan al torrente de aguas residuales.
- Cocinas: Área de proceso industrial donde se generan aguas residuales es las denominadas cocinas, debido a que en este sitio se realiza la preparación y cocción de productos como la salsa de jitomate, mermeladas, aderezos de ensaladas y los betunes. La principal actividad generadora de aguas residuales, es el lavado y limpieza de equipos e instalaciones, se considera en este caso los residuos de materia orgánica de los alimentos, aceites, ácidos orgánicos, detergentes utilizados en la limpieza y algunos productos sanitarios requeridos por el departamento de control de calidad. Aunque no se contempla un problema severo con estos productos, se recomienda que a futuro se utilicen en la medida de lo posible detergentes y productos sanitarios biodegradables.
- Envasado: Donde se incorporan productos a sus envases como son: aceite, aderezos, betunes, mermelada, vinagre, manteca, salsa de jitomate y jarabes de proceso: En esta área se generan desechos líquidos de actividades de limpieza de los envases a granel, equipos y las propias instalaciones. Las aguas residuales contienen pequeñas porciones de materia orgánica, sales, grasas y aceites de los productos fabricados y proteínas. Los volúmenes generados en esta área son pequeños, aunque

se nota la presencia de grasas y aceites y altas concentraciones de materia

- Orgánica (Demanda Bioquímica de Oxígeno; Demanda Química de Oxígeno) como se muestra en la Tabla I.5 “Caracterización Físicoquímica de los Efluentes”

Estas dos descargas son canalizadas a un cárcamo de bombeo común desde donde son conducidas a un proceso de tratamiento para remoción principalmente de grasas y aceites, en un esquema que actualmente no alcanza las eficiencias deseadas, pero que se está adecuando para alcanzar una eficiente remoción de estos compuestos. El proceso de tratamiento en este caso es la denominada Flotación con Aire Disuelto (Disolved Air Flotation DAF), utilizando dos equipos fabricados en acero inoxidable de manufactura extranjera y que se identifican en buenas condiciones, son equipos de calidad que seguramente podrán ser acondicionados para alcanzar las eficiencias de tratamiento deseadas.

TABLA I.5 “CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LOS EFLUENTES”

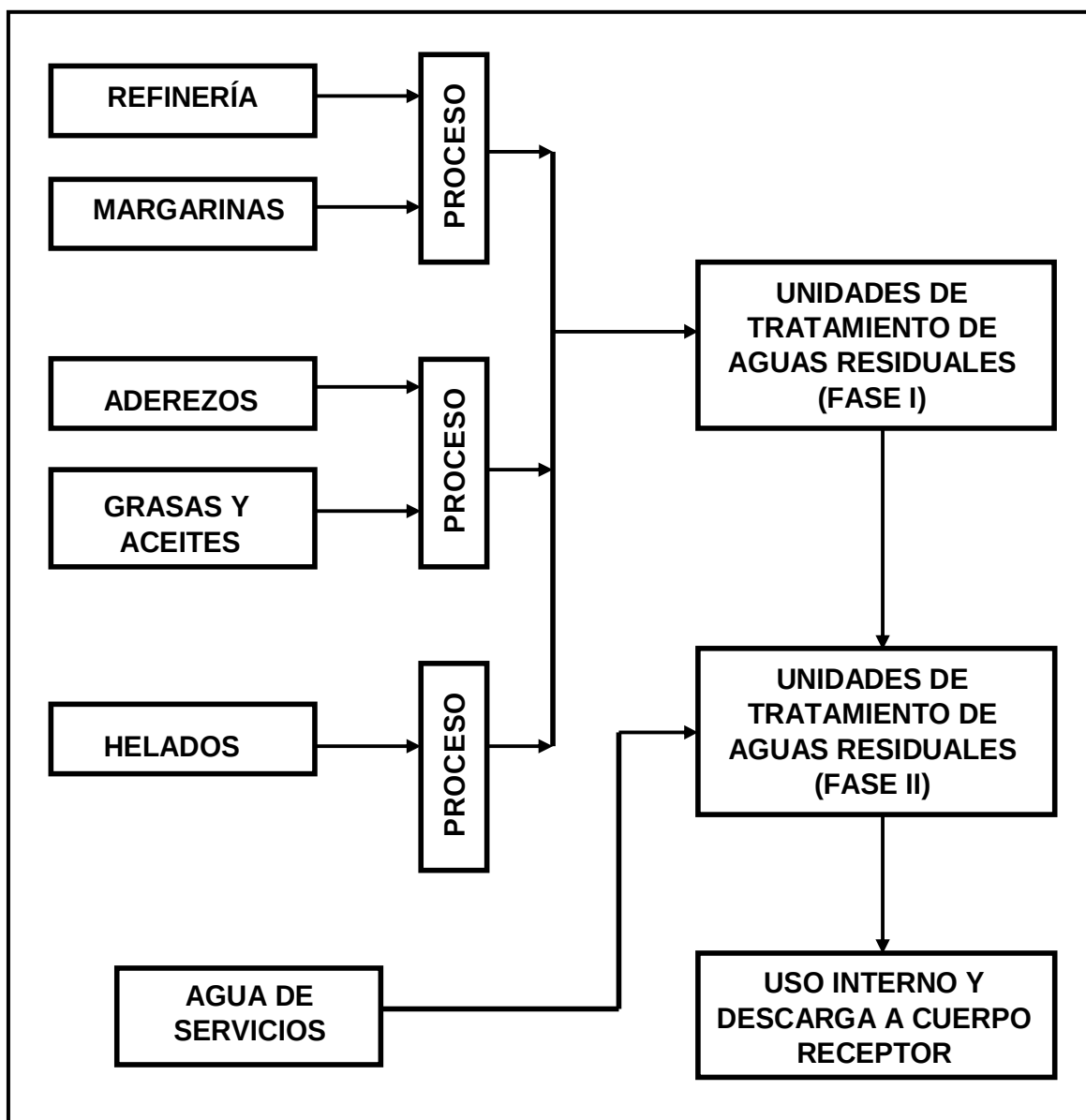
PARÁMETRO	UNIDADES	DESCARGA			
		ENVASADO	COCINAS	REFINERÍA	MARGARINAS
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	ppm	3,625.62	2,406.96	16,962.39	7,602.26
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	ppm	2,338.04	1,710.57	11,448.15	5,387.68
Sólidos Totales	ppm	3,152.64	1,601.07	10,055.61	6,831.95
Sólidos Suspendidos	ppm	989.79	290.98	2,008.04	1,083.78
Nitrógeno Total	ppm	11.62	9.56	212.05	12.85
Grasas y Aceites	ppm	758.77	82.33	7,075.33	1,862.65
Fósforo Total	ppm	82.78	27.13	191.58	145.07
pH	upH	5.97	5.85	8.24	7.24
Gasto	%	15.52	11.8	68.34	4.35

Fuente: Comisión Nacional de Ecología Indicadores ambientales INEGI.

Cabe hacer notar, que en las instalaciones de la planta industrial alimenticia, se puede identificar que las aguas residuales generadas en estas dos áreas de proceso, se incorporan a trincheras donde existe la posibilidad de que ingresen pequeños volúmenes de agua de lluvia, así como algunos derrames accidentales o por limpieza de los silos de almacenamiento de la materia prima. Esto obliga a considerar que el diseño de un sistema de tratamiento debe realizarse de forma

conservadora para manejar sin problema estos pequeños incrementos en caudal y carga orgánica.

**FIGURA I.1 “DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES
EN LA PLANTA INDUSTRIAL”**



El objetivo principal de las empresas es maximizar sus ganancias. Para lograrlo deben encontrar el punto óptimo en los insumos, que le permita producir al máximo, en forma eficiente y con la más alta tasa de rendimiento y calidad. Esto equivale a decidir la producción con base en el conjunto de insumos que

minimicen el costo total del producto. En los últimos años se ha hecho más hincapié en mejorar los medios de eliminación de los residuos sólidos producidos por los procesos de depuración. Los principales métodos de tratamiento de las aguas residuales industriales tienen tres fases: el tratamiento primario, que incluye la eliminación de arenillas, la filtración, el molido, la floculación (agregación de los sólidos) y la sedimentación; el tratamiento secundario, que implica la oxidación de la materia orgánica disuelta por medio de lodo biológicamente activo, que seguidamente es filtrado; y el tratamiento terciario, en el que se emplean métodos biológicos avanzados para la eliminación del nitrógeno, y métodos físicos y químicos, tales como la filtración granular y la adsorción por carbono activado. La manipulación y eliminación de los residuos sólidos representa entre un 25 y un 50% del capital y los costos operativos de una planta depuradora.

I.1 LEYES QUE RIGEN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Para un proceso de tratamiento de aguas residual completo, los problemas que pueden plantearse y las posibles soluciones y alternativas para su resolución así como la dimensión de una planta de tratamiento de aguas residuales se deben regular los diferentes tipos de contaminación en aguas su metodología de estudio, los posibles tratamientos aplicables y la legislación que los regula. Las leyes que rigen el tratamiento de aguas residuales, pasan de lo general a lo particular por lo que se debe comenzar por lo que establece el Artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, la propiedad de las tierras y aguas comprendidas dentro de los límites del territorio nacional, corresponde originariamente a la nación, la cual ha tenido y tiene el derecho de transmitir el dominio de ellas a los particulares, constituyendo la propiedad privada. Por lo que cualquier cuerpo de agua que se encuentre dentro del territorio incluyendo los lugares donde se realice la descarga de aguas residuales se considera aguas nacionales de ahí establece que la capacidad para adquirir el dominio de las tierras y aguas de la nación, se regirá por lo que establece la Ley de Aguas Nacionales. Para poder hablar del tratamiento de las aguas residuales en México, es necesario conocer la administración de este recurso, las leyes que rigen son en primera instancia la Ley de Aguas Nacionales que establece la responsabilidad

que debe de cumplir las personas físicas o morales que efectúen descargas de aguas residuales los cuales están sujetos a cumplir con lo establecido en dicha ley. Para poder tener acceso al uso del agua así como para la descarga de aguas residuales se requiere de una concesión y un permiso de descarga, ambos son expedidos por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) los cuales se inscriben en el registro de derechos de agua. La Ley de Recaudación de Derechos establece el pago por derechos de explotación o aprovechamiento, así como por las descargas de aguas residuales en base a la Ley de Ingresos de la Federación y se establecerán los pagos por estos conceptos, mismos que serán destinados a la eficiencia y mejoramiento de la infestructura. Las aguas residuales en México son de composición variada provenientes de las descargas de usos municipales, industriales, comerciales, de servicios, agrícolas, domésticos y en general de cualquier otro uso, así como la mezcla de ellas.

La Ley de Aguas Nacionales establece la responsabilidad que deben de cumplir las personas físicas o morales que efectúen descargas de aguas residuales, los cuales están sujetos a cumplir con lo establecido en dicha ley. Las aguas residuales en México son de composición variada provenientes de las descargas de usos municipales, industriales, comerciales, de servicios, agrícolas, domésticos y en general de cualquier otro uso, así como la mezcla de ellas. Las aguas por sus características tiene la siguiente definición:

Aguas Costeras: Son las aguas de los mares territoriales en la extensión y términos que fija el derecho internacional; así como las aguas marinas interiores, las lagunas y esteros que se comuniquen permanente o intermitentemente con el mar.

Aguas Nacionales: Son las aguas propiedad de la Nación, en los términos del párrafo quinto del artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.

Aguas Residuales: Corresponden a las aguas de composición variada proveniente de las descargas de usos municipales, industriales, comerciales, de servicios, agrícola, pecuaria, doméstica, incluyendo fraccionamientos y en general de cualquier otro uso, así como la mezcla de ellas.

Aguas Pluviales: Son aquellas que provienen de lluvias, se incluyen las que provienen de nieve y granizo.

Bienes Nacionales: Son los bienes cuya administración está a cargo de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) en términos del artículo 113 de la Ley de Aguas Nacionales.

Carga Contaminante: Es la cantidad de un contaminante expresado en unidades de masa por unidad de tiempo, aportada en una descarga de aguas residuales.

Condiciones Particulares de Descarga: Se refiere a el conjunto de parámetros físicos, químicos y biológicos y de sus niveles máximos permitidos en las descargas de agua residual, determinados por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) para el responsable o grupo de responsables de la descarga o para un cuerpo receptor específico, con el fin de preservar y controlar la calidad de las aguas conforme a la Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento.

Contaminantes Básicos: Son aquellos compuestos y parámetros que se presentan en las descargas de aguas residuales y que pueden ser removidos o estabilizados mediante tratamientos convencionales. En lo que corresponde a esta Norma Oficial Mexicana (NOM) sólo se consideran los siguientes: Grasas y Aceites, Materia Flotante, Sólidos Sedimentables, Sólidos Suspendidos Totales, Demanda Bioquímica de Oxígeno₅, Nitrógeno Total (las concentraciones de Nitrógeno, de Nitritos y de Nitratos, Expresadas como mg/l de Nitrógeno), Fósforo Total, Temperatura y pH.

Contaminantes Patógenos y Parasitarios: Son aquellos microorganismos, quistes y huevos de parásitos que pueden estar presentes en las aguas residuales y que representan un riesgo a la salud humana, flora o fauna. En lo que corresponde a esta Norma Oficial Mexicana (NOM) sólo se consideran los coliformes fecales y los huevos de helminto.

Cuerpo Receptor: Son las corrientes, depósitos naturales de agua, presas, cauces, zonas marinas o bienes nacionales donde se descargan aguas residuales, así como los terrenos en donde se infiltran o inyectan dichas aguas cuando puedan contaminar el suelo o los acuíferos.

Descarga: Es la acción de verter, infiltrar, depositar o inyectar aguas residuales a

un cuerpo receptor en forma continua, intermitente o fortuita, cuando éste es un bien del dominio público.

Embalse Artificial: Es el vaso de formación artificial que se origina por la construcción de un bordo o cortina y que es alimentado por uno o varios ríos o agua subterránea o pluvial.

Embalse Natural: Es el vaso de formación natural que es alimentado por uno o varios ríos o agua subterránea o pluvial.

Estuario: Es el tramo del curso de agua bajo la influencia de las mareas que se extiende desde la línea de costa hasta el punto donde la concentración de cloruros en el agua es de 250 mg/l.

Humedales Naturales: Son las zonas de transición entre los sistemas acuáticos y terrestres que constituyen áreas de inundación temporal o permanente, sujetas o no a la influencia de mareas, como pantanos, ciénegas y marismas, cuyos límites los constituyen el tipo de vegetación hidrófila de presencia permanente o estacional; las áreas donde el suelo es predominantemente hídrico; y las áreas lacustres o de suelos permanentemente húmedos, originadas por la descarga natural de acuíferos.

Límite Máximo Permisible: Es aquel valor o rango asignado a un parámetro, el cual no debe ser excedido en la descarga de aguas residuales.

Metales Pesados y Cianuros: Son aquellos que, en concentraciones por encima de determinados límites, pueden producir efectos negativos en la salud humana, flora o fauna. En lo que corresponde a esta Norma Oficial Mexicana (NOM) sólo se consideran los siguientes: arsénico, cadmio, cobre, cromo, mercurio, níquel, plomo, zinc y cianuros.

Muestra compuesta: Es la que resulta de mezclar un número de muestras simples, Para conformar la muestra compuesta, el volumen de cada una de las muestras simples deberá ser proporcional al caudal de la descarga en el momento de su toma.

La Ley de Aguas Nacionales establece las reglas y condiciones para el otorgamiento de las concesiones para explotación, uso o aprovechamiento de las aguas nacionales. Es de reconocer la importancia del agua como un bien esencial

para todas las personas. El agua es indispensable para la realización de diversas actividades económicas en la industria, y especialmente para el consumo humano. Por lo que por sus características especiales, por ejemplo que cubren grandes extensiones y que fluyen de un lugar a otro, es necesario pensar que debe ser considerado como un “bien de todos” y que no es posible apropiarse de ella. Con el crecimiento de las regiones urbanas, los problemas de escasez y contaminación del agua han cobrado una importancia fundamental el tratamiento pues se supone equivocadamente que este recurso puede obtenerse sin sacrificio alguno. La solución de tales problemas depende de que la población comprenda que el agua es un bien deseable y escaso, y que para su utilización requiere realizar un sacrificio económico.

I.2 NORMAS QUE RIGEN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

En México, el uso del agua ha estado relacionado históricamente a la idea de que, por ser propiedad del estado, se trata de un recurso cuya disposición hacia los ciudadanos debe ser un derecho constitucional, este concepto proviene de las reformas a la tenencia de la tierra establecidas en el artículo 27 de la Constitución Política Mexicana de 1917. Desde el año de 1988, México ha pasado por un proceso de modificación y actualización de leyes que regulan la distribución del agua y calidad. hoy, las reformas recientes promueven el establecer derechos privados sobre el uso del agua que permitan un análisis de costo-beneficio en la aplicación de las normas de regulación que apoyen la idea de que el cuidado del medio ambiente también merece representación legal. Asimismo, se ha puesto mayor énfasis en varias medidas para la conservación del agua, incluidas las relativas a su reuso. Estos cambios han creado una atmósfera que hoy permite que las leyes y reglamentos relativos al agua puedan ser reformados de manera más ágil y más racional que en el pasado. De tal modo para la disposición de estas existen normas oficiales en México, ya que es necesario regular las descargas de aguas residuales en la industria, y también en otros sectores, para así lograr una protección consciente del medio ambiente, las normas oficiales son: Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a

**PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO PARA LA AMPLIACIÓN
DE LA CAPACIDAD DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO
DE AGUA RESIDUAL DE LA INDUSTRIA ALIMENTICIA**

cuerpos receptores, provenientes de las centrales termoeléctricas convencionales.

Norma Oficial Mexicana NOM-002-ECOL-1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria productora de azúcar de caña.

Norma Oficial Mexicana NOM-003-ECOL-1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria de refinación de petróleo y petroquímica.

**TABLA I.6 “LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA
CONTAMINANTES BÁSICOS EN RÍOS Y EMBALSES”**

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA CONTAMINANTES BÁSICOS										
PARÁMETROS	RÍOS						EMBALSES NATURALES Y ARTIFICIALES			
(miligramos por litro, excepto cuando se especifique)	Uso en riego agrícola (A)		Uso público urbano (B)		Protección de vida acuática (C)		Uso en riego agrícola (B)		Uso público urbano(C)	
	PM	PD	PM	PD	PM	PD	PM	PD	PM	PD
Temperatura °C (1)	NA	NA	40	40	40	40	40	40	40	40
Grasas y Aceites (2)	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25
Materia Flotante (3)	AUSENTE	AUSENTE	AUSENTE	AUSENTE	AUSENTE	AUSENTE	AUSENTE	AUSENTE	AUSENTE	AUSENTE
Sólidos Sedimentables (m/l)	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	150	200	75	125	40	60	75	125	40	60
Demanda Bioquímica de Oxígeno ₅ (DBO ₅)	150	200	75	150	30	60	75	150	30	60
Nitrógeno Total	40	60	40	60	15	25	40	60	15	25
Nitrógeno Total	NA	NA	NA	NA	15	25	NA	NA	NA	NA
Fósforo Total	20	30	20	30	5	10	20	30	5	10

Fuente: Norma Oficial Mexicana (NOM) ECOL

PD = Promedio Diario; **PM** = Promedio Mensual; **NA** = No Aplica

(A), (B) y (C): Tipo de Cuerpo Receptor según la Ley Federal de Derechos (LFD) en Materia de Agua

(1) Instantáneo

(2) Muestra Simple Promedio Ponderado

(3) Ausente según el Método de Prueba definido en la Norma NMX-AA-006

La vigilancia del cumplimiento de la Norma Oficial Mexicana (NOM) corresponde a la secretaría de medio ambiente, recursos naturales y pesca, por conducto de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), y a la Secretaría de Marina en el ámbito de sus respectivas atribuciones, cuyo personal realizará los trabajos de inspección y vigilancia que sean necesarios. Estos objetivos fundamentales contemplados en la Constitución, están presentes en todo el contenido de esta norma concuerdan con las premisas internacionalmente aceptadas, de los organismos internacionales las violaciones a la misma se sancionarán en los términos de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, y demás ordenamientos jurídicos aplicables.

**TABLA I.7 “LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA
CONTAMINANTES BÁSICOS AGUAS Y SUELOS”**

LIMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA CONTAMINANTES BÁSICOS										
PARÁMETROS	AGUAS						SUELO			
(miligramos por litro, excepto cuando se especifique)	Explotación pesquera, navegación y otros usos (A)		Recreación (B)		ESTUARIOS (B)		Uso en riego agrícola (A)		HUMEDALES NATURALES (B)	
	PM	PD	PM	PD	PM	PD	PM	PD	PM	PD
Temperatura °C (1)	40	40	40	40	40	40	NA	NA	40	40
Grasas y Aceites (2)	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25
Materia Flotante (3)	AUSENTE	AUSENTE	AUSENTE	AUSENTE	AUSENTE	AUSENTE	AUSENTE	AUSENTE	AUSENTE	AUSENTE
Sólidos Sedimentables (m/l)	1	2	1	2	1	2	NA	NA	1	2
Sólidos Suspendedos Totales	150	200	75	125	75	125	NA	NA	75	125
Demanda Bioquímica de Oxígeno ₅ (DBO ₅)	150	200	75	150	75	150	NA	NA	75	150
Nitrógeno Total	NA	NA	NA	NA	15	25	NA	NA	NA	NA
Fósforo Total	NA	NA	NA	NA	5	10	NA	NA	NA	NA

Fuente: Norma Oficial Mexicana (NOM) ECOL

PD = Promedio Diario; **PM** = Promedio Mensual; **NA** = No Aplica

(A), (B) y (C): Tipo de Cuerpo Receptor según la Ley Federal de Derechos (LFD) en Materia de Agua

(1) Instantáneo

(2) Muestra Simple Promedio Ponderado

(3) Ausente según el Método de Prueba definido en la Norma NMX-AA-006

II.2.1 ESPECIFICACIONES

La concentración de contaminantes básicos, metales pesados y cianuros para las descargas de aguas residuales a aguas y bienes nacionales, no debe exceder el valor indicado como límite máximo permisible. El rango permisible del potencial hidrógeno (pH) es de 5 a 10 unidades. Para determinar la contaminación por patógenos se tomará como indicador a los coliformes fecales. El límite máximo permisible para las descargas de aguas residuales vertidas a aguas y bienes nacionales, así como las descargas vertidas a suelo (uso en riego agrícola), es de 1,000 y 2,000 como Número Más Probable (NMP) de coliformes fecales por cada 100 ml para el promedio mensual y diario, respectivamente. Para determinar la contaminación por parásitos se tomará como indicador los huevos de helminto. El límite máximo permisible para las descargas vertidas a suelo (uso en riego agrícola), es de un huevo de helminto por litro para riego no restringido, y de cinco huevos por litro para riego restringido.

**TABLA I.8 “LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA
CONTAMINANTES PARA RIOS Y EMALSES NATURALES”**

LIMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA CONTAMINANTES											
PARÁMETROS	RÍOS						EMBALSES NATURALES Y ARTIFICIALES				
(miligramos por litro)	Uso en riego agrícola (A)		Uso público urbano (B)		Protección de vida acuática (C)		Uso en riego agrícola (B)		Uso público urbano (C)		Explotación pesquera, navegación y otros usos (A)
	PM	PD	PM	PD	PM	PD	PM	PD	PM	PD	PM
Arsénico	0.2	0.4	0.1	0.2	0.1	0.2	0.2	0.4	0.1	0.2	0.1
Cadmio	0.2	0.4	0.1	0.2	0.1	0.2	0.2	0.4	0.1	0.2	0.1
Cianuro	2,0	3	1	2	1	2	2	3	1	2	1
Cobre	4	6	4	6	4	6	4	6	4	6	4
Cromo	1	1.5	0.5	1	0.5	1	1	1.5	0.5	1	0.5
Mercurio	0,01	0.02	0.005	0.01	0.005	0.01	0.01	0.02	0.005	0.01	0.01
Níquel	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2
Plomo	0.5	1	0.2	0.4	0.2	0.4	0.5	1	0.2	0.4	0.2
Zinc	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10

Fuente: Norma Oficial Mexicana (NOM) ECOL

PD = Promedio Diario; **PM** = Promedio Mensual; **NA** = No Aplica

(A), (B) y (C): Tipo de Cuerpo Receptor según la Ley Federal de Derechos (LFD) en Materia de Agua

(1) Instantáneo

(2) Muestra Simple Promedio Ponderado

(3) Ausente según el Método de Prueba definido en la Norma NMX-AA-006

Considerando que las descargas de aguas residuales en las redes colectoras, ríos, cuencas, cauces, vasos, aguas marinas y demás depósitos o corrientes de agua y los derrames de aguas residuales en los suelos o su infiltración en los terrenos, provenientes de las industrias de pigmentos y colorantes, provocan efectos adversos en los ecosistemas, por lo que es necesario fijar los límites máximos permisibles de contaminantes que deberán satisfacer dichas descargas. Al responsable de la descarga de aguas residuales que antes de la entrada en vigor de esta Norma Oficial Mexicana (NOM) se le hayan fijado condiciones particulares de descarga, podrá optar por cumplir los límites máximos permisibles establecidos en esta Norma, previo aviso a la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA).

**TABLA I.9 “LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA
CONTAMINANTES PARA AGUAS COSTERAS Y SUELOS”**

LIMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA CONTAMINANTES										
PARÁMETROS	AGUAS COSTERAS						SUELO			
(miligramos por litro)	Explotación pesquera, navegación y otros usos (A)		Recreación (B)		ESTUARIOS (B)		Uso en riego agrícola (A)		HUMEDALES NATURALES (B)	
	PM	PD	PM	PD	PM	PD	PM	PD	PM	PD
Arsénico	0.1	0.2	0.2	0.4	0.1	0.2	0.2	0.4	0.1	0.2
Cadmio	0.1	0.2	0.2	0.4	0.1	0.2	0.5	0.1	0.1	0.2
Cianuro	1	2	2	3	1	2	2	3	1	2
Cobre	4	6	4	6	4	6	4	6	4	6
Cromo	0.5	1	1	1.5	0.5	1	0.5	1	0.5	1
Mercurio	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.005	0.01	0.005	0.01
Níquel	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4
Plomo	0.2	0.4	0.5	1	0.2	0.4	5	10	0.2	0.2
Zinc	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20

Fuente: Norma Oficial Mexicana (NOM) ECOL

PD = Promedio Diario; **PM** = Promedio Mensual; **NA** = No Aplica

(A), (B) y (C): Tipo de Cuerpo Receptor según la Ley Federal de Derechos (LFD) en Materia de Agua

(1) Instantáneo

(2) Muestra Simple Promedio Ponderado

(3) Ausente según el Método de Prueba definido en la Norma NMX-AA-006

Los responsables de las descargas de aguas residuales vertidas a aguas y bienes nacionales deben cumplir con la presente Norma Oficial Mexicana (NOM) de acuerdo con lo siguiente:

- Las descargas municipales tendrán como plazo límite las fechas de cumplimiento establecidas en la Tabla I.9. El cumplimiento es gradual y

progresivo, conforme a los rangos de población. El número de habitantes corresponde al determinado en el XI Censo Nacional de Población y Vivienda, correspondiente a 1990, publicado por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI).

- Las descargas no municipales tendrán como plazo límite hasta las fechas de cumplimiento. El cumplimiento es gradual y progresivo, dependiendo de la mayor carga contaminante, expresada como Demanda Bioquímica de Oxígeno₅ (DBO₅) o Sólidos Suspendidos Totales (SST), según las cargas del agua residual.

Las fechas de cumplimiento establecidas en la Tabla I.10 “Fecha de cumplimiento de descargas Municipales por Rango de Población” y la Tabla I.11 “Fecha de cumplimiento de descargas Municipales por Carga Contaminante” de esta Norma podrán ser adelantadas por la Canagua para un cuerpo receptor en específico, siempre y cuando exista el estudio correspondiente que valide tal modificación.

**TABLA I.10 “FECHA DE CUMPLIMIENTO DE DESCARGAS
MUNICIPALES POR RANGO DE POBLACIÓN”**

DESCARGAS MUNICIPALES	
FECHA DE CUMPLIMIENTO A PARTIR DE:	RANGO DE POBLACIÓN
1 de enero de 2000	mayor de 50,000 habitantes
1 de enero de 2005	de 20,001 a 50,000 habitantes
1 de enero de 2010	de 2,501 a 20,000 habitantes

Fuente: Norma Oficial Mexicana (NOM) ECOL

**TABLA I.11 “FECHA DE CUMPLIMIENTO DE DESCARGAS
MUNICIPALES POR CARGA CONTAMINANTE”**

DESCARGAS MUNICIPALES		
FECHA DE CUMPLIMIENTO A PARTIR DE:	CARGA	CONTAMINANTE
	DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO ₅ t/d (tonelada/día)	SÓLIDO SUSPENDIDOS TOTALES t/d (tonelada/día)
1 de enero de 2000	mayor de 3.0	mayor de 3.0
1 de enero de 2005	de 1.2 a 3.0	de 1.2 a 3.0
1 de enero 2010	menor de 1.2	menor de 1.2

Fuente: Norma Oficial Mexicana (NOM) ECOL

El incumplimiento de la presente Norma será sancionado conforme a lo dispuesto por los ordenamientos jurídicos aplicables.

Los responsables de las descargas de aguas residuales municipales y no municipales cuya concentración de contaminantes en parámetros básicos, rebasen los límites máximos permisibles, multiplicados por cinco, para cuerpos receptores tipo B (ríos, uso público urbano), quedan obligados a presentar un programa de las acciones u obras a realizar para el control de la calidad del agua de sus descargas a la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) en un plazo no mayor de 180 días naturales, a partir de la publicación de esta Norma. Los demás responsables de las descargas de aguas residuales municipales no municipales, que rebase los límites máximos permisibles de esta norma quedan obligados a presentar un programa de las acciones u obras a realizar para el control de la calidad de sus descargas a la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) en las fechas establecidas en la Tabla I.12 “Fecha límite para descargas Municipales por Rango de Programa” y la Tabla I.13 “Descargas no Municipales por Rango de Programa de Acciones”.

**TABLA I.12 “FECHA LÍMITE PARA DESCARGAS MUNICIPALES
POR RANGODE PROGRAMA DE ACCIONES”**

DESCARGAS MUNICIPALES	
RANGO DE POBLACIÓN	FECHA LIMITE PARA PRESENTAR PROGRAMA DE ACCIONES
mayor de 50,000 habitantes	30 de junio de 1997
de 20,001 a 50,000 habitantes	31 de diciembre de 1998
de 2,501 a 20,000 habitantes	31 de diciembre de 1999

Fuente: Norma Oficial Mexicana (NOM) ECOL

**TABLA I.13 “FECHA LÍMITE PARA DESCARGAS NO MUNICIPALES
POR RANGODE PROGRAMA DE ACCIONES”**

CARGA CONTAMINANTE DE LAS DESCARGAS NO MUNICIPALES	
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO₅ Y/O SÓLIDO SUSPENDIDOS TOTALES (toneladas/día)	FECHA LIMITE PARA PRESENTAR PROGRAMA DE ACCIONES
mayor de 3.0	30 de junio de 1997
de 1.2 a 3.0	31 de diciembre de 1998
menor de 1.2	31 de diciembre de 1999

Fuente: Norma Oficial Mexicana (NOM) ECOL

**PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO PARA LA AMPLIACIÓN
DE LA CAPACIDAD DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO
DE AGUA RESIDUAL DE LA INDUSTRIA ALIMENTICIA**

El responsable de realizar la descarga de aguas residuales queda obligado bajo esta norma a realizar el monitoreo de las mismas y llevar un registro para determinar el promedio diario y mensual de las descargas antes mencionadas. La periodicidad de análisis y reportes se elaborarán de acuerdo a cómo lo indican en la Tabla I.14 “Frecuencia de Muestreo y Análisis por Rango de Población” para descargas de tipo municipal y en la Tabla I.15 “Frecuencia de Muestreo, reporte y Análisis” para descargas no municipales.

En situaciones que justifiquen un mayor control, como protección de fuentes de abastecimiento de agua para consumo humano, emergencias hidroecológicas o procesos productivos fuera de control, la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) podrá modificar la periodicidad de análisis y reportes. Los registros del monitoreo deberán mantenerse para su consulta por un periodo de tres años posteriores a su realización.

**TABLA I.14 “FRECUENCIA DE MUESTREO, REPORTE
Y ANÁLISIS POR RANGO DE POBLACIÓN”**

RANGO DE POBLACIÓN	FRECUENCIA DE MUESTREO Y ANÁLISIS	FRECUENCIA DE REPORTE
mayor de 50,000 habitantes	MENSUAL	TRIMESTRAL
de 20,001 a 50,000 habitantes	TRIMESTRAL	SEMESTRAL
de 2,501 a 20,000 habitantes	SEMESTRAL	ANUAL

Fuente: Norma Oficial Mexicana ECOL

**TABLA I.15 “FRECUENCIA DE MUESTREO, REPORTE
Y ANÁLISIS DE LA DBO₅ Y SST POR TONELADAS AL DÍA”**

DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO₅ (toneladas/día)	SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (toneladas/día)	FRECUENCIA DE MUESTREO Y ANÁLISIS	FRECUENCIA DE REPORTE
mayor de 3.0	mayor de 3.0	MENSUAL	TRIMESTRAL
de 1.2 a 3.0	de 1.2 a 3.0	TRIMESTRAL	SEMESTRAL
menor de 1.2	menor de 1.2	SEMESTRAL	ANUAL

Fuente: Norma Oficial Mexicana ECOL

El responsable de la descarga estará exento de realizar el análisis de alguno o varios de los parámetros que se señalan en la presente Norma Oficial Mexicana (NOM), cuando demuestre que, por las características del proceso productivo o el uso que le dé al agua, no genera o concentra los contaminantes a exentar, manifestándolo ante la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), por escrito y

bajo protesta de decir verdad. La autoridad podrá verificar la veracidad de lo manifestado por el usuario. En caso de falsedad, el responsable quedará sujeto a lo dispuesto en los ordenamientos legales aplicables. En el caso de que el agua de abastecimiento registre alguna concentración promedio mensual de los parámetros referidos en los puntos 4.1, 4.2 y 4.3 de la presente Norma Oficial Mexicana (NOM), la suma de esta concentración al límite máximo permisible promedio mensual, es el valor que el responsable de la descarga está obligado a cumplir, siempre y cuando lo notifique por escrito a la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). Cuando se presenten aguas pluviales en los sistemas de drenaje y alcantarillado combinado, el responsable de la descarga tiene la obligación de operar su planta de tratamiento y cumplir con los límites máximos permisibles de esta Norma Oficial Mexicana (NOM), o en su caso con sus condiciones particulares de descarga, y podrá a través de una obra de desvío derivar el caudal excedente. El responsable de la descarga tiene la obligación de reportar a la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) el caudal derivado. El responsable de la descarga de aguas residuales que, como consecuencia de implementar un programa de uso eficiente y/o reciclaje del agua en sus procesos productivos, concentre los contaminantes en su descarga, y en consecuencia rebase los límites máximos permisibles establecidos en la presente Norma, deberá solicitar ante la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) se analice su caso particular, a fin de que ésta le fije condiciones particulares de descarga.

I.2.2 MÉTODOS DE PRUEBA

Para determinar los valores y concentraciones de los parámetros establecidos en esta Norma Oficial Mexicana (NOM), se deberán aplicar los métodos de prueba indicados en el punto 2 de esta Norma Oficial Mexicana (NOM). El responsable de la descarga podrá solicitar a la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), la aprobación de métodos de prueba alternos. En caso de aprobarse, dichos métodos podrán ser autorizados a otros responsables de descarga en situaciones similares. Para la determinación de huevos de helminto se deberán aplicar las técnicas de análisis y muestreo que se presentan en el Anexo 1 de esta Norma Oficial Mexicana (NOM).

I.2.3 VERIFICACIÓN

La Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) llevará a cabo muestreos y análisis de las descargas de aguas residuales, de manera periódica o aleatoria, con objeto de verificar el cumplimiento de los límites máximos permisibles establecidos para los parámetros señalados en la presente Norma Oficial Mexicana (NOM). Las muestras deben ser representativas de las condiciones que existan en el sitio y hora de muestreo y tener el volumen suficiente, para efectuar con él las determinaciones correspondientes. Para el muestreo en cuerpos receptores, se debe establecer una red de muestreo que represente las condiciones particulares del cuerpo receptor, debiéndose tomar las muestras en la parte superior, media o inferior

I.2.4 GRADO DE CONCORDANCIA CON NORMAS Y RECOMENDACIONES INTERNACIONALES

No hay normas equivalentes, las disposiciones de carácter interno que existen en otros países no reúnen los elementos y preceptos de orden técnico y jurídico que en esta Norma Oficial Mexicana (NOM) se integra y complementan de manera coherente, con base en los fundamentos técnicos y científicos reconocidos internacionalmente. Las violaciones a la misma se sancionarán en los términos de la Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento, Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, la Ley Federal sobre Metrología y Normalización y demás ordenamientos jurídicos aplicables. Así es posible ver que existe una Norma para cada tipo de industria, sin embargo esto no elimina el problema en su totalidad, que es el hecho de que existan aguas residuales provenientes de las industrias, pero también existe una solución, ya que existen métodos para hacer que esta agua sea reciclada, obteniendo así agua reutilizable. En el caso de la industria alimenticia, en forma muy especial, la concentración en los efluentes representa un problema significativo debido a los costos y dificultades que involucra su remoción cuando se necesita cumplir con estándares de descarga, ya sean para su uso como agua de riego o evacuadas a cuerpo de agua, superficial o subterráneo. Si industrias recuperan y reutilizan en forma rutinaria todas las aguas residuales que se producen en sus instalaciones y que, a la vez, eliminan la

generación de desechos peligrosos y residuales. Esto es posible cuando los ingenieros combinan tecnologías de tratamiento convencionales y avanzadas al diseñar las empresas. En la actualidad los procesos más utilizados son los de tipo fisicoquímico, los que generalmente son deficientes cuando se tiene que reducir a un mínimo la presencia de metales en el efluente. Los desechos, aceites, sólidos y metales de los procesos pueden ser tratados y eliminados en una planta industrial de tratamiento de aguas residuales haciendo más eficientes los procesos convencionales. Las aguas residuales pueden pulirse aún más utilizando procesos de tratamiento avanzados para eliminar materias orgánicas residuales y los sólidos disueltos (sales) restantes. La pureza de las aguas residuales tratadas y recicladas se aproxima a la del agua destilada a la venta en supermercados. Las normas establecen los lineamientos a seguir en un proceso de tratamiento de aguas residuales para el caso particular de la ampliación de una planta se hace referencia a la ley de aguas nacionales y a la norma ecológica. En la actualidad existen varios métodos para tratar aguas residuales y así disminuir el impacto ecológico, pero aún hay mucho por hacer, también se están haciendo trabajos de investigación y desarrollo de nuevas técnicas para tratar el agua y para disminuir la contaminación de ésta en diversos países, para el futuro este es uno de los grandes retos de la humanidad.

1.3. LEYES QUE RIGEN EL IMPACTO AMBIENTAL PARA EL USO DE AGUAS RESIDUALES

El marco legal de los aspectos ambientales está constituido por cuatro leyes: la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, la Ley de Aguas Nacionales, la Ley General de Salud y la Ley de Derechos. Como parte de las leyes En cuanto a las normas sobre descarga de aguas residuales, éstas tienen como objetivo proteger la calidad de las aguas nacionales y posibilitar sus usos posteriores. Regula seis tipos de cuerpo receptor: ríos y acuíferos, embalses (naturales u artificiales), aguas costeras, suelo (para riego agrícola), estuarios, y humedales naturales y cinco usos posibles de estos cuerpos de agua: riego agrícola, abasto público urbano, protección de la vida acuática, explotación pesquera y navegación y por último, usos recreativos.

- Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente: Fundamenta la obligación de cumplir con normas oficiales mexicanas y permisos de descarga de aguas residuales a cuerpos receptores nacionales y locales, regula y obliga a la manifestación de impacto ambiental en construcción de obras que constituyan o puedan constituir riesgos por contaminación de los recursos naturales y define las atribuciones de cada instancia: Federal, Estatal o Municipal.
- La Ley General de Salud: En su apartado referente a el agua toma medidas para la protección de la salud humana en general establece criterios de para condiciones particulares de tratamiento y Señala como obligatorio el contar con sistemas de tratamiento en edificios, instituciones e industria para el cumplimiento de la disposición de agua residual así mismo para la descarga se deben contar con un permiso expedido por el ministerio de salud
- La Ley Federal de Derechos en Materia de Agua: Establece la obligación a pagar el derecho por uso o aprovechamiento de bienes del dominio público de la Nación como cuerpos receptores de las descargas de aguas residuales, las personas físicas o morales que descarguen en forma permanente, intermitente o fortuita aguas residuales en ríos, cuencas, cauces, vasos, aguas marinas y demás depósitos o corrientes de agua, así como los que descarguen aguas residuales en los suelos las infiltren en terrenos que sean bienes nacionales o que puedan contaminar el subsuelo o los acuíferos, en términos de lo dispuesto en esta Ley.

Aunque de manera indirecta, desde tiempos de la Colonia ha existido preocupación por proteger los recursos naturales, no fue sino hasta marzo de 1971 que se dio inicio a la estructuración de un marco legal en materia de protección al ambiente al promulgarse la Ley Federal para Prevenir y Controlar la Contaminación Ambiental y, de forma más directa sobre la normatividad de aguas residuales, el Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación de Aguas de 1973.

Para fortalecer las bases constitucionales en materia ambiental, en agosto de 1987 se

reformaron los artículos 27 y 63 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, dando prioridad a la preservación y restauración del Equilibrio Ecológico al descentralizar las atribuciones de la Ley en las instancias del Gobierno Federal, Estatal y Municipal para la protección de los recursos naturales.

Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente por su repetición constante solo se mencionarán sus siglas (LGEEPA) publicada en 1988; con fecha 13 de diciembre de 1996 se publicó el Decreto por el que se reforma la LGEEPA, cuando entró en vigor la Ley General del Equilibrio y la Protección al Ambiente, actualmente vigente. Esta ley, en el título cuarto, dedica el capítulo III a la prevención y control de la contaminación del agua y de los ecosistemas acuáticos.

Dentro de los aspectos de interés para esta tesis, resalta el artículo 119 de la LGEEPA, el cual señala que la Secretaría expedirá las Normas Oficiales Mexicanas que se requieran para prevenir y controlar la contaminación de las aguas nacionales, conforme a lo dispuesto en ésta Ley, en la Ley de Aguas Nacionales, su Reglamento y las demás disposiciones que resulten aplicables.

Por su parte el artículo 121 establece que no podrán descargarse o infiltrarse en cualquier cuerpo o corriente de agua o en el suelo o subsuelo, aguas residuales que contengan contaminantes, sin previo tratamiento y el permiso o autorización de la autoridad federal, o de la autoridad local en los casos de descargas en aguas de jurisdicción local o a los sistemas de drenaje y alcantarillado de los centros de población.

El título séptimo de la Ley de Aguas Nacionales "Prevención y control de la contaminación de las aguas", estipula un sistema obligatorio de permisos de descargas para aquellos que las canalizan hacia los cuerpos de aguas nacionales. Los derechos y obligaciones adquiridos por los concesionarios, asignados y permisionarios de aguas nacionales y bienes asociados se establecen en títulos emitidos por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) que se consolida como autoridad única en materia de agua y fortalece sus funciones normativas a nivel federal y regional, de apoyo técnico especializado y promotora

del desarrollo hidráulico.

Dentro de esta ley, se mencionan los Consejos de Cuenca en el Valle de México, los cuales son instrumentos de coordinación y concertación para dar agilidad y ordenar la atención de la agenda del agua en cada cuenca. Los Consejos, como lo señala el Programa Nacional Hidráulico 1995-2000 y las estrategias del sector hidráulico y el Programa Modernización del Manejo del Agua (PROMMA), apoyan la administración del agua, el fomento a su uso eficiente, la programación hidráulica regional, el saneamiento de las aguas superficiales, y en su sentido más amplio la gestión del agua por cuenca hidráulica.

Ley Federal de Derechos (LFD) en Materia de Agua 1907. Aprobada para la instrumentación de criterios económicos en la administración de los usos del agua. En ella se establece el pago de derechos por el uso o aprovechamiento de bienes del dominio público. Incluye los principios:

El agua tiene un valor económico en función de su disponibilidad. La sociedad adopta como principio fundamental: "el que contamina debe pagar los costos de la descontaminación.

De esta manera como con conclusión al tema desarrollado en este capítulo se establece que actualmente existen varios métodos leyes y normas para tratar aguas residuales y así disminuir el impacto ecológico y sobre todo el impacto económico, pero aún hay mucho por hacer, también se están haciendo trabajos de investigación y desarrollo de nuevas técnicas y a la par esta el desarrollo de nuevas tecnologías y equipamientos para resolver los problemas para tratar el agua y para disminuir la contaminación de ésta en diversos países, para el futuro este es uno de los grandes retos de la humanidad.

El 1º de diciembre de 1992 se publicó en México una nueva ley que cambió por completo el método de distribución del agua subterránea en México. La nueva ley establece que, en términos hidrológicos, una cuenca puede ser privatizada en su totalidad. Privatizar en su totalidad una cuenca no significa que alguien pueda llegar, hacer un pozo y conseguir un nuevo derecho de agua.

El hombre siempre ha tenido necesidad del agua para gozar de salud, para

producir alimentos, para el baño y el transporte, para la irrigación y la industria. También es una necesidad para los animales y las plantas. Sin embargo, a pesar de la importancia que el agua tiene sobre nuestras vidas y nuestro bienestar, se desperdicia y se contamina. Actualmente, el 20 % de la población carece de agua suficiente y para el año 2025 esa cifra aumentará al 30 %, afectando a 50 países. Hay una tendencia en la industria alimenticia que depende de la tecnología probada para el procesamiento y para el tratamiento de aguas residuales.

CAPÍTULO II

IMPACTO AMBIENTAL

CAPÍTULO II

IMPACTO AMBIENTAL

Antes de comenzar con este capítulo es importante conocer el significado fundamental del impacto ambiental:

El impacto ambiental es una herramienta preventiva y de planeación que permite identificar los efectos negativos que cualquier obra o actividad puede ocasionar sobre el medio ambiente. Además facilita a la autoridad tomar una decisión sobre la factibilidad ambiental de un proyecto y señalar las medidas preventivas que reduzca dichos efectos negativos.

Actualmente la República Mexicana se encuentra en la necesidad de incrementar su productividad y desarrollo esto ha llevado a que gran parte de sus recursos naturales renovables se encuentren sumamente deteriorados o incluso en vías de extinción. Esto último ha sido el resultado de un largo proceso del uso irracional y desmedido de los recursos naturales como el agua, la flora y la fauna por parte del ser humano. Es por estas razones que existe la preocupación de proteger los recursos naturales con la ayuda de un marco jurídico que reglamenta, establece normas y medidas de mitigación para la construcción de un gran número de industrias y para la operación de ellas mismas.

Por lo antes citado, se hace evidente la necesidad de establecer mecanismos que ayuden a lograr el equilibrio dinámico entre el desarrollo económico y el uso racional de los recursos naturales, buscando que en la planeación de los proyectos futuros se realicen de manera que se interactué con el medio ambiente evitando hacer más daño del que ya se ha hecho a través de los años por la acción irracional del ser humano.

La Evaluación Ambiental es un proceso sistemático para recolectar y documentar información y puntos de vista sobre las consecuencias ambientales y sociales de las actividades. Proporciona una base para evaluar lugares alternativos, tecnologías, y técnicas; evaluando la naturaleza, tiempo, y el significado de los efectos potenciales; identificando formas en las cuales los efectos positivos

pueden ser reforzados y los efectos adversos mitigados. La Evaluación Ambiental debe ser hecha para cualquier nuevo proyecto, o gran cambio en un proyecto existente o actividad que potencialmente tiene efectos adversos significantes sobre el ambiente natural y/o las comunidades humanas, al margen de si es que se requiere la Evaluación Ambiental debido a una regulación aplicable.

La Evaluación Ambiental no debe verse simplemente como un proceso por medio del cual se obtiene aprobaciones de normas gubernamentales. También involucra un proceso consultivo formal que tiene, como una de sus metas la comprensión y el manejo comunal y otras preocupaciones de las partes interesadas en lo concerniente a la planificación, diseño y realización del proyecto o actividad propuesta por consiguiente, al inicio del proceso de un estudio de Evaluación Ambiental, la industria debe desarrollar e implementar un programa de consulta formal para involucrar a las comunidades locales, gobiernos, organizaciones no gubernamentales y otros interesados. El proceso de consulta debe estar plenamente integrado en la preparación de la Evaluación Ambiental, en la planificación del proyecto, y a lo largo de la implementación del proyecto

La función principal de los reglamentos y las normas es regir, limitar y mitigar el daño que ocasionaría la construcción y el funcionamiento de las industrias al medio ambiente, para fines de este capítulo de Impacto Ambiental es importante mencionar y conocer algunos de los artículos de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental (LGEEPA).

En el desarrollo de este capítulo también se conocerán las causas que han llevado a realizar evaluaciones de impacto ambiental, el impacto que genera el reuso del agua residual y conocer las medidas de mitigación que se llevaron a cabo en la ampliación de la planta de tratamiento de agua residual de la industria alimenticia.

II.1 NORMATIVIDAD

Difícilmente puede encontrarse en esta época un problema de mayor actualidad que el de la conservación del ambiente. Su importancia reside en que de no detenerse el proceso progresivo de destrucción de la biosfera, se puede provocar el

desmoronamiento y la ruina de las condiciones naturales de existencia de la humanidad.

En México el incontrolado e irracional aprovechamiento de sus recursos naturales ha generado una serie de problemas que ahora tienen un alarmante carácter nacional, como la destrucción masiva de los bosques, aparición de grandes áreas de tierras áridas, erosión, contaminación de acuíferos, agotamiento total o a un nivel crítico de algunos recursos naturales y disminución de especies vegetales y animales. Además, el crecimiento incontrolado de algunas ciudades y la formación de megalópolis, ha agravado bruscamente los problemas relacionados con la vida urbana, tales como: contaminación de la atmósfera y agua, acumulación de residuos sólidos y enfermedades motivadas por esta situación.

De la adecuada solución al problema de la conservación del ambiente depende en mucho la posibilidad de desarrollo de la economía nacional, así como el bienestar y la vida no sólo de las generaciones actuales sino también de las futuras.

Como ya se ha mencionado en el Capítulo I “Marco Normativo” Desde tiempos de la Colonia ya existía la preocupación por proteger los recursos del medio ambiente como es el caso del agua, no fue si no hasta marzo de 1971 que se inició la formación de un marco legal en materia de protección al ambiente al promulgarse la Ley Federal para Prevenir y Controlar la Contaminación Ambiental, ordenamiento que fue derogado en febrero de 1982, cuando se puso en vigor la Ley Federal de Protección al Ambiente. Su propósito fue regular, por una parte, todos los ámbitos en que la contaminación podía tener lugar, así como sus efectos en el ambiente, atmósfera, agua, medio marino, suelo, energía térmica, ruido y vibraciones; por la otra, preservar y mejorar el ambiente.

En la Ley Federal de Protección al Ambiente aparecen por vez primera medidas orientadas a la protección integral del ambiente. Se incorporó entonces la evaluación del impacto ambiental de las obras públicas y privadas, con la finalidad de que se constituyera en un instrumento básico de la planeación de proyectos. No obstante estos avances, la Ley carecía del sustento necesario para enfrentar la problemática ambiental.

Para fortalecer las bases constitucionales en materia ambiental, en agosto de

1987 se reformaron los artículos 27 y 63 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, elevando al más alto rango la preservación y restauración del equilibrio ecológico. La reforma consistió en descentralizar las atribuciones de la Ley en las instancias del gobierno Federal, Estatal y Municipal para la protección de los recursos naturales.

La Ley Federal de Protección al Ambiente fue derogada en marzo de 1988, cuando entró en vigor la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, (LGEEPA) en donde se prevé el ordenamiento ecológico, definido como un proceso de planeación dirigido a evaluar y programar el uso del suelo y manejo de los recursos naturales en el territorio nacional y las zonas sobre las que la nación ejerce su jurisdicción y soberanía. Esta Ley establece el ordenamiento ecológico general, a cargo de la federación y, el ordenamiento ecológico local, encomendado a los Estados y Municipios de acuerdo a sus respectivas leyes.

La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en su Sección V tratan sobre la Evaluación del Impacto Ambiental considerándola como un instrumento de planeación que permite predecir, evitar o en su caso atenuar el deterioro de los ecosistemas que conlleva la realización de obras o actividades de carácter público o privado. La Ley establece en su artículo 28 que cuando las obras o actividades puedan causar desequilibrio ecológico o rebasar los límites y condiciones señalados en los reglamentos y normas técnicas ecológicas emitidas por la federación para proteger el ambiente, deberán contar previamente a su realización con la autorización del Gobierno Federal, Estatal o Municipal. En el primer caso, el artículo 29 de la Ley establece el listado de materias cuya resolución quedará a cargo del Gobierno Federal, otorgándoles a las autoridades federativas y municipios la posibilidad de que en sus leyes locales determinen los casos de su intervención y los procedimientos respectivos.

Con la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente se modificó la concepción tradicional del análisis de proyectos, que puede afectar significativamente al ambiente, no solamente durante la planeación, construcción, operación y mantenimiento, sino también con la ocurrencia de un evento

extraordinario. Se incluyó el concepto de riesgo ambiental cuando la obra o actividad analizada esté asociada al manejo de sustancias peligrosas. En el caso de obras o actividades que impliquen un riesgo ambiental, los promotores del proyecto deberán presentar ante la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL), o en su caso a las autoridades locales en materia de ecología, un estudio de riesgo, en el que se defina el daño potencial que la obra o actividad representaría para la población, sus bienes y el ambiente, durante todas las etapas de proyecto y en caso de accidente, así como las medidas de seguridad y operación convenientes para evitar, mitigar o controlar los efectos adversos.

Como se ha visto existen normas que regulan las cualidades de los análisis de impacto ambiental tales como la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Evaluación del Impacto Ambiental a continuación se mencionan algunos de los artículos de la Ley antes mencionada.

El artículo 1° de la ley general del equilibrio ecológico y la protección al ambiente cita lo siguiente: El presente ordenamiento es de observancia general en todo el territorio nacional y en las zonas donde la Nación ejerce su jurisdicción; tiene por objeto reglamentar la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, en materia de evaluación del impacto ambiental a nivel federal.

El artículo 2° de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente cita lo siguiente: La aplicación de este reglamento compete al Ejecutivo Federal, por conducto de la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, de conformidad con las disposiciones legales y reglamentadas en la materia.

El artículo 3° de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente cita lo siguiente: Para los efectos del presente reglamento se considerarán las definiciones contenidas en la ley y los siguientes conceptos:

- Cambio de uso de suelo
- Especies de difícil regeneración como son las especies vulnerables a la extinción biológica por la especificidad de sus requerimientos de hábitat y de las condiciones para su reproducción.
- Daño ambiental es que ocurre sobre algún elemento ambiental a

consecuencia de in impacto ambiental adverso

- Daño a los ecosistemas es el resultado de uno o más impactos ambientales sobre uno o varios elementos ambientales o procesos del ecosistema que desencadenan un desequilibrio ecológico.
- Daño grave al ecosistema: Es aquel que propicia la pérdida de uno o varios elementos ambientales, que afecta la estructura o función, o que modifica las tendencias evolutivas o sucesionales del ecosistema.
- Desequilibrio ecológico grave: Alteración significativa de las condiciones ambientales en las que se prevén impactos acumulativos, sinérgicos y residuales que ocasionarían la destrucción, el aislamiento o la fragmentación de los ecosistemas.
- Impacto ambiental acumulativo: El efecto en el ambiente que resulta del incremento de los impactos de acciones particulares ocasionado por la interacción con otros que se efectuaron en el pasado o que están ocurriendo en el presente.
- Impacto ambiental sinérgico: Aquel que se produce cuando el efecto conjunto de la presencia simultánea de varias acciones supone una incidencia ambiental mayor que la suma de las incidencias individuales contempladas aisladamente.
- Impacto ambiental significativo o relevante: Aquel que resulta de la acción del hombre o de la naturaleza, que provoca alteraciones en los ecosistemas y sus recursos naturales o en la salud, obstaculizando la existencia y desarrollo del hombre y de los demás seres vivos, así como la continuidad de los procesos naturales.
- Impacto ambiental residual: El impacto que persiste después de la aplicación de medidas de mitigación.
- Informe preventivo: Documento mediante el cual se dan a conocer los datos generales de una obra o actividad para efectos de determinar si se encuentra en los supuestos señalados por el artículo 31 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente o requiere ser

evaluada a través de una manifestación de impacto ambiental.

- Ley: La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.
- Medidas de prevención: Conjunto de acciones que deberá ejecutar el promovente para evitar efectos previsibles de deterioro del ambiente.
- Medidas de mitigación: Conjunto de acciones que deberá ejecutar el promovente para atenuar los impactos y restablecer o compensar las condiciones ambientales existentes antes de la perturbación que se causare con la realización de un proyecto en cualquier etapa de su construcción u operación.
- Parque industrial: Es la superficie geográficamente delimitada y diseñada especialmente para el asentamiento de la planta industrial en condiciones adecuadas de ubicación, infraestructura, equipamiento y de servicios, con una administración permanente para su operación. Busca el ordenamiento de los asentamientos industriales y la desconcentración de las zonas urbanas y conurbadas, hacer un uso adecuado del suelo, proporcionar condiciones idóneas para que la industria opere eficientemente y se estimule la creatividad y productividad dentro de un ambiente confortable. El artículo 4° de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente cita lo siguiente: Compete a la Secretaría:
 - Evaluar el impacto ambiental y emitir las resoluciones correspondientes para la realización de proyectos de obras o actividades a que se refiere el presente reglamento.
 - Formular, publicar y poner a disposición del público las guías para la presentación del informe preventivo, la manifestación de impacto ambiental en sus diversas modalidades y el estudio de riesgo.
 - Solicitar la opinión de otras dependencias y de expertos en la materia para que sirvan de apoyo a las evaluaciones de impacto ambiental que se formulen.
 - Llevar a cabo el proceso de consulta pública que en su caso se requiera durante el procedimiento de evaluación de impacto ambiental.
 - Organizar, en coordinación con las autoridades locales, la reunión pública

a que se refiere el artículo 34 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Medio Ambiente.

- Vigilar el cumplimiento de las disposiciones de este reglamento, así como la observancia de las resoluciones previstas en el mismo, e imponer las sanciones y demás medidas de control y de seguridad necesarias, con arreglo a las disposiciones legales y reglamentarias aplicables.

El artículo 5° de la ley general del equilibrio ecológico y la protección al ambiente cita lo siguiente: Quienes pretendan llevar a cabo alguna de las siguientes obras o actividades, requerirán previamente la autorización de la Secretaría en materia de impacto ambiental.

A continuación se hace mención de las obras y sus características de las cuales se requiere de una evaluación de Impacto Ambiental para la autorización de su construcción y operación:

- **OBRAS HIDRÁULICAS:**
 - Presas de almacenamiento, derivadoras y de control de avenidas con capacidad mayor de un millón de metros cúbicos, jagüeyes y otras obras para la captación de aguas pluviales, canales y cárcamos de bombeo, con excepción de aquellas que se ubiquen fuera de ecosistemas frágiles, áreas naturales protegidas y regiones consideradas prioritarias por su biodiversidad y no impliquen la inundación o remoción de vegetación arbórea o de asentamientos humanos, la afectación del hábitat de especies incluidas en alguna categoría de protección, el desabasto de agua a las comunidades aledañas, o la limitación al libre tránsito de poblaciones naturales, locales o migratorias.
 - Unidades hidroagrícolas o de temporal tecnificado mayores de 100 hectáreas.
 - Proyectos de construcción de muelles, canales, escolleras, espigones, bordos, dársenas, represas, rompeolas, malecones, diques, varaderos y muros de contención de aguas nacionales, con excepción de los bordos de represamiento del agua con fines de

abrevadero para el ganado, autoconsumo y riego local que no rebase 100 hectáreas.

- Obras de conducción para el abastecimiento de agua nacional que rebasen los 10 kilómetros de longitud, que tengan un gasto de más de quince litros por segundo y cuyo diámetro de conducción exceda de 15 centímetros.
- Sistemas de abastecimiento múltiple de agua con diámetros de conducción de más de 25 centímetros y una longitud mayor a 100 kilómetros.
- Plantas para el tratamiento de aguas residuales que descarguen líquidos o lodos en cuerpos receptores que constituyan bienes nacionales.
- Depósito o relleno con materiales para ganar terreno al mar o a otros cuerpos de aguas nacionales.
- Drenaje y desecación de cuerpos de aguas nacionales.
- Modificación o entubamiento de cauces de corrientes permanentes de aguas nacionales.
- Obras de degrado de cuerpos de aguas nacionales.
- Plantas potabilizadoras para el abasto de redes de suministro a comunidades, cuando esté prevista la realización de actividades altamente riesgosas.
- Plantas desaladoras.
- Apertura de zonas de tiro en cuerpos de aguas nacionales para desechar producto de dragado o cualquier otro material.
- Apertura de bocas de intercomunicación en lagunas marítimas.

La siguiente información indica que otro tipo de industrias necesitan de una evaluación de impacto ambiental y en su caso específico cuales quedan exentas de dicha evaluación:

- VÍAS GENERALES DE COMUNICACIÓN:
 - Construcción de carreteras, autopistas, puentes o túneles federales vehiculares o ferroviarios; puertos, vías férreas,

aeropuertos, helipuertos, aeródromos e infraestructura mayor para telecomunicaciones que afecten áreas naturales protegidas o con vegetación forestal, selvas, vegetación de zonas áridas, ecosistemas costeros o de humedales y cuerpos de agua nacionales, con excepción de:

- La instalación de hilos, cables o fibra óptica para la transmisión de señales electrónicas sobre la franja que corresponde al derecho de vía, siempre que se aproveche la infraestructura existente, y
 - Las obras de mantenimiento y rehabilitación cuando se realicen en la franja del derecho de vía correspondiente.
- **OLEODUCTOS, GASODUCTOS, CARBODUCTOS Y POLIDUCTOS:**
 - Construcción de oleoductos, gasoductos, carboductos o poliductos para la conducción o distribución de hidrocarburos o materiales o sustancias consideradas peligrosas conforme a la regulación correspondiente, excepto los que se realicen en derechos de vía existentes en zonas agrícolas y ganaderas.
- **INDUSTRIA PETROLERA:**
 - Actividades de perforación de pozos para la exploración y producción petrolera excepto las que se realicen en zonas agrícolas siempre y cuando se localicen fuera de áreas naturales protegidas y las actividades de limpieza de sitios contaminados que se lleven acabo con equipos móviles encargados de la correcta disposición de los residuos peligrosos y que no impliquen la construcción de obra civil o hidráulica adicional a la existente.
 - Construcción e instalación de plataformas de producción petrolera en zona marina.
 - Construcción de refinerías petroleras, excepto la limpieza de sitios contaminados que se realice con equipos móviles encargados de la correcta disposición de los residuos peligrosos y que no

implique la construcción de obra civil o hidráulica adicional a la existente.

- Construcción de centros de almacenamiento o distribución de hidrocarburos que prevean actividades altamente riesgosas.
- Prospecciones sismológicas marinas distintas a las que utilizan pistones neumáticos.
- Prospecciones sismológicas terrestres excepto las que utilicen vibrosismos.
- INDUSTRIA PETROQUÍMICA:
 - Construcción y operación de plantas y complejos de producción petroquímica.
- INDUSTRIA QUÍMICA:
 - Construcción de parques o plantas industriales para la fabricación de sustancias químicas básicas; de productos químicos orgánicos; de derivados del petróleo, carbón, hule y plásticos; de colorantes y pigmentos sintéticos; de gases industriales, de explosivos y fuegos artificiales; de materias primas para fabricar plaguicidas, así como de productos químicos inorgánicos que manejen materiales considerados peligrosos, con excepción de:
 - Procesos para la obtención de oxígeno, nitrógeno y argón atmosféricos.
 - Producción de pinturas vinílicas y adhesivos de base agua.
 - Producción de perfumes, cosméticos y similares.
 - Producción de tintas para impresión.
 - Producción de artículos de plástico y hule en plantas que no estén integradas a las instalaciones de producción de las materias primas de dichos productos.
 - Almacenamiento, distribución y envasado de productos químicos.
- INDUSTRIA SIDERÚRGICA:
 - Plantas para la fabricación, fundición, aleación, laminado y

desbaste de hierro y acero, excepto cuando el proceso de fundición no esté integrado al de siderúrgica básica.

- **INDUSTRIA PAPELERA:**

- Construcción de plantas para la fabricación de papel y otros productos a base de pasta de celulosa primaria o secundaria, con excepción de la fabricación de productos de papel, cartón y sus derivados cuando ésta no esté integrada a la producción de materias primas.

- **INDUSTRIA AZUCARERA:**

- Construcción de plantas para la producción de azúcares y productos residuales de la caña, con excepción de las plantas que no estén integradas al proceso de producción de la materia prima.

- **INDUSTRIA DEL CEMENTO:**

- Construcción de plantas para la fabricación de cemento, así como la producción de cal y yeso, cuando el proceso de producción esté integrado al de la fabricación de cemento.

- **INDUSTRIA ELÉCTRICA:**

- Construcción de plantas geotermoeléctricas, núcleoeléctricas, hidroeléctricas, carboeléctricas, eoloeléctricas o termoeléctricas, convencionales, de ciclo combinado o de unidad turbogás, con excepción de las plantas de generación con una capacidad menor o igual a medio mega watt (MW), utilizadas para respaldo en residencias, oficinas y unidades habitacionales.
- Construcción de estaciones o subestaciones eléctricas de potencia o distribución.
- Obras de transmisión y subtransmisión eléctrica.
- Plantas de cogeneración y autoabastecimiento de energía eléctrica mayores a 3 mega watts (MW).

Las obras a que se refieren a la construcción de nucleoelectricas y construcción de estaciones o subestaciones eléctricas de potencia como se mencionó

anteriormente no requerirán autorización en materia de impacto ambiental cuando pretendan ubicarse en áreas urbanas, suburbanas, de equipamiento urbano o de servicios, rurales, agropecuarias industriales o turísticas.

- EXPLORACIÓN, EXPLOTACIÓN Y BENEFICIO DE MINERALES Y SUSTANCIAS RESERVADAS A LA FEDERACIÓN:

- Obras para la explotación de minerales y sustancias reservadas a la federación, así como su infraestructura de apoyo.
- Obras de exploración, excluyendo las de prospección gravimétrica, geológica superficial, geoeléctrica, magnetotelúrica, de susceptibilidad magnética y densidad, así como las obras de barrenación, de zanjeo y exposición de rocas, siempre que se realicen en zonas agrícolas, ganaderas o eriales y en zonas con climas secos o templados en donde se desarrolle vegetación de matorral xerófilo, bosque tropical caducifolio, bosques de coníferas o encinares, ubicadas fuera de las áreas naturales protegidas y
- Beneficio de minerales y disposición final de sus residuos en presas de jales, excluyendo las plantas de beneficio que no utilicen sustancias consideradas como peligrosas y el relleno hidráulico de obras mineras subterráneas.

- INSTALACIONES PARA EL TRATAMIENTO, CONFINAMIENTO O ELIMINACIÓN DE RESIDUOS PELIGROSOS, ASÍ COMO RESIDUOS RADIOACTIVOS:

- Construcción y operación de plantas para el confinamiento y centros de disposición final de residuos peligrosos.
- Construcción y operación de plantas para el tratamiento, reuso, reciclaje o eliminación de residuos peligrosos, con excepción de aquellas en las que la eliminación de dichos residuos se realice dentro de las instalaciones del generador, en las que las aguas residuales del proceso de separación se destinen a la planta de tratamiento del generador y en las que los lodos producto del tratamiento sean dispuestos de acuerdo con las normas jurídicas

aplicables.

- Construcción y operación de plantas e instalaciones para el tratamiento o eliminación de residuos biológico infecciosos, con excepción de aquellas en las que la eliminación se realice en hospitales, clínicas, laboratorios o equipos móviles, a través de los métodos de desinfección o esterilización y sin que se generen emisiones a la atmósfera y aguas residuales que rebasen los límites establecidos en las disposiciones jurídicas respectivas.
- APROVECHAMIENTOS FORESTALES EN SELVAS TROPICALES Y ESPECIES DE DIFÍCIL REGENERACIÓN:
 - Aprovechamiento de especies sujetas a protección.
 - Aprovechamiento de cualquier recurso forestal maderable y no maderable en selvas tropicales, con excepción del que realicen las comunidades asentadas en dichos ecosistemas, siempre que no se utilicen especies protegidas y tenga como propósito el autoconsumo familiar.
 - Cualquier aprovechamiento persistente de especies de difícil regeneración.
 - Aprovechamientos forestales en áreas naturales protegidas, de conformidad con lo establecido en el artículo 12, de la Ley Forestal.
- PLANTACIONES FORESTALES:
 - Plantaciones forestales con fines comerciales en predios cuya superficie sea mayor a 20 hectáreas, las de especies exóticas a un ecosistema determinado y
 - Las que tengan como objetivo la producción de celulosa, con excepción de la forestación con fines comerciales con especies nativas del ecosistema de que se trate en terrenos preferentemente forestales.
 - Reforestación o instalación de viveros con especies exóticas,

híbridos o variedades transgénicas.

- CAMBIOS DE USO DEL SUELO DE ÁREAS FORESTALES, ASÍ COMO EN SELVAS Y ZONAS ÁRIDAS:
 - Cambio de uso del suelo para actividades agropecuarias, acuícolas, de desarrollo inmobiliario, de infraestructura urbana, de vías generales de comunicación o para el establecimiento de instalaciones comerciales, industriales o de servicios en predios con vegetación forestal, con excepción de la construcción de vivienda unifamiliar y del establecimiento de instalaciones comerciales o de servicios en predios menores a 1,000 metros cuadrados, cuando su construcción no implique el derribo de arbolado en una superficie mayor a 500 metros cuadrados, o la eliminación o fragmentación del hábitat de ejemplares de flora o fauna sujetos a un régimen de protección especial de conformidad con las normas oficiales mexicanas y otros instrumentos jurídicos aplicables.
 - Cambio de uso del suelo de áreas forestales a cualquier otro uso, con excepción de las actividades agropecuarias de autoconsumo familiar, que se realicen en predios con pendientes inferiores al cinco por ciento, cuando no impliquen la agregación ni el desmonte de más del veinte por ciento de la superficie total y ésta no rebase dos hectáreas en zonas templadas y cinco en zonas áridas, y
 - Los demás cambios de uso del suelo, en terrenos o áreas con uso de suelo forestal, con excepción de la modificación de suelos agrícolas o pecuarios en forestales, agroforestales o mediante la utilización de especies nativas.
- PARQUES INDUSTRIALES DONDE SE PREVEA LA REALIZACIÓN DE ACTIVIDADES ALTAMENTE RIESGOSAS:
 - Construcción e instalación de Parques Industriales en los que se prevea la realización de actividades altamente riesgosas, de

acuerdo con el listado o clasificación establecida en el reglamento o instrumento normativo correspondiente.

- **DESARROLLOS INMOBILIARIOS QUE AFECTEN LOS ECOSISTEMAS COSTEROS.**
 - Construcción y operación de hoteles, condominios, villas, desarrollos habitacionales y urbanos, restaurantes, instalaciones de comercio y servicios en general, marinas, muelles, rompeolas, campos de golf, infraestructura turística o urbana, vías generales de comunicación, obras de restitución o recuperación de playas, o arrecifes artificiales, que afecte ecosistemas costeros, con excepción de:
 - Las que tengan como propósito la protección, embellecimiento y ornato, mediante la utilización de especies nativas.
 - Las actividades recreativas cuando no requieran de algún tipo de obra civil.
 - La construcción de viviendas unifamiliares para las comunidades asentadas en los ecosistemas costeros.
- **OBRAS Y ACTIVIDADES EN HUMEDALES, MANGLARES, LAGUNAS, RÍOS, LAGOS Y ESTEROS CONECTADOS CON EL MAR, ASI COMO EN SUS LITORALES O ZONAS FEDERALES:**
 - Cualquier tipo de obra civil, con excepción de la construcción de viviendas unifamiliares para las comunidades asentadas en estos ecosistemas, y
 - Cualquier actividad que tenga fines u objetivos comerciales, con excepción de las actividades pesqueras que no se encuentran previstas en la fracción XII del artículo 28 de la Ley y que de acuerdo con la Ley de Pesca y su reglamento no requieren de la presentación de una manifestación de impacto ambiental, así como de las de navegación, autoconsumo o subsistencia de las

comunidades asentadas en estos ecosistemas.

- OBRAS EN ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS:
 - Cualquier tipo de obra o instalación dentro de las áreas naturales protegidas de competencia de la Federación, con excepción de:
 - Las actividades de autoconsumo y uso doméstico, así como las obras que no requieran autorización en materia de impacto ambiental en los términos del presente artículo, siempre que se lleven a cabo por las comunidades asentadas en el área y de conformidad con lo dispuesto en el reglamento, el decreto y el programa de manejo respectivos.
 - Las que sean indispensables para la conservación, el mantenimiento y la vigilancia de las áreas naturales protegidas, de conformidad con la normatividad correspondiente.
 - Las obras de infraestructura urbana y desarrollo habitacional en las zonas urbanizadas que se encuentren dentro de áreas naturales protegidas, siempre que no rebasen los límites urbanos establecidos en los Planes de Desarrollo Urbano respectivos y no se encuentren prohibidos por las disposiciones jurídicas aplicables.
 - Construcciones para casa habitación en terrenos agrícolas, ganaderos o dentro de los límites de los centros de población existentes, cuando se ubiquen en comunidades rurales.
- ACTIVIDADES PESQUERAS QUE PUEDAN PONER EN PELIGRO LA PRESERVACIÓN DE UNA O MÁS ESPECIES O CAUSAR DAÑOS A LOS ECOSISTEMAS:
 - Actividades pesqueras de altamar, ribereñas o estuarinas, con fines comerciales e industriales que utilicen artes de pesca fijas o que impliquen la captura, extracción o colecta de especies amenazadas o sujetas a protección especial, de conformidad con lo que establezcan las disposiciones jurídicas aplicables, y

- Captura, extracción o colecta de especies que hayan sido declaradas por la Secretaría en peligro de extinción ó en veda permanente.
- ACTIVIDADES ACUÍCOLAS QUE PUEDAN PONER EN PELIGRO LA PRESERVACIÓN DE UNA O MÁS ESPECIES O CAUSAR DAÑOS A LOS ECOSISTEMAS:
 - Construcción y operación de granjas, estanques o parques de producción acuícola, con excepción de la rehabilitación de la infraestructura de apoyo cuando no implique la ampliación de la superficie productiva, el incremento de la demanda de insumos, la generación de residuos peligrosos, el relleno de cuerpos de agua o la remoción de manglar y otra vegetación propia de humedales.
 - Producción de postlarvas, semilla o simientes, con excepción de la relativa a crías, semilla y postlarvas nativas al ecosistema en donde pretenda realizarse, cuando el abasto y descarga de aguas residuales se efectúe utilizando los servicios municipales.
 - Siembra de especies exóticas, híbridos y variedades transgénicas en ecosistemas acuáticos, en unidades de producción instaladas en cuerpos de agua, o en infraestructura acuícola situada en tierra.
 - Construcción o instalación de arrecifes artificiales u otros medios de modificación del hábitat para la atracción y proliferación de la vida acuática.
- ACTIVIDADES AGROPECUARIAS QUE PUEDAN PONER EN PELIGRO LA PRESERVACIÓN DE UNA O MÁS ESPECIES O CAUSAR DAÑOS A LOS ECOSISTEMAS:
 - Actividades agropecuarias de cualquier tipo cuando éstas impliquen el cambio de uso del suelo de áreas forestales, con excepción de:
 - Las que tengan como finalidad el autoconsumo familiar.
 - Las que impliquen la utilización de las técnicas y metodologías

de la agricultura orgánica.

El artículo 6° de la Ley dice que para las ampliaciones, modificaciones, sustituciones de infraestructura, rehabilitación y el mantenimiento de instalaciones relacionado con las obras y actividades señaladas en el artículo anterior, así como con las que se encuentren en operación, no requerirán de la autorización en materia de impacto ambiental siempre y cuando cumplan con todos los requisitos siguientes:

- Las obras y actividades cuenten previamente con la autorización respectiva ó cuando no hubieren requerido de esta.
- Las acciones por realizar no tengan relación alguna con el proceso de producción que generó dicha autorización.
- Dichas acciones no impliquen incremento alguno en el nivel de impacto o riesgo ambiental, en virtud de su ubicación, dimensiones, características o alcances, tales como conservación, reparación y mantenimiento de bienes inmuebles; construcción, instalación y demolición de bienes inmuebles en áreas urbanas, o modificación de bienes inmuebles cuando se pretenda llevar a cabo en la superficie del terreno ocupada por la construcción o instalación de que se trate.

En estos casos, los interesados deberán dar aviso a la Secretaría previamente a la realización de dichas acciones.

Las ampliaciones, modificaciones, sustitución de infraestructura, rehabilitación y el mantenimiento de instalaciones relacionadas con las obras y actividades señaladas en el artículo 5°, así como con las que se encuentren en operación y que sean distintas a las que se refiere el primer párrafo de este artículo, podrán ser exentadas de la presentación de la manifestación de impacto ambiental cuando se demuestre que su ejecución no causará desequilibrios ecológicos ni rebasará los límites y condiciones establecidos en las disposiciones jurídicas relativas a la protección al ambiente y a la preservación y restauración de los ecosistemas.

Para efectos del párrafo anterior, los promoventes deberán dar aviso a la Secretaría de Medio Ambiente de las acciones que pretendan realizar para que

ésta, dentro del plazo de diez días, determine si es necesaria la presentación de una manifestación de impacto ambiental, o si las acciones no requieren ser evaluadas y, por lo tanto, pueden realizarse sin contar con autorización.

De todos los incisos de los artículos de la Ley antes mencionada se puede ver que en el artículo 5º del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental solo aplica el inciso que dice lo siguiente:

- Plantas para el tratamiento de aguas residuales que descarguen líquidos o lodos en cuerpos receptores que constituyan bienes nacionales.

El cual aplica para el proyecto de ampliación de la capacidad de la planta de tratamiento de agua residual que se esta tratando en este estudio. Sin embargo el artículo 6º de la Ley General de Equilibrio Ecológico dice que para la ampliación de construcciones que ya hayan presentado previamente su evaluación de Impacto Ambiental ante las autoridades correspondientes quedarán exentas de presentar un estudio de Impacto ambiental nuevamente, para fines de esta tesis se hace mención de lo antes dicho para aclarar el por que no es necesario presentar un estudio de Impacto Ambiental ante las autoridades correspondientes de la ampliación de la capacidad de la planta de tratamiento de agua residual de la industria alimenticia. Se hace notar que el tema central de este estudio no es conocer todos los artículos de la LGEEPA por lo que solo se han citado los artículos que se relacionan directamente con el desarrollo de este capítulo de Impacto Ambiental.

II.2 IMPACTO AMBIENTAL DEL REUSO DE AGUA RESIDUAL TRATADA

Para un mejor entendimiento en el desarrollo de este tema es importante dar a conocer un panorama general del reuso del agua residual tratada y reuso de agua residual no tratada así como la diferencia entre lo que es el reuso del agua y el reciclaje de la misma.

El agua es uno de los factores más importantes que restringen el desarrollo social y económico del hombre, su escasez y su contaminación amenazan aspectos

fundamentales de la seguridad humana, como el equilibrio del medio acuático, la producción de alimentos, la salud pública, y la estabilidad social y política.

Primero se debe diferenciar entre reciclaje y reuso. El reciclaje se entiende como la actividad que las industrias llevan a cabo internamente con el fin de reducir su consumo de agua mediante sistemas de recuperación y tratamientos. Así, por ejemplo, una industria papelera que recupera sus aguas y las trata para su uso nuevamente esta reciclando esa agua residual.

El reuso consiste en tomar aguas residuales de alguna fuente externa a la industria y tratarla para ser reutilizada en ésta. Por ejemplo, esto se cumple al tomar agua residual de origen municipal y tratarla con el fin de usarla en la industria como por ejemplo torres de enfriamiento.

Dado que las nuevas fuentes de agua pueden ser caras o no estar disponibles, se deben considerar otras alternativas, como la del reuso de agua residual tratada. El aumento en el uso de agua potable principalmente para consumo humano ó para otros fines, como por ejemplo, el riego de prados y jardines, procesos industriales especializados entre otros ha implicado la necesidad de pensar en estrategias que permitan el uso inteligente del agua en las principales ciudades del mundo; es decir, reusar el agua tantas veces como sea posible mediante tratamientos adecuados. Con estos proyectos, que no son nuevos pero que en México hasta ahora han sido apenas incipientes, se podría utilizar agua de menor calidad en actividades que así lo permitan y utilizar la de alta calidad sólo para consumo humano u otros usos especializados.

El agua residual tratada puede proveer el volumen de agua que es necesaria para una gran variedad de usos municipales, industriales, agrícolas y recreativos. El agua tratada también se utiliza para la recarga artificial de mantos acuíferos, por medio de los lechos de las corrientes o por infiltración lenta mediante filtros de arena.

Uno de los grandes potenciales del reuso del agua residual tratada es en la industria puesto que se puede sustituir el agua potable de sus procesos por agua de menor calidad. Las industrias deberán recurrir cada vez más a las aguas tratadas, pues los recursos hidráulicos son más escasos y por lo tanto se le debe

dar prioridad a las necesidades de la población, es decir al consumo humano ya que algunas de las industrias no necesitan agua potable para sus procesos de producción. El tratamiento del agua residual dentro de la industria constituye una buena parte de la solución, al problema de la escasez del agua desde el punto de vista ecológico, además para facilitar el cumplimiento de la normatividad y para obtener un mayor beneficio al medio ambiente reduciendo el impacto ambiental negativo por parte de las industrias.

El reuso del agua residual tratada en el mundo es cada vez más común, esta tendencia se debe principalmente a dos motivos, uno es la actitud conservadora y sanitaria acorde a un pensamiento de protección al ambiente, donde países como Alemania, Australia, Canadá, España o Estados Unidos de América, le dan un tratamiento purificador al agua residual y luego la reciclan en pequeñas cantidades. Por lo general, el agua recién tratada se devuelve a cuerpos de agua superficiales; en parte se destina al riego de campos de golf, campos deportivos, parques o bosques, y, en menor escala, al riego de cultivos que no representan riesgo al consumo humano, y el segundo motivo es la necesidad causada por la escasez o la falta de agua para la sobre vivencia o el desarrollo, como es el caso de países como Brasil, Chile, India, Israel, Marruecos, México o Perú, donde se reutiliza el agua residual en el desarrollo local o regional, empleándola en actividades agrícolas o acuícolas.

A nivel mundial, la República Popular de China es la nación que irriga más hectáreas con agua residual no tratada seguida por México, la Tabla II.1 "Reuso de Aguas Residual a Nivel Mundial" muestra cuales son algunas de las naciones que utilizan agua residual cruda para fines de riego agrícola.

A principios de los 90's, el Instituto Nacional de Ecología (INE) estimaba que alrededor del 44.3 % de las aguas residuales generadas por la población de México, por lo común aguas no tratadas, eran utilizadas en la agricultura. La Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) estima que en el país se están regando alrededor de 350,000 hectáreas con aguas de origen municipal, algunas mezcladas con aguas residuales industriales o con aguas superficiales o de pozo, la preocupación de las cifras antes mencionadas es que existen numerosos

lugares de México en los cuales no hay vigilancia ni control sanitario alguno para el reuso de este recurso.

TABLA II.1 REUSO DE AGUA RESIDUAL A NIVEL MUNDIAL

País	Superficie irrigada (ha.)
China	1,330,000
México	350,000
India	85,500
Chile	16,000
Estados Unidos de América	11,875
Australia	10,000
Israel	8,800
Perú	6,800
Argentina	3,700
Arabia Saudita	2,850

FUENTE: Instituto Nacional de Ecología.

Por otra parte y con un punto de vista positivo con el hecho de reusar el agua residual en el riego de cultivos, estos aumentan su rendimiento debido a que el agua residual contiene nutrientes para el desarrollo de las plantas que sirven como fertilizante. Sin embargo, estas acciones crean temor en la gente por el riesgo de que se facilite la transmisión de enfermedades a consumidores y agricultores debido al empleo de agua residual no tratada para el riego de cultivos, lo que en otras palabras es un impacto de aspecto social.

La disposición y distribución, del agua residual no tratada mediante un sistema de riego, puede afectar de manera negativa a la vida y al mismo tiempo crear un impacto ambiental negativo como por ejemplo:

- Efectos negativos sobre la salud de los residentes del lugar.

- Afectan la salud y calidad del producto de los animales de cría.
- Dañan a la fauna silvestre que vive en el medio circundante.
- En el ambiente físico contamina el suelo y
- Contamina las aguas subterráneas.

El reuso del agua tratada representa una alternativa para el riego de campos agrícolas, ya que mediante el monitoreo realizado se comprueba que hay una baja incidencia de bacterias por lo que no representa un riesgo ambiental, o un problema de salud a la población, sin embargo es indudable que todavía debe seguirse estudiando el posible reuso del agua residual tratada, aunque por lo pronto en algunos cultivos ya puede usarse para el riego, así como en jardines públicos e incluso en algunas industrias para sus procesos de producción.

Muchas industrias han construido plantas de tratamiento de aguas residuales y otras las tienen en sus programas de inversión, ya sea para su reutilización en procesos industriales, para cumplir con las regulaciones ambientales o para ambos aspectos, y se prevé que en los próximos años el mercado de las plantas de tratamiento en México aumente considerablemente, pero no se puede precisar el monto de las inversiones en este sentido, pues aunque la necesidad de agua es inminente, también existe como factor limitante y adverso: la crisis actual de la economía global, que afecta de forma importante a la República Mexicana y al desarrollo de estos proyectos de tratamiento de agua residual.

Por otra parte, sí se mantiene el compromiso de las autoridades y de los empresarios de impulsar un mayor reciclaje y reuso del agua, en aspectos industriales y de servicios, el mercado de plantas de tratamiento logrará un mayor crecimiento. Es un hecho que la demanda creciente de las empresas requiere de proyectos para un uso más eficiente y conciente del agua residual que generan en sus procesos de producción. Realmente, casi todo el sector empresarial pugna por alcanzar un mejor uso del agua, pero aún resulta caro adquirir una tecnología de punta y no siempre se puede hacer una inversión inmediata millonaria, por eso, las autoridades deberían proponer sistemas fiscales y otros incentivos para estimular la adquisición de estas tecnologías.

Así, en centros urbanos como la capital de la República Mexicana, el reuso del agua y el aprovechamiento del agua residual tratada es cada vez más necesario. Por lo tanto, ya sea a corto o mediano plazo, el mercado para el agua residual tratada se muestra muy atractivo. Los proyectos para la construcción de plantas de tratamiento se prevén como altamente rentables en dependencia de los esquemas de inversión y la demanda potencial del mercado específico al cual se pretende abastecer.

La construcción de las plantas de tratamiento de agua residual no representa, en estos momentos, la solución completa al problema, aún y cuando las plantas comiencen a operar y lleguen a entregar agua de buena calidad sanitaria a los agricultores, las tierras están química y biológicamente contaminadas, y así permanecerán por varios años más debido al uso de años atrás de agua residual cruda. De lo anterior, se puede concluir que es necesario un programa de educación y promoción de salud ambiental que permita implementar los criterios sobre el reuso cuidadoso del agua residual, por lo que es necesaria una mayor conciencia entre los industriales para prevenir la contaminación, ya que los ecosistemas no soportan la excesiva carga de contaminantes y se debe actuar a favor de las futuras generaciones.

Como se ha podido observar es cada vez mayor el empleo del agua residual cruda y tratada para distintos fines ya sea por necesidad o por un carácter ambiental conservador, en la ampliación de la capacidad de la planta de tratamiento de agua residual que es le tema central de esta tesis, el reuso o mejor dicho el reciclaje que se hace con el agua residual proveniente de los procesos de producción de los productos alimenticios ahí producidos, en primer lugar este reciclaje se lleva acabo con un tratamiento físico químico y biológico del agua residual, teniendo como resultado del proceso de tratamiento, agua de calidad que se encuentra dentro de los límites máximos permisibles de acuerdo a las normas de ecología, dicha agua tratada se empleará en un 20 % del volumen total tratado principalmente para la limpieza de los patios de la planta de tratamiento y para el riego de las áreas verdes de la planta de producción alimenticia. Por otra parte no solo se logra estar dentro de los rangos establecidos por las normas ecológicas

para la descarga de agua residual tratada, también desde un punto de vista económico se logra la disminución de multas que se pagan a las autoridades por la entrega de agua residual cruda al canal municipal de aguas negras, puesto que el concepto de rentabilidad no se puede separar del costo ecológico, lo cual es igual a un costo ambiental que conlleva a un precio económico a veces imposible de cubrir, es evidente que el medio empresarial tiene el compromiso ineludible de tratar sus aguas para el reuso. (Los datos de las multas y la calidad del agua residual tratada se precisan en el Capítulo III “Ingeniería Básica del Sistema de Tratamiento Propuesto”) La operación del proyecto de la ampliación contribuirá a evitar que se descargue agua contaminada al cuerpo receptor y evitará en forma significativa el impacto ambiental negativo al medio circundante.

II.3 CAUSAS GENERADORAS DEL USO DE LAS AGUAS RESIDUALES EN EL MEDIO AMBIENTE

Los ríos, lagos y mares recogen, desde tiempos inmemoriales, las basuras producidas por la actividad humana. El ciclo natural del agua tiene una gran capacidad de purificación. Pero esta misma facilidad de regeneración del agua, y su aparente abundancia, hace que sea el vertedero habitual en el que se arrojan los residuos producidos por las principales actividades de producción humana algunos ejemplos son los pesticidas, los desechos químicos, metales pesados, residuos radiactivos, los cuales se encuentran, en cantidades mayores o menores dependiendo del desecho del que se trate, Muchas aguas están contaminadas hasta el punto de hacerlas peligrosas para la salud humana, y dañinas para la vida.

La degradación de las aguas viene de tiempos remotos en lugares, como la desembocadura del Nilo, en este lugar existen niveles altos de contaminación desde hace siglos; pero ha sido en este siglo cuando se ha extendido este problema a ríos y mares de todo el mundo.

Primero fueron los ríos, las zonas portuarias de las grandes ciudades y las zonas industriales las que se convirtieron en sucias cloacas, cargadas de productos químicos, espumas y toda clase de contaminantes. Con la industrialización y el

desarrollo económico este problema se ha ido trasladando a los países en vías de desarrollo.

El agua residual es generada por las actividades del sector social que incluyen las descargas de residuos de origen doméstico y público, agua residual del sector agropecuario que incluyen los efluentes de instalaciones dedicadas a la crianza y engorda de ganado mayor y menor, así como por el agua de retorno agrícola; el agua residual del sector industrial representado por las descargas originadas por las actividades correspondientes a la extracción y transformación de recursos naturales en bienes de consumo humano y satisfactores para la población.

Con respecto al suministro de agua potable y alcantarillado en México es pertinente citar que la cobertura del servicio para población urbana es 76 % y 65 % respectivamente, mientras que para la población rural es de 49 % y 12 %, respectivamente.

En los últimos años se ha observado un incremento en el número de industrias con desechos de difícil tratamiento y disposición, por lo que, es fácil comprender que el problema de recolección, tratamiento y disposición de aguas industriales es de gran magnitud y complejidad.

El agua residual de origen industrial varía en cantidad y composición en función del tipo de industria y de los procesos que producen la descarga, siendo en general su poder contaminante mucho mayor que el de las aguas residuales domésticas.

Para este caso, el tratamiento del agua residual industrial requiere de procesos especializados que degraden y remuevan las fuentes contaminantes que la caracteriza, con objeto de lograr un efluente aceptable para que sea descargado a una corriente receptora.

La siguiente Tabla II.2 “Principales Sustancias Contaminantes del Sector Industrial” muestra los principales contaminantes que generan las industrias a los cuerpos de agua receptores natural.

La contaminación del agua puede proceder de fuentes naturales o de actividades humanas, en la actualidad la más importante, sin duda, es la provocada por el hombre, el desarrollo y la industrialización suponen un mayor uso de agua, una gran generación de residuos muchos de los cuales van a parar a los cuerpos de

**PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO PARA LA AMPLIACIÓN
DE LA CAPACIDAD DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO
DE AGUA RESIDUAL DE LA INDUSTRIA ALIMENTICIA**

agua receptores y el uso de medios de transporte fluvial y marítimo que, en muchas ocasiones, son causa de contaminación de las aguas.

Según el tipo de industria se producen distintos tipos de residuos, normalmente en los países desarrollados muchas industrias poseen eficaces sistemas de depuración de las aguas, sobre todo las que producen contaminantes más peligrosos, como metales tóxicos.

**TABLA II.2 PRINCIPALES SUSTANCIAS CONTAMINANTES
DEL SECTOR INDUSTRIAL**

SECTOR INDUSTRIAL	PRINCIPALES SUSTANCIAS CONTAMINANTES
Construcción	Sólidos en suspensión, metales, pH.
Minería	Sólidos en suspensión, metales pesados, materia orgánica, pH, cianuros.
Energía	Calor, hidrocarburos y productos químicos.
Textil y piel	Cromo, taninos, sulfuros, colorantes, grasas, disolventes orgánicos, ácidos acético y fórmico, sólidos en suspensión.
Automotriz	Aceites lubricantes, pinturas y aguas residuales.
Navales	Petróleo, productos químicos, disolventes y pigmentos.
Siderurgia	Cascarillas, aceites, metales disueltos, emulsiones, sosas y ácidos.
Química inorgánica	Mercurio (Hg), Fósforo (P), fluoruros, cianuros, amoníaco, nitritos, ácido sulfhídrico, Fluor (F), Manganeseo (Mn), Molibdeno (Mo), Plomo (Pb), Plata (Ag), Selenio(Se), Zinc (Zn), y los compuestos de todos ellos.
Química orgánica	Silícico, compuestos cancerígenos y otros que afectan al balance de oxígeno.
Fertilizantes	Nitratos y fosfatos.
Pasta y papel	Sólidos en suspensión y otros que afectan al balance de oxígeno.
Plaguicidas	Órgano halogenado, órgano fosforado, compuesto cancerígeno.

FUENTE: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua

Como se sabe bien las emisiones de agua residual cruda es decir sin previo tratamiento, provoca alteraciones en los cuerpos de agua natural como el cambio

de color de agua, la reducción de oxígeno, estas emisiones en cantidades pequeñas pueden ser tolerables hasta un punto donde ya comienza a ser un problema en el cual se ve la necesidad de la intervención del hombre con proyectos como el tratamiento del agua residual.

A continuación se mencionan los daños que provocan las emisiones de agua residual no tratada a los cuerpos de agua natural.

Los seres vivos y su ambiente físico integran unidades funcionales, denominadas ecosistemas, que se caracterizan por su compleja trama de relaciones de materia asimilada por las plantas verdes, y que es utilizada para la reducción del carbono, del hidrógeno y la formación de cuerpos orgánicos. La materia y energía asimilada por las plantas verdes es transferida a aquellos organismos que no son capaces de realizar esa función: animales y plantas no fotosintéticas.

Las transferencias de materia y energía entre los diferentes elementos del ecosistema conducen a la degradación de los compuestos orgánicos inicialmente formados por las plantas; los elementos nutritivos indispensables para el funcionamiento de los seres vivos son así reintegrados al medio físico y de este las plantas pueden tomarlos y reincorporarlos a la trama de la vida. Los ecosistemas naturales, o sea, aquellos que no han sido modificados por el hombre, se caracterizan por su estabilidad y capacidad de regeneración. La contaminación que ocasiona el hombre, a través del vertido de las aguas residuales no tratadas, afecta contra estas dos características.

Las aguas residuales domésticas e industriales contienen impurezas que van a depositarse en los cuerpos de agua al ser vertidas por los sistemas de alcantarillado.

Cualquier cuerpo de agua puede asimilar una cierta cantidad de contaminantes sin mostrar efectos negativos serios, debido a que el ciclo biológico que tiene lugar en él se ajusta al mayor abastecimiento de alimentos o a otras condiciones cambiantes.

En una corriente con un contenido bajo de materia orgánica existen pocas sustancias nutritivas para sostener la vida, de tal forma que aunque se presenten muchos tipos diferentes de organismos vivos, hay solo un número pequeño de individuos de

cada tipo. En cuerpos de agua con alto contenido de materia orgánica, las condiciones son inadecuadas para plantas y animales superiores, así que las bacterias son los organismos que predominan. Un fenómeno llamado auto purificación permitirá que eventualmente se estabilice la materia orgánica y se restablecerá una comunidad balanceada.

Por supuesto la naturaleza de los residuos y las características del agua tendrán una influencia considerable en los efectos de una descarga en particular. Los desechos de mayor importancia en la contaminación del agua son:

- Compuestos tóxicos, que ocasionan la destrucción o inhibición de la actividad biológica en el agua. La mayor parte de ellos se originan en las actividades industriales e incluyen algunos de los siguientes materiales: materiales pesados, fenoles, pesticidas y radioisótopos. Las aguas naturales también pueden contener concentraciones importantes de elementos tóxicos por disolución de los mismos en diversos estratos del suelo; estos compuestos permanecen después del uso del agua y se vierten a los cuerpos receptores. La actividad biológica en el agua también puede producir compuestos tóxicos, por ejemplo hay algas responsables de desprender toxinas en el agua.
- Materiales que afectan el balance del oxígeno del agua: Sustancias que consumen el oxígeno disuelto. Estas pueden ser tanto materia orgánica que es descompuesta biológicamente y ocasiona una demanda bioquímica de oxígeno, o agentes inorgánicos reductores. Sustancias que impiden la reoxigenación. El oxígeno disuelto en el agua es suministrado por transferencia desde la atmósfera. Productos tales como el aceite y los detergentes pueden formar una capa protectora sobre la superficie del agua, reduciendo la tasa de transferencia de oxígeno y pueden, por tanto, amplificar los efectos de las sustancias consumidoras de oxígeno así como descargas con altas temperaturas pueden alterar el balance del oxígeno porque la concentración de saturación del oxígeno disuelto disminuye al incrementarse la temperatura.
- Altas concentraciones de sólidos inertes, pueden depositarse en el fondo de

corrientes y lagos impidiendo el crecimiento de la flora acuática que sirve de alimento a los peces.

- La presencia de micro organismos patógenos pueden ocasionar brotes de enfermedades infecciosas si el agua se emplea para consumo humano.

Los cuerpos de agua tienen la capacidad de asimilar cierta cantidad de sustancias contaminantes mediante el fenómeno del auto purificación. Este fenómeno involucra uno o más de los siguientes procesos: sedimentación, oxidación química de agentes reductores, decaimiento bacterial debido a las condiciones inhóspitas para los micro organismos patógenos, oxidación bioquímica.

En lo que toca al problema de la contaminación del agua existen muchos efectos indeseables como la presencia de organismos patógenos y el déficit de oxígeno. Dependiendo de la dilución disponible, pueden haber un incremento importante en el contenido de sólidos disueltos, materia orgánica, nutrientes (como nitrógeno y fósforo), turbiedad y otros parámetros indicadores de contaminación.

Las alteraciones físicas que se presentan en los cuerpos de agua son:

Color: El agua no contaminada suele tener ligeros colores rojizos, pardos, amarillentos o verdosos debido, principalmente, a los compuestos húmicos, férricos o los pigmentos verdes de las algas que contienen.

Las aguas contaminadas pueden tener muy diversos colores pero, en general, no se pueden establecer relaciones claras entre el color y el tipo de contaminación.

Olor y sabor: Compuestos químicos presentes en el agua como los fenoles, diversos hidrocarburos, cloro, materias orgánicas en descomposición o esencias liberadas por diferentes algas u hongos pueden dar olores y sabores muy fuertes al agua, aunque estén en muy pequeñas concentraciones. Las sales o los minerales dan sabores salados o metálicos, en ocasiones sin ningún olor.

Temperatura: El aumento de temperatura disminuye la solubilidad de gases (oxígeno) y aumenta, en general, la de las sales. Aumenta la velocidad de las reacciones del metabolismo, acelerando la putrefacción. La temperatura óptima del agua para beber está entre 10 y 14 °C.

Las centrales nucleares, térmicas y otras industrias contribuyen a la contaminación térmica de las aguas, a veces de forma importante.

Materiales en suspensión: Partículas como arcillas, limo y otras, aunque no lleguen a estar disueltas, son arrastradas por el agua de dos maneras: en suspensión estable (disoluciones coloidales); o en suspensión que sólo dura mientras el movimiento del agua las arrastra. Las suspendidas coloidalmente sólo precipitarán después de haber sufrido coagulación o floculación (reunión de varias partículas)

Espumas: Los detergentes producen espumas y añaden fosfato al agua (eutrofización). Disminuyen mucho el poder autodepurador de los ríos al dificultar la actividad bacteriana. También interfieren en los procesos de floculación y sedimentación en las estaciones depuradoras.

Las alteraciones y daños antes mencionados son las causas principales por las que se debe emplear agua residual en el medio ambiente es decir que se debe tratar el agua antes de verterlas a los cuerpos de aguas naturales. Es por estas razones que se hace de manera obligatoria el tratamiento del agua residual de la planta de producción alimenticia bajo las condiciones de las normas que ya han sido mencionadas en el Capítulo I “Marco Normativo” de este estudio.

La contaminación de las aguas ocasiona que los usos benéficos que se le pueden dar al recurso se vean limitados; por ello, y para proteger el interés público, los gobiernos han establecido la legislación necesaria para proteger a los cuerpos receptores del vertido de desechos.

II.4 MEDIDAS DE MITIGACIÓN A LAS CAUSAS ANTERIORES

Las actividades que implican el desarrollo y crecimiento de una nación como es el caso de México un país en vías de desarrollo, pueden tener impactos significativos sobre el ambiente natural y las comunidades humanas. Durante los últimos 20 años la industria ha crecido hasta reconocer la necesidad y la obligación de las compañías de identificar y mitigar los impactos ambientales que provocan sus actividades. En muchos países este reconocimiento ha sido manejado o alentado por la adopción de leyes que obligan a evaluaciones de impacto ambiental para nuevos proyectos.

Durante la década pasada las expectativas de las comunidades locales, gobiernos nacionales, organizaciones de desarrollo internacional, organizaciones no gubernamentales y otros interesados han puesto de relieve lo concerniente al esfuerzo a cumplir por las compañías para mitigar los efectos ambientales de sus actividades. En los años recientes esas expectativas se han extendido explícitamente para exigir a las compañías que hagan frente a un amplio rango de problemas e impactos sociales, algunos de los cuales a menudo no habían estado incorporados dentro los limitados análisis sociales y económicos hechos ocasionalmente como parte de las evaluaciones de impacto ambiental previo.

Estas expectativas crecientes se han combinado con una mayor atención internacional hacia las oportunidades y desafíos asociados con el desarrollo sostenible. Como resultado éstos han presionado a las compañías para que eviten de manera más efectiva, o mitiguen los impactos ambientales y sociales de sus actividades, sobre todo en ambientes naturales y/o humanos particularmente sensibles. Esto ha requerido que las compañías y grupos industriales desarrollen e implementen de manera más agresiva mejores y nuevas prácticas tanto en tecnología como en la gestión para mitigar los efectos a corto y largo plazo.

Las organizaciones gubernamentales, organizaciones de desarrollo, y organizaciones no gubernamentales están también activamente involucradas en desarrollar guías para ayudar a identificar, mejorar, y evaluar las mejores prácticas industriales. Los gobiernos tienen un papel particularmente importante, el cual es formular y reforzar las justas reglas del juego que definen responsabilidades precisas para todos los involucrados en la mitigación de los impactos ambientales y sociales y que establecerán un punto común de partida para inversiones competitivas.

Los impactos físicos directos de las actividades pueden darse en formas bastante variables. Los impactos potenciales comunes pueden ser contaminación del aire y agua por desechos, destrucción de bosques y erosión por actividades de deforestación y alteración de la vida salvaje y del hábitat. Los impactos indirectos también pueden darse, tales como colonización y deforestación que resultan al abrirse el acceso hacia áreas mediante la construcción de carreteras y la

colocación de ductos, los efectos de las actividades industriales a las comunidades humanas pueden ser adversos, incluso devastadores, estos a la vez pueden incluir daños a los recursos locales de subsistencia, salud, cultura, estructura económica y social, y una variedad de otros aspectos propios al funcionamiento de las comunidades locales en el área afectada.

Las regulaciones nacionales gubernamentales requieren típicamente identificación, evaluación, y mitigación de impactos y beneficios sociales y ambientales relevantes, al mismo tiempo también pueden especificar los estándares ambientales que deben cumplir las compañías Sin embargo, especialmente en países en desarrollo, pueden darse vacíos significativos en el ámbito y efectividad de tales regulaciones, así como también limitaciones en la capacidad financiera e institucional del gobierno para implementar y hacer cumplir los requerimientos aplicables necesarios para evitar los daños al medio ambiente.

Por consiguiente, las compañías deben ver los requisitos legales aplicables como la base mínima a cumplir, empleando su conocimiento, experiencia, y habilidad para mitigar. Las compañías pueden planificar y llegar más allá de los requerimientos legales donde sea necesario para mitigar más efectivamente los efectos sociales y ambientales potencialmente adversos de sus actividades. Esto significa que las compañías deben estar preparadas para identificar e implementar activamente los procesos internos y externos que utilicen las mejores prácticas tecnológicas y de administración.

Las estrategias para controlar es decir mitigar los impactos ambientales y sociales deben generalmente ser consideradas en el siguiente orden:

- Prevención, evitar el impacto potencial
- Minimización, disminuir la escala temporal del impacto.
- Remedio, aplicar las técnicas de la rehabilitación después de que el impacto ha ocurrido.
- Compensación, aceptar el impacto o el impacto residual y compensar apropiadamente (monetariamente o en otras formas por ejemplo, entrenamiento, restauración en el lugar, programas de desarrollo comunal para manejo de recursos naturales, etc.).

Las industrias en general, deben buscar oportunidades para asociarse con otras organizaciones tales como las organizaciones gubernamentales, las cuales tienen experiencia en contribuir a procesos de evaluación o programas de mitigación.

Como se pudo ver en el inciso II.1 Normatividad de este capítulo las medidas de mitigación son las acciones necesarias para atenuar los impactos y restablecer o compensar las condiciones ambientales existentes antes de la perturbación que se causan con la realización de un proyecto en cualquiera de sus etapas.

Existen las siguientes normas las cuales ayudan poner en marcha medidas de mitigación:

- Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1993
- Norma Oficial Mexicana NOM-002-ECOL-1993
- Norma Oficial Mexicana NOM-003-ECOL-1993
- Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental
- Ley de Aguas Nacionales
- Ley General de Salud
- Ley Federal de Derechos en Materia de Agua

Las Normas antes mencionadas ya han sido descritas en el Capítulo I “Marco Normativo” de esta Tesis, las cuales en parte son mediadas que se encargan de restringir y limitar el daño que se causa al medio ambiente por el vertido de aguas residuales a los cuerpo de agua. Este conjunto de leyes y normas se encargan de mitigar el daño a la flora, la fauna, daños económicos, ayudan a mantener el equilibrio ecológico, la estabilidad política y social entre otros aspectos.

Como se ha visto para la autorización de la construcción de la ampliación de la capacidad de la planta de tratamiento de agua residual por parte de las autoridades municipales no se necesita de una evaluación de Impacto Ambiental de acuerdo con la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental ya que no genera un Impacto Ambiental negativo de acuerdo a dicha ley, por lo contrario al ampliar la capacidad del tren de tratamiento se esta logrando reducir el impacto negativo al medio ambiente.

Sin embargo se pueden tomar como medidas de mitigación para la construcción de

la ampliación planta de tratamiento de agua residual las siguientes acciones:

Por su construcción:

- Emisiones a la atmósfera como generación de partículas suspendidas (polvos), por la utilización de materiales a granel como cemento, arena, grava, etc., así también se generarán gases por actividades de corte y soldadura, no se aplicará ninguna medida de mitigación puesto que las bajas concentraciones que se van a generar, estas emisiones se dispersarán en la atmósfera, sin existir daño alguno al entorno.
- Descarga de Aguas Residuales, se considera que no existirán tales.
- Residuos Sólidos como las envolturas y empaques generados por la utilización de materiales de construcción (cemento, cal, pintura, etc.), como medida de mitigación se manejarán estos residuos como residuos municipales y posteriormente se entregarán al servicio de recolección.
- Emisiones de Ruido. Se esperan niveles sonoros de 50 a 60 decibeles en periodos intermitentes, estos serán generados por herramientas de corte, de soldado y otras actividades manuales, por el nivel sonoro que se tendrá se considera que se dispersará en el ambiente sin causar ninguna alteración al entorno, por lo que no existe alguna medida de mitigación para estas actividades.

Por su Operación:

- Emisiones a la atmósfera. Por tratarse de una planta de tratamiento de aguas del tipo biológico, se considera que habrá un mínimo de olores, los cuales se dispersarán en el entorno inmediato sin causar afectación alguna, por lo que no se aplicara alguna medida de mitigación para esta actividad.
- Descarga de aguas residuales. La finalidad de la planta de tratamiento será la reducción de contaminantes del agua generada durante el desarrollo de los procesos productivos de la planta, por lo que el agua mejorará su calidad en la salida de la planta de tratamiento, permitiendo que se encuentre en los límites permisibles para ser descargada, sin afectación al entorno.

- Residuos sólidos. Las envolturas de los materiales de plástico y papel ocupados para el tratamiento de agua residual proveniente de la planta serán dispuestos como residuos no peligrosos.
- Emisiones de ruido. El ruido que se genere durante esta etapa será debido a los sopladores, motores y bombas que forman parte del proceso, encontrándose en niveles sonoros permisibles, por lo que no se aplicara alguna medida de mitigación para esta actividad.
- Otros. Se generarán lodos de desecho, los cuales serán espesados y deshidratados por medio del filtro prensa. Una vez deshidratados serán dispuestos en un relleno sanitario, no se aplicara alguna medida de mitigación para esta actividad.

Por su Mantenimiento:

- Emisiones a la atmosfera. En esta etapa será la generación de polvos por el aseo de la planta, los cuales se dispersarán en la atmósfera circundante sin existir afectación, para esta actividad no se aplicará ninguna medida de mitigación.
- Descarga de aguas residuales. El agua que se genere durante el mantenimiento será del lavado de equipo y del área de tratamiento, y conducirá hacia el drenaje industrial, para esta actividad no se aplicará ninguna medida de mitigación.
- Residuos sólidos. Se considerarán las envolturas generadas durante la utilización de equipo o maquinaria para el mantenimiento. como medida de mitigación se manejarán estos residuos como residuos municipales y posteriormente se entregarán al servicio de recolección.

Existen proyectos a futuro dentro de la planta de producción alimenticia, los cuales ayudarán aún más a reducir el impacto ambiental:

- Se tiene contemplado adaptar un sistema de abastecimiento de agua tratada a una torre de enfriamiento para dejar de utilizar agua potable y así disminuir el consumo de agua potable en este proceso que no la necesita.

Como conclusión de este capítulo se puede decir que el uso irracional del agua potable por la acción del ser humano ha causado la contaminación de los cuerpos

de agua natural, llevando a la necesidad de buscar alternativas para combatir el problema de la contaminación del agua mediante procesos especializados de tratamiento de agua residual y así al mismo tiempo poder combatir la escasez del agua.

De esta manera con el tratamiento del agua residual se pretende evitar el impacto ambiental adverso a los medios circundantes como los cuerpos de agua receptores. Por otra parte la ampliación y puesta en marcha del proyecto de la ampliación de la capacidad de la planta de tratamiento de agua residual de la industria alimenticia que se esta tratando en este tema de Tesis no necesita de la elaboración del estudio de impacto ambiental para presentarse ante las autoridades de acuerdo a la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental (LGEEPA) como se mencionó en el artículo 6° de la LGEEPA el cual dice que no requerirán de la autorización en materia de impacto ambiental para la ampliación de proyectos que cuenten con la autorización previa ó cuando no requiriera de esta, que las acciones a realizar no tengan que ver con el proceso de producción y que la ampliación no sea en zona urbana, ya que el proyecto de la ampliación de la capacidad de la planta de tratamiento de agua residual cumple con los requisitos antes mencionados, queda exenta de realizar un estudio de impacto ambiental.

De esta manera el proyecto de la ampliación de la capacidad de tratamiento de la planta contribuirá a evitar que se descargue agua residual cruda al cuerpo receptor de acuerdo con las Normas Ecológicas vigentes (NOM-ECOL-001, NOM-ECOL-002, y NOM-ECOL-003), al estar cumpliendo con las descargas de agua residual tratada bajo los límites máximos permisibles, evitará en forma significativa los impactos adversos en el cuerpo receptor.

Finalmente la compañía de la industria alimenticia que se esta tratando en este estudio, basándose en las leyes gubernamentales pone en marcha las medidas de mitigación tanto para la ampliación de la capacidad de la planta de tratamiento agua residual como para la mitigación del impacto ambiental que provocaría el vertido del agua residual cruda al cuerpo receptor y como ya se ha hecho mención principalmente se tienen como acciones mitigación que el 20 % del volumen agua

tratada por la planta se empleará para la limpieza de los patios de la planta de tratamiento, así como para el riego de las áreas verdes de la planta de producción alimenticia, con estas acciones se reduce el volumen empleado de agua potable en los procesos que no requieren de agua con la calidad de consumo humano. De esta manera, el 80 % restante del volumen tratado se vierte al cuerpo receptor cumpliendo con los límites máximo permisibles.

Como se ha visto es notorio el interés por parte de las autoridades de la República Mexicana en no dejar que la construcción de cualquier tipo de obra perjudique al medio ambiente, anteriormente las obras se realizaban sin estudios de impacto ambiental lo cual repercutía notoriamente en el medio ambiente de forma negativa, debido al acertado trabajo de las autoridades es por reglamento realizar estos estudios los cuales son un elemento fundamental para la aprobación de muchas construcciones hoy en día en la República Mexicana.

CAPÍTULO III

INGENIERÍA BÁSICA DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO PROPUESTO

CAPÍTULO III

INGENIERÍA BÁSICA DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO PROPUESTO

Hay que recordar que el objetivo primordial del presente proyecto es diseñar y construir la ampliación para una planta de tratamiento de 8 l/s para la depuración de las aguas residuales que se generan en el área de proceso y que permitan alcanzar las condiciones idóneas para alimentar el efluente al tratamiento de depuración final de 16 l/s, integrado por un proceso biológico aerobio, el cual se encargará de generar agua con calidad suficiente para descargar al cuerpo receptor de acuerdo con la normatividad vigente, junto con la ampliación de la capacidad del pre-tratamiento físico-químico (del agua residual industrial, generada por las áreas productivas de la planta industrial alimenticia que se toma como ejemplo para el presente trabajo).

De acuerdo con las características de los contaminantes contenidos de las aguas residuales generadas por dicha planta, y tomando en cuenta las condiciones de la propia planta industrial y de la descarga de agua residual tratada que realiza al río Tultitlán (Estado de México), se recomienda el emplear un proceso de tratamiento combinado fisicoquímico-biológico. Las aguas residuales serán tratadas mediante el proceso de Flotación con Aire Disuelto (Dissolved Air Flotation DAF), seguido de un proceso de desbaste de materia orgánica por medio de un filtro percolador y el cual concluirá con el proceso de lodos activados en su variante aeración extendida completamente mezclado y sin sedimentación primaria; utilizando el proceso actualmente existente.

Para disminuir las variaciones de gasto y aprovechar en mayor medida los efectos de neutralización se adecuará un proceso de igualación aprovechando la infraestructura existente. Los lodos de desecho fisicoquímicos productos del tratamiento, serán conducidos al mismo sitio de disposición autorizado, a que son sometidos los que actualmente se generan en el área de Alimentos de la planta industrial.

III.1 PROCESO BIOLÓGICO

El tratamiento secundario (Proceso Biológico) consiste en transformar la materia orgánica disuelta en materia orgánica suspendida. Por lo general, los procesos microbianos empleados son aeróbicos. El tratamiento secundario supone emplear y acelerar los procesos naturales de eliminación de los residuos. Las bacterias aeróbicas convierten la materia orgánica en formas estables, como dióxido de carbono, agua, nitratos y fosfatos, así como otros materiales orgánicos. Hay diversos procesos alternativos para el tratamiento secundario.

- Filtro de goteo: En este proceso, una corriente de aguas residuales se distribuye intermitentemente sobre un lecho o columna de algún medio poroso, revestido con una película gelatinosa de microorganismos que actúan como agentes destructores. La materia orgánica de la corriente de agua residual es absorbida por la película microbiana y transformada en dióxido de carbono y agua. El proceso de goteo, cuando va precedido de sedimentación, puede reducir cerca de un 85% la Demanda Biológica de Oxígeno₅ (DBO₅ es la cantidad de Oxígeno necesario por las bacterias para oxidar la materia orgánica disuelta en el Agua Residual. El 5 significa que al 5to día las bacterias oxidan el 70% de la materia Orgánica Disuelta).
- Lodo activado: Se trata de un proceso aeróbico en el que partículas gelatinosas de lodo quedan suspendidas en un tanque de aireación y reciben oxígeno. Las partículas de lodo activado, llamadas flóculos, están compuestas por millones de bacterias en crecimiento activo aglutinadas por una sustancia gelatinosa. El flóculo absorbe la materia orgánica y la convierte en productos aeróbicos. La reducción de la Demanda Biológica de Oxígeno₅ (DBO₅ es la cantidad de Oxígeno necesario por las bacterias para oxidar la materia orgánica disuelta en el Agua Residual. El 5 significa que al 5to día las bacterias oxidan el 70% de la materia Orgánica Disuelta), fluctúa entre el 60 y el 85 por ciento. Un importante acompañante en toda planta que use lodo activado o un filtro de goteo

(filtro percolador) es el clarificador secundario, que elimina las bacterias del agua antes de su descarga.

- Estanque de estabilización o laguna: Otra forma de tratamiento biológico es el estanque de estabilización o laguna, que requiere una extensión de terreno considerable y, por tanto, suelen construirse en zonas rurales. Las lagunas opcionales, que funcionan en condiciones mixtas, son las más comunes, con una profundidad de 0.6 m a 1.5 m y una extensión superior a una hectárea. En la zona del fondo, donde se descomponen los sólidos, las condiciones son anaerobias; la zona próxima a la superficie es aeróbica, permitiendo la oxidación de la materia orgánica disuelta y coloidal. Puede lograrse una reducción de la Demanda Biológica de Oxígeno₅ (DBO₅ es la cantidad de Oxígeno necesario por las bacterias para oxidar la materia orgánica disuelta en el Agua Residual. El 5 significa que al 5to día las bacterias oxidan el 70% de la materia Orgánica Disuelta) de un 75 a un 85 por ciento.

III.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL

La planta industrial alimenticia, que se toma como ejemplo, se localiza en la zona industrial de Tultitlán, Estado de México y la cual fabrica y envasa una variedad de productos entre los que destacan:

- Helados y paletas: producidos a de base agua, leche o crema.
- Aceites, margarinas, mantecas y aderezos (estos últimos para ensaladas): provenientes de un proceso de refinación de aceites.

La fabricación de estos productos genera necesariamente aguas residuales que deben ser descargadas al cuerpo receptor bajo la normatividad ambiental vigente. De acuerdo con la información proporcionada, la planta industrial genera diferentes descargas de aguas residuales ("Agua residual industrial" proveniente de las áreas productivas y "Agua de servicios", ésta última proveniente de baños, comedor, regaderas y vestidores) con características diferentes, tanto en concentración de materia orgánica, como de sales, temperatura y valores de pH.

Sin embargo las diferentes corrientes de aguas residuales con sus condiciones propias, son conducidas por gravedad hacia un cárcamo de bombeo en el cual se permite un reducido tiempo de retención celular, para posteriormente ser evacuadas de la zona de producción hacia la zona de tratamiento (la cual se llamará “Fase I” y “Fase II”, que consisten en un tratamiento físico-químico y un tratamiento biológico) y disposición. En la Fase I (tratamiento físico-químico), llega el agua residual industrial, generada por las áreas productivas. En la Figura III.1 “Diagrama de flujo de aguas residuales” se muestra el flujo que lleva el agua residual en la industria alimenticia, en donde el agua de las áreas productivas, es recolectada por cárcamos (que se denominarán como C1, C2, ... , Cn) y de aquí es transferida hacia la Fase I para un tratamiento primario físico-químico, y posteriormente hacia el tratamiento secundario (a un tanque de igualación denominado TH, para disminuir las variaciones de gasto y aprovechar en mayor medida los efectos de neutralización en la Fase II).

Para llevar a cabo la depuración de las aguas residuales generadas en la planta industrial alimenticia se tomó como base la caracterización de las aguas residuales, información presentada por personal de la planta industrial y que se presenta en la Tabla III.1 “Caracterización y eficiencias requeridas”.

Los valores presentados en la tabla representan los valores promedio esperados de cada uno de los principales contaminantes presentes en las descargas líquidas de la planta alimenticia y que deben ser reducidos en los valores indicados en la misma tabla (sección derecha de cada columna).

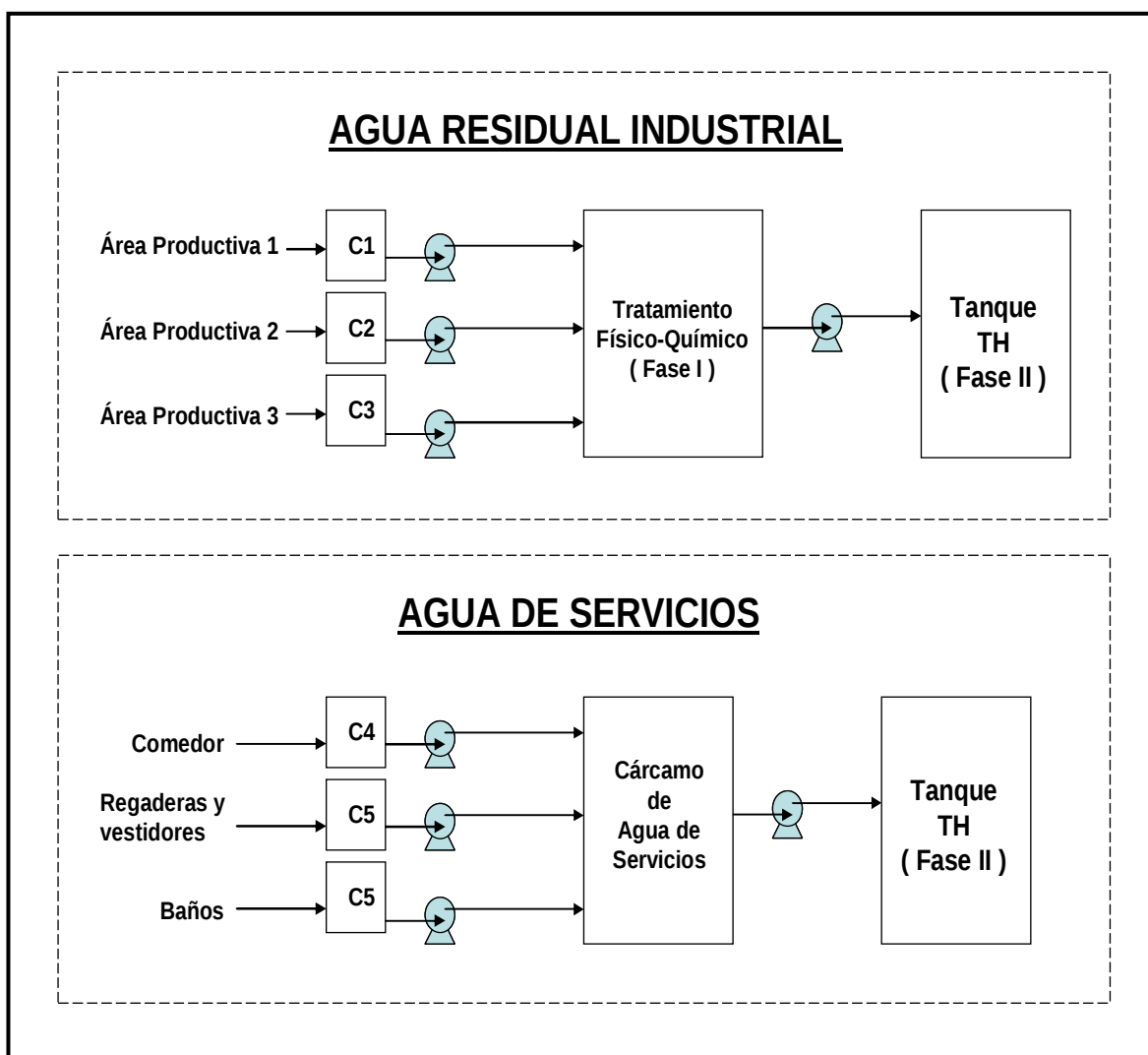
En virtud de la gran variación en la calidad de las aguas residuales que se generan y al relativo corto tiempo de retención en el cárcamo de bombeo, será necesario establecer un período de homogeneización para obtener una calidad de agua estable para ser sometida a tratamiento sin mayores contratiempos.

Actualmente la planta de tratamiento de agua residual de la industria alimenticia que se toma como ejemplo, tiene como proceso biológico (área o sección que se llamará también “Fase II”) el sistema por lodos activados.

El lodo activado es un proceso de tratamiento por el cual el agua residual y el lodo biológico (microorganismos) son mezclados y aereados en un tanque denominado

aerador (Tanque RB-01 de la Figura III.2 “Tren de Tratamiento Actual para el Proceso Biológico”), los flóculos biológicos formados en este proceso se sedimentan en un tanque de sedimentación (Tanque TS-01 de la Figura III.2 “Tren de Tratamiento Actual para el Proceso Biológico”), lugar del cual son recirculados nuevamente al tanque aerador o de aeración Tanque RB-01 de la Figura III.2 “Tren de Tratamiento Actual para el Proceso Biológico”).

FIGURA III.1 “DIAGRAMA DE FLUJO DE AGUAS RESIDUALES”



En el proceso de lodos activados los microorganismos son completamente mezclados con la materia orgánica en el agua residual de manera que ésta les sirve de alimento para su producción. Es importante indicar que la mezcla o

**PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO PARA LA AMPLIACIÓN
DE LA CAPACIDAD DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO
DE AGUA RESIDUAL DE LA INDUSTRIA ALIMENTICIA**

agitación se efectúa por medios mecánicos (aeradores superficiales, sopladores, etc.) los cuales tiene doble función:

- producir mezcla completa y
- agregar oxígeno al medio para que el proceso se desarrolle.

TABLA III.1 “CARACTERIZACIÓN Y EFICIENCIAS REQUERIDAS”

Parámetros		Actualización Físico-químico		Nuevo Sistema Biológico		Actualización al Sistema Biológico Existente	
Volumen	m ³ /día	1,571	1,466	1,466	1,319	1,439	1,295
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/l	11,934	4,774	4,774	1,909	1,909	145
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/l	2,165	325	325	130	144	26
Grasas y Aceites	mg/l	5,171	207	207	83	227	11

La representación esquemática del proceso se muestra en la Figura III.2 “Tren de Tratamiento Actual para el Proceso Biológico”.

III.2.1 ELEMENTOS BÁSICOS DE LAS INSTALACIONES DEL PROCESO DE LODOS ACTIVADOS:

- Tanque de aeración (Tanque RB-01 de la Figura III.2 “Tren de Tratamiento Actual para el Proceso Biológico”): Estructura donde el desagüe y los microorganismos (incluyendo retorno de los lodos activados) son mezclados. Se produce reacción biológica.
- Tanque sedimentador (Tanque TS-01 de la Figura III.2 “Tren de Tratamiento Actual para el Proceso Biológico”): El desagüe mezclado procedente del tanque aerador es sedimentado separando los sólidos suspendidos (lodos activados), obteniéndose un desagüe tratado clarificado.
- Equipo de aereación: Inyección de oxígeno para activar las bacterias

heterotróficas.

- Sistema de retorno de lodos (Tanque RC-01 de la Figura III.2 “Tren de Tratamiento Actual para el Proceso Biológico”): El propósito de este sistema es el de mantener una alta concentración de microorganismos en el tanque de aereación. Una gran parte de sólidos biológicos sedimentados en el tanque sedimentador son retomados al tanque de aereación y el resto del volumen de desecho a procesamiento mediante espesamiento y digestión (Tanque Digestor de Lodos mostrado en la Figura III.2 “Tren de Tratamiento Actual para el Proceso Biológico” como TQ DL). Se requiere por lo tanto un cárcamo de bombeo para manejar un gasto entre 0.5 y 1.5 veces el gasto de entrada a la planta. El cárcamo de lodos en sí se reduce a un tanque de concreto armado de 1.8 m³ de volumen.
- La digestión aerobia (Tanque Digestor de Lodos mostrado en la Figura III.2 “Tren de Tratamiento Actual para el Proceso Biológico” como TQ DL) es un proceso en el cual se produce una aereación por un periodo significativo de tiempo, de una mezcla de lodo digerible de la clarificación primaria y lodo del tratamiento biológico aerobio, con el resultado de una destrucción de células y una disminución de sólidos volátiles en suspensión. El objetivo de la digestión aerobia es estabilizar la materia orgánica y reducir el total de lodos que se debe evacuar posteriormente. Esta reducción es el resultado de la conversión, por oxidación de una parte sustancial del lodo en productos volátiles.
- Cárcamo de agua tratada (TQ AT de la Figura III.2 “Tren de Tratamiento Actual para el Proceso Biológico”). El agua proveniente del sedimentador secundario (TQ TS-01 de la Figura III.2 “Tren de Tratamiento Actual para el Proceso Biológico”) será enviada al tanque de almacenamiento de agua tratada (TQ AT de la Figura III.2 “Tren de Tratamiento Actual para el Proceso Biológico”) por medio de bombas tipo sumergible las cuales podrán manejar un gasto de hasta 15 l/s.

- Exceso de lodos y su disposición (Filtro Prensa de la Figura III.2 “Tren de Tratamiento Actual para el Proceso Biológico”): El exceso de lodos, debido al crecimiento bacteriano en el tanque de aereación, son eliminados, tratados y dispuestos. Para poder llevar a cabo una mejor deshidratación de los lodos generados en el proceso de tratamiento, será necesario la adición de productos químicos (adición hecha en el Tanque TQ AL de la Figura III.2 “Tren de Tratamiento Actual para el Proceso Biológico”), en este caso será un polímero sintético. Esto se llevará a cabo en el cárcamo de acondicionamiento de lodos (Tanque TQ AL de la Figura III.2 “Tren de Tratamiento Actual para el Proceso Biológico”) el cual tendrá un tiempo de retención hidráulico cercano a los 15 minutos. Los lodos digeridos pueden tener una concentración máxima de 3 % a 4 %, lo que daría un volumen de lodos de desecho, tomando en cuenta una eliminación del 50 % de los sólidos suspendidos volátiles de 18.89 m³/día lo que representa un problema importante de manejo. El sistema de deshidratación comprende el filtro prensa (Filtro Prensa de la Figura III.2 “Tren de Tratamiento Actual para el Proceso Biológico”), una bomba de diafragma para alimentación de los lodos y un compresor para suministrar aire tanto a la bomba de diafragma y al filtro prensa para incrementar el grado de deshidratación. Este filtro puede incrementar la concentración de sólidos a cerca del 30% lo que daría un volumen de disposición 5.65 m³/día en condiciones de manejo mucho más adecuadas.

III.2.2 OPERACIÓN BÁSICA DEL SISTEMA

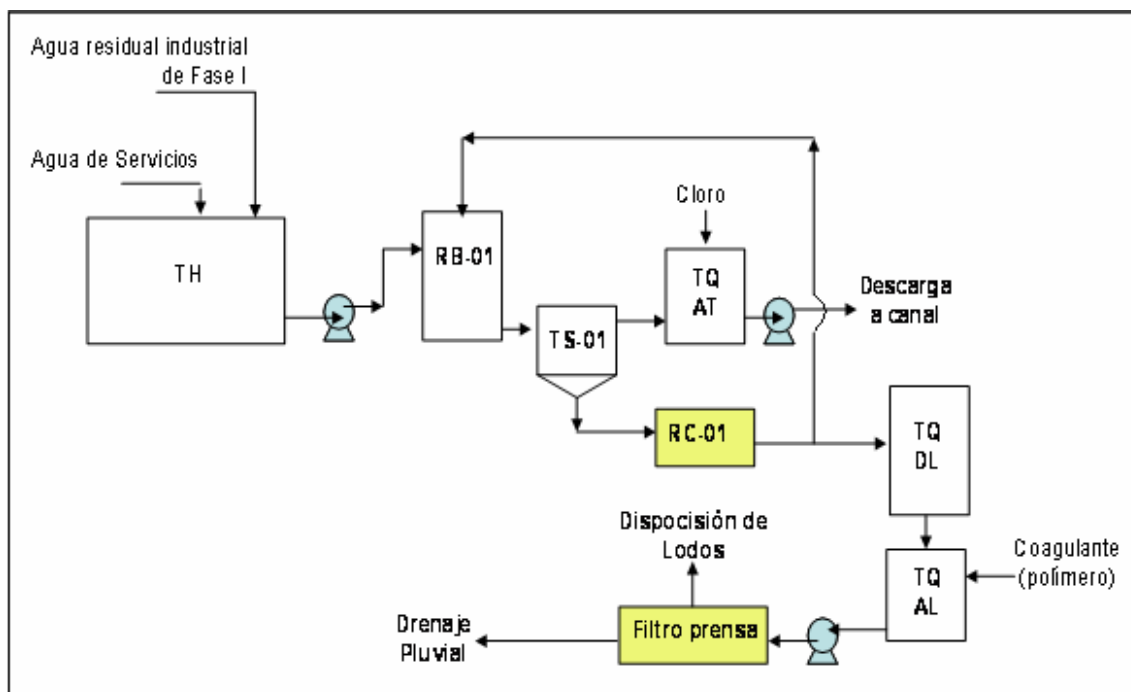
- Pre-tratamiento/Ajuste de Aguas Residuales: En algunos casos las aguas residuales deben ser acondicionadas antes de procederse con el proceso de lodos activados, esto es debido a que ciertos elementos inhiben el proceso biológico, algunos de estos casos son: sustancias dañinas a la activación microbiana (ejemplo: el cloro en forma de gas, Cl₂); grandes cantidades de sólidos (utilización de cribas o rejas antes de la llegada al tanque de sedimentación primaria cuyos sólidos son fácilmente

sedimentables, y este proceso se realiza a la entrada de los cárcamos recolectores del agua residual industrial y del agua de servicio); aguas residuales con valores anormales de pH (es un proceso de neutralización indispensable, el cual se realiza en los cárcamos recolectores del agua residual industrial y del agua de servicio); desagües con grandes fluctuaciones de gasto y calidad de las aguas residuales incluyendo concentración de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) (esto se realiza en el tanque de igualación mostrado como tanque TH en la Figura III.1 “Diagrama de Flujo de Aguas Residuales”).

- Remoción de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) en un Tanque de aereación. Las aguas residuales crudas mezcladas con el lodo activado retornado del tanque de sedimentador final son aireadas hasta obtener 2 mg/l de oxígeno disuelto o más, en este proceso una parte de materia orgánica contenida en los desagües es mineralizada y gasificada y la otra parte es asimilada como nuevas bacterias.
- Separación del sólido líquido en el Tanque de Sedimentación. Los lodos activados deben ser separados del licor mezclado provenientes del tanque de aereación, este proceso se realiza en el tanque de sedimentación, concentrándolos por gravedad. La finalidad de este proceso es conseguir un efluente clarificado con un mínimo de sólidos suspendidos y asegurar el lodo de retorno al tanque aereador.
- Descarga del exceso de lodos. Con la finalidad de mantener la concentración de los lodos activados en el licor mezclado a un determinado valor, una parte de los lodos son eliminados del sistema hacia el tanque digestor de lodos (mostrado en la Figura III.2 “Tren de Tratamiento Actual para el Proceso Biológico” como TQ DL) y de ahí hacia un filtro prensa para posteriormente disponer el lodo seco como residuo sólido. Un aspecto relacionado con la separación de lodos es el concerniente a los flóculos biológicos de los lodos activados, estos están compuestos de bacterias heterotróficas y son el elemento principal para la purificación, tienen dos importantes características en el proceso, las

cuales son eficiente remoción de materia orgánica y eficiente separación de sólidos.

**FIGURA III.2 “TREN DE TRATAMIENTO ACTUAL
PARA EL PROCESO BIOLÓGICO”**



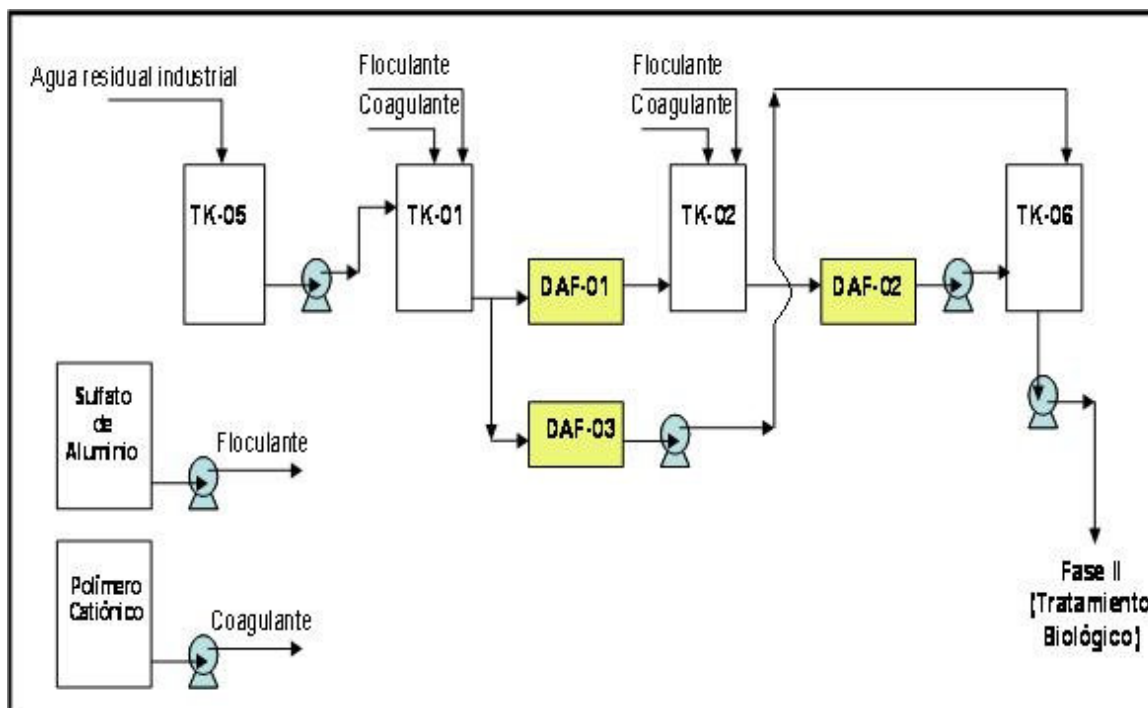
III.3 PROCESO FÍSICO QUÍMICO

El principal objetivo del tratamiento físico-químico, como tratamiento primario, es la reducción de los sólidos en suspensión. En algunos casos como consecuencia del tratamiento, se pueden obtener reducciones importantes de fósforo, ciertos metales pesados, etc., lo cual puede llegar a constituir la razón principal para la adopción de este tipo de tratamientos. En este proyecto, el tratamiento físico-químico, se lleva a cabo en la Fase I, la cual se muestra el tren de tratamiento en la Figura III.3 “Tren de Tratamiento Actual para el Tratamiento Físico-Químico”.

Para poder realizar la reducción de sólidos en suspensión se utiliza la separación por Flotación con Aire Disuelto (Dissolved Air Flotation DAF) el cual es el más adecuado para la remoción del alto contenido de grasas presentes en el agua de desecho, asimismo ofrece la versatilidad de entregar un efluente de características constantes, aun alimentando un influente con variaciones importantes en el contenido de materia orgánica, y principalmente de contaminantes suspendidos.

A grandes rasgos la descripción y operación de un equipo por Flotación con Aire Disuelto (Disolved Air Flotation DAF) se puede sintetizar como sigue:

**FIGURA III.3 “TREN DE TRATAMIENTO ACTUAL
PARA EL TRATAMIENTO FÍSICO-QUÍMICO”**



A un influente con alto contenido de sólidos en suspensión, emulsionados y coloides es desestabilizado comúnmente por la adición de químicos para su clarificación por flotación y sedimentación (químicos como el sulfato de aluminio, que sirve como floculante, y el polímero catiónico que sirve como coagulante, y la adición de ambos se muestra en la Figura III.3 “Tren de Tratamiento Actual para el Tratamiento Físico-Químico”), se presuriza con aire disuelto y se transfiere a la zona de flotación, ahí se libera la presión y millones de micro burbujas de aire son liberadas, adhiriéndose a los sólidos suspendidos y otros contaminantes, elevándose a la superficie. El material flotante es removido por brazos desnatadores y el sedimentado por medio de purgas periódicas del fondo del tanque para su desalojo. Estos sistemas son 100 % presurizados y con recirculación. Mezclan floculación, clarificación y flotación de lodos en una sola operación. Sus usos comunes remueven partículas suspendidas así como grasas,

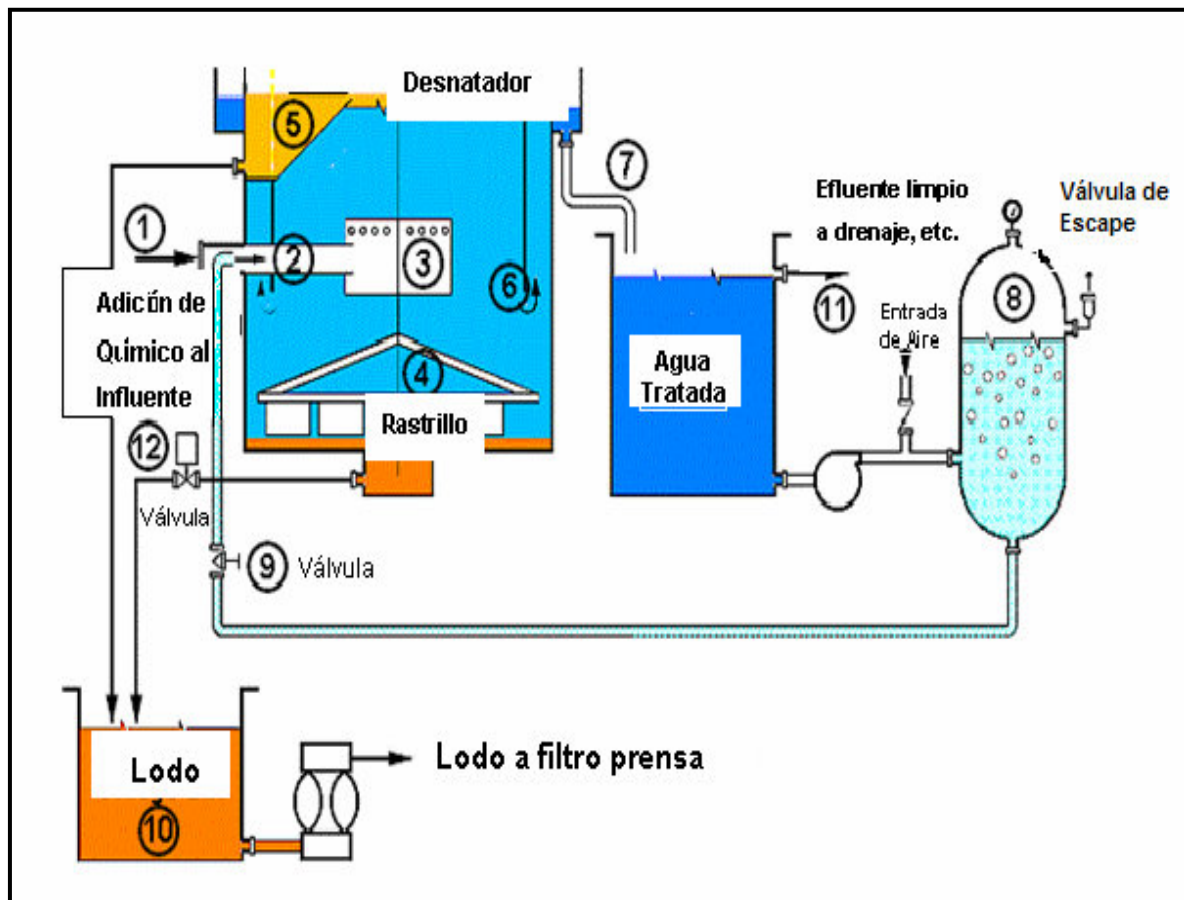
emulsiones, etc.

Los clarificadores de Flotación por Aire Disuelto (Disolved Air Flotation DAF) se utilizan normalmente para remover sólidos suspendidos, grasas, aceites y partículas flotantes en el agua de desecho de la industria alimenticia que se toma como ejemplo.

III.3.1 OPERACIÓN DEL SISTEMA

Para facilitar la explicación de este tema, se presenta la Figura III.4 “Operación del Sistema”, la cual es un diagrama del principio de funcionamiento. Cabe señalar que sólo se trata del diagrama de operación general y no es el específico del caso que se está analizando.

FIGURA III.4 “OPERACIÓN DEL SISTEMA”



- Tubos de mezcla del influente. El influente es llevado a un extremo del tanque donde se distribuye por un tubo de mezcla (1). El agua reciclada y

saturada de aire es también introducida al distribuidor principal a través de aspersores que logran una turbulencia para mezclado (2). La presión del agua reciclada es reducida a presión atmosférica a través de la válvula de control (9). Aquí se logra una uniformidad con el aire saturado en el agua residual que condiciona el influente y lo lleva al siguiente paso.

- Mezcla y distribución. Se despresuriza el agua reciclada que se mezcla con el influente principal en el las cámaras centrales (3). Las cámaras centrales se diseñan para retener la mezcla y realizar una distribución general en el tanque. Estas cámaras también permites el tiempo adecuado para que las moléculas de aire puedan adherirse y aglomerarse a los sólidos suspendidos, produciéndose una estabilización hidráulica.
- Remoción de material flotante y sedimentos. Si existieran sólidos pesados, se irán directamente al fondo del tanque del sistema de Flotación por Aire Disuelto (Disolved Air Flotation DAF) (4). Una serie de tolvas los acumulan en el fondo, para posteriormente ser desalojados. La válvula (12) se puede cerrar o abrir de manera manual para desalojar los lodos sedimentados. Un desnatador en la superficie remueve los sólidos que flotan hacia la descarga superficial (5). Ambos lodos son recolectados en el tanque de colección de lodos (10).
- Celdas DAF (Celdas por Flotación con Aire Disuelto). El flujo disminuye dramáticamente cuando va de la cámara de distribución al tanque de flotación. Esto se debe a que el tanque ha sido diseñado para dar espacio y tiempo a que los sólidos lleguen a la superficie y formen una capa de nata espesa para ser removida por el desnatador. El agua tratada y clarificada es expulsada del tanque por las Celdas del sistema de Flotación por Aire Disuelto (Disolved Air Flotation DAF) de la salida (6).
- Cámara de salida. Del flujo de agua clarificada, por acción de vasos comunicantes es llevado a un tanque de bombeo (7), de aquí se toma una parte para reciclar y el resto se envía a la siguiente etapa de tratamiento.
- Unidad de presurización. La porción del agua clarificada que se recicla, es

el medio que llevará el aire disuelto al equipo por Flotación con Aire Disuelto (Disolved Air Flotation DAF). Este efluente es inyectado al tanque de presurización (8) con aire comprimido a 60 psi (4.2 kg/cm²). El nivel de este tanque es controlado para evitar que aire sin disolver llegue a la cámara del sistema por Flotación con Aire Disuelto (Disolved Air Flotation DAF). El agua presurizada y el aire comprimido son mezclados y retenidos lo suficiente para crear una solución saturada. Esta solución saturada pasará por la válvula reductora de presión (9).

- Para este proyecto, se muestran las Figuras III.4 “Operación del Sistema” y III.5 “Tanque Sedimentador”, que muestran, el tren de tratamiento físico-químico actual y el tren de tratamiento después de la ampliación, considerando que no se tuvo que hacer una gran inversión, ya que el sistema actual es bastante eficiente y sólo se hizo la modificación para incrementar el volumen de agua a tratar, proveniente de las áreas productivas de la industria alimenticia y con características de semejantes (grasas y aceites como contaminantes a remover).

III.4 FILTRO PERCOLADOR

El concepto del filtro percolador nació del uso de los filtros de contacto, que eran estanques impermeables rellenos con piedra machacada. En su funcionamiento, el lecho de contacto se llenaba con el agua residual desde la parte superior y se dejaba que se pudiese en contacto con el medio durante un corto período de tiempo. El lecho se vaciaba a continuación y se le permitía que reposase antes de que se repitiese el ciclo. Un ciclo típico exigía 12 horas de las cuales había 6 horas de reposo. Las limitaciones del filtro de contacto incluyen una posibilidad relativamente alta de obturaciones, el prolongado período de tiempo de reposos necesario, y la carga relativamente baja que podía utilizarse.

En el filtro percolador el agua residual es roseada sobre la piedra y se deja que se filtre a través del lecho, este filtro consiste en un lecho formado por un medio sumamente permeable al que los micro organismos se adhieren y a través del cual se filtra el agua residual. El tamaño de las piedras de que consta el medio filtrante

está entre 2.5 a 10 cm de diámetro, la profundidad de estas varía de acuerdo al diseño particular, generalmente de 0.9 a 2.4 m con un promedio de profundidad de 1.8 m. Ciertos filtros percoladores usan medios filtrantes plásticos con profundidades de 9 a 12 m. Actualmente el lecho del filtro es circular y el residuo líquido se distribuye por encima del lecho mediante un distribuidor giratorio, antes el lecho era rectangular y el agua residual se distribuía mediante boquillas rociadoras fijas. Cada uno de los filtros posee un sistema de desagüe inferior el cual recoge el agua tratada y los sólidos biológicos que se han separado del medio, este sistema de desagüe es importante tanto como instalación de recogida como por su estructura porosa a través de la que el aire puede circular.

La materia orgánica que se halla presente en le agua residual es degradada por la población de micro organismos adherida al medio, esta materia es absorbida sobre una capa viscosa (película biológica), en cuyas capas externas es degradada por los micro organismos aerobios. A medida que los microorganismos crecen el espesor de la película aumenta y el oxígeno es consumido antes de que pueda penetrar todo el espesor de la película, por lo que se establece un medio ambiente anaerobio, cerca de la superficie del medio, conforme esto ocurre la materia orgánica absorbida es metabolizada antes de que pueda alcanzar los microorganismos situados cerca de la superficie del medio filtrante. Como resultado de no disponer de una fuente orgánica externa de carbón celular, los microorganismos situados cerca de la superficie del medio filtrante se hallan en la fase endógena de crecimiento, en la que pierden la capacidad de adherirse a la superficie del medio. En estas condiciones el líquido a su paso a través del medio filtrante arrastra la película y comienza el crecimiento de una nueva, esta pérdida de la película es función de la carga hidráulica y orgánica del filtro, donde la carga hidráulica origina las velocidades de arrastre y la orgánica influye en las velocidades del metabolismo de la película biológica, en base a estas cargas hidráulica y orgánica los filtros pueden dividirse en dos tipos: de baja y alta carga.

- Filtro de baja carga: Es un dispositivo relativamente sencillo y de funcionamiento sumamente seguro, que produce una cantidad estable de efluente, sin perjuicio de que el efluente sea de naturaleza cambiante.

Predomina en él una gran población de bacterias nitrificantes, por lo que el efluente es pobre en amoníaco y rico en nitritos y nitratos. La pérdida de carga a través del filtro puede ser 1.5 a 3 m, lo que puede ser un impedimento si el terreno es demasiado plano para permitir la circulación por gravedad. Con una pendiente favorable, la posibilidad de utilizar la circulación por gravedad es una ventaja. Sin embargo, los filtros de este tipo también tienen algunos inconvenientes. Los olores son un problema frecuente, especialmente si el agua residual es poco reciente o séptica o si el tiempo es cálido. Los filtros no deberán colocarse en donde los olores puedan causar problemas. Las moscas (psychoda) se desarrollarán en los filtros, a menos que se tomen medidas de precaución para su control.

- Filtro de alta carga: La recirculación del efluente final o efluente del filtro permite la aplicación de mayores cargas orgánicas. La recirculación del efluente desde el clarificador del filtro percolador permite que este tipo de filtro alcance la misma eficiencia de eliminación que los filtros normales o de baja carga. La recirculación del efluente alrededor del filtro da como resultado el retorno de organismos viables. Se ha observado que éste método de operación mejora, con frecuencia, la eficiencia del tratamiento. La recirculación evita la obstrucción del filtro y reduce los problemas derivados del olor y las moscas.

La instalación de sedimentación es muy importante en el proceso del filtro percolador, pues es necesaria para eliminar los sólidos suspendidos que se desprenden durante los períodos de descarga en los filtros, si se utiliza recirculación una parte de estos sólidos sedimentados podría ser reciclado y el resto debe desecharse, pero la recirculación de los sólidos sedimentados no es tan importante en este proceso, la mayoría de los microorganismos se adhieren al medio filtrante, la recirculación podría ayudar a la inoculación del filtro, sin embargo, los objetivos principales de ésta son disminuir las aguas residuales y hacer que el efluente del filtro se ponga en contacto de nuevo con la población para el tratamiento adicional, la recirculación casi siempre forma parte de los sistemas de filtros percoladores de alta carga.

**TABLA III.2 “PROPIEDADES FÍSICAS DE MEDIOS
PARA FILTROS ROCIADORES”**

Medio	Tamaño Nominal	Peso/unidad de volumen kg/m ³	Área superficial específica m ² /m ³	% de Espacios huecos
Roca de río				
Pequeña	26-65	1,250-1,450	55-70	40-50
Grande	100-120	800-1,000	40-50	50-60
Escoria de alto horno				
Pequeña	50-80	900-1,200	55-70	40-50
Grande	75-125	800-1,000	45-60	50-60
Plástico				
Convencional	600x600x1,200	30-100	80-100	94-97
Gran superficie	600x600x1,200	30-100	100-200	94-97
Secoya	600x600x500	150-175	40-50	70-80

Con respecto a la biopelícula, se tiene que considerar:

- Características de empaques. El empaque ideal de un filtro es aquel material que tenga una gran área superficial por unidad de volumen, bajo costo, alta durabilidad y que no se obstruya fácilmente. Las características físicas de empaques comúnmente usados se detallan en la Tabla III.2 “Propiedades Físicas de Medios para Filtros Rociadores”. El material más conveniente es generalmente la roca de río o grava graduada a un tamaño uniforme dentro del rango de 25 a 75 mm. El lecho de roca es particularmente satisfactorio. Otros materiales, como escoria, cenizas volcánicas, o carbón mineral, también son usados. Las piedras con diámetro menor a 25 mm no proveen suficiente espacio vacío entre ellas para permitir el flujo libre del agua residual y sólidos que se desprenden. Resultando un taponamiento del medio y estancamiento dentro del filtro. Piedras de gran diámetro evitan el problema de estancamiento pero tienen una relativamente pequeña área superficial por unidad de volumen; por lo

tanto no pueden soportar una población biológica muy grande.

La especificación de uniformidad de tamaño es un camino para asegurar un espacio de poro adecuado. Un tipo de medio sintético consiste de interconectar láminas de plástico, las cuales son acomodadas simulando un panal para producir una alta porosidad y resistencia al taponamiento del empaque. Las láminas al ser montadas, requieren poco espacio en comparación con el volumen final del medio ensamblado. Las láminas son corrugadas, así cuando el medio es ensamblado, se forma una fuerte parrilla de poco peso.

Por la forma de los módulos, estos se pueden configurar para el arreglo más conveniente de cada filtro. La alta capacidad hidráulica y la resistencia al taponamiento pueden ser mejoradas al ser utilizados en un filtro de alta tasa.

A continuación, se presenta la Tabla III.3 “Características Operacionales de Filtros Percoladores”, en la cual se presentan algunas características que se deben considerar para la operación de los filtros percoladores, considerando que los filtros pueden ser de baja o alta carga.

TABLA III.3 “CARACTERÍSTICAS OPERACIONALES DE FILTROS PERCOLADORES”

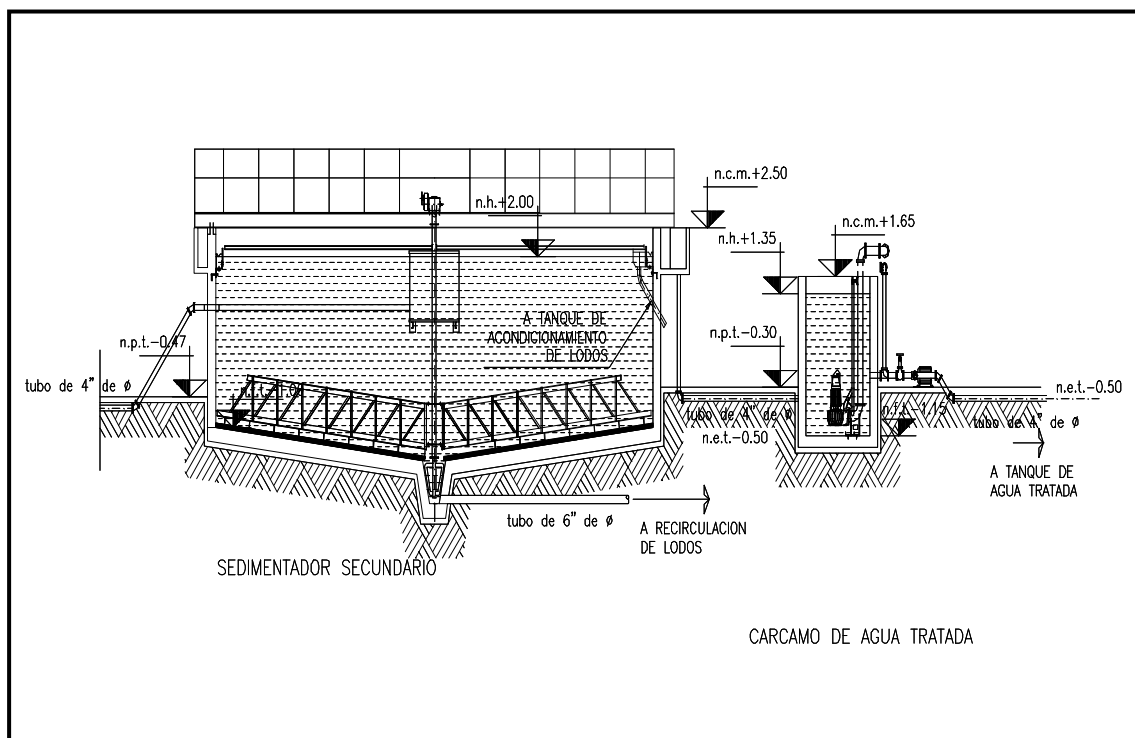
FACTOR	FILTRO	
	BAJA CARGA	ALTA CARGA
Capacidad hidráulica, en miles de m ³ / día	1.12 a 4.5	11.2 a 45
Carga orgánica, en DBO ₅ /m ³ día	1 a 3.3	3.3 a 16.5
Profundidad, en m	1.8 a 3	0.9 a 2.4
Recirculación	Ninguna	1 : 1 a 4 : 1
Volumen de piedra	5 a 10 veces	1
Arrastre de sólidos	Intermitente	Continua
Operación	Simple	Alguna práctica
Intervalo de alimentación	No superior a 5 min (generalmente intermitente)	No superior a 15s (continuo)
Efluente	Totalmente nitrificado	Nitrificación a bajas cargas

III.5 TANQUE SEDIMENTADOR

La sedimentación secundaria es el último paso en la clarificación del agua residual por lo que su misión es la de separar las partículas sedimentables del licor mezclado por diferencia de gravedad.

Los lodos biológicos contenidos en el licor mezclado del reactor aeróbico se separarán del agua tratada por gravedad. Los sólidos se depositarán en el fondo del tanque, el cual está provisto de una tolva para almacenamiento de lodos y una rastra para colección de los sólidos hacia la tolva, asimismo, contará con un brazo y charola para remover las natas las cuales se enviarán al tanque de recirculación de lodos (RC-01 de la Figura III.2 “Tren de Tratamiento Actual para el Proceso Biológico”).

FIGURA III.5 “TANQUE SEDIMENTADOR”



El tanque será de forma circular (Figura III.5, “Tanque sedimentador”) con un mecanismo giratorio para transportar y arrastrar los lodos del fondo, hacia una tolva que estará descargando al cárcamo de lodos de purga y recirculación (RC-01 de la Figura III.2 “Tren de Tratamiento Actual para el Proceso Biológico”).

El efluente sedimentado se conducirá por gravedad hacia el cárcamo de bombeo de agua tratada (TQ AT de la Figura III.2 “Tren de Tratamiento Actual para el Proceso Biológico”) por medio de una tubería de 4” (10.16 cm) de diámetro y las natas se enviarán al tanque de recirculación de lodos (RC-01 de la Figura III.2 “Tren de Tratamiento Actual para el Proceso Biológico”).

III.6 NUEVA ALINEACIÓN AL TREN DE TRATAMIENTO

Dado que el objetivo del presente proyecto es reducir la carga contaminante del efluente de las áreas productivas hasta alcanzar los límites máximos permisibles de la NOM-001-ECOL-1996, se hará la ampliación de la capacidad de la planta de tratamiento actual, cuyo tren de tratamiento se ha descrito en los subtemas anteriores (conformados por Fase I y Fase II), consistiendo ésta en la adquisición de un equipo de flotación de grasas (Dissolved Air Flotation DAF) y un filtro biológico (Filtro Percolador) así como del uso de un reactor biológico (Tanque aereador) y sedimentador existentes en la actual planta de tratamiento de la industria alimenticia que se está analizando. Los nuevos equipos de tratamiento reducirán 80 % la carga contaminante y el 17 % restante necesario para cumplir con los límites máximos permisibles se eliminarán en equipos existentes de la planta, ya que actualmente el 79 % del agua residual que se genera en esta industria, recibe tratamiento en la planta existente cumpliendo con las especificaciones para su descarga establecidas en la NOM-001-ECOL-1996 y el 21 % restante se descarga a cuerpo receptor federal sin recibir tratamiento, debiendo cubrir los correspondientes pagos por derechos de descarga a la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) en forma trimestral (\$1,114,188 por año). La planta de tratamiento no cuenta con la capacidad hidráulica de carga contaminante para procesar el total de volumen de agua que se genera debido a que los parámetros de su diseño son diferentes a las condiciones actuales que hoy prevalecen. De tal forma es necesario incrementar la capacidad hidráulica de 8 l/s a 16 l/s con una carga contaminante de 4,735 kg DBO₅/día. El tren de tratamiento se ubicará dentro de las instalaciones de la actual planta de tratamiento de la industria alimenticia que se analiza, con el objeto de compartir y

instala un equipo de Flotación por Aire Disuelto (Disolved Air Flotation DAF-04) para incrementar la capacidad de eliminación de grasas.

Para el tratamiento secundario (proceso biológico ó Fase II), se construye un filtro percolador para reducir la carga contaminante (capacidad de carga 4.81 kg DBO/m³) junto con un tanque de recirculación de lodos (RC-02). La interconexión de los nuevos equipos con los ya existentes en dicha planta de tratamiento se muestra en la Figura III.7 “Diagrama Final para la Ampliación de la Capacidad de Tratamiento Biológico”.

III.7 ENTREGA DE AGUA TRATADA

Con la ampliación de la planta de tratamiento se asegura que el 100 % del agua residual que se genera en la industria alimenticia que se está analizando, reciba tratamiento, contra el 80 % del volumen que recibía tratamiento antes de dicha ampliación, y cumpla con lo establecido en la Norma Oficial Mexicana Ecológica NOM-001-ECOL-1996, quedando de la siguiente forma en la Tabla III.4 “Comparativo de Contaminantes Anterior y Posterior al Tratamiento del Agua Residual”, con una capacidad hidráulica de 16 l/s:

TABLA III.4 “COMPARATIVO DE CONTAMINANTES ANTERIOR Y POSTERIOR AL TRATAMIENTO DEL AGUA RESIDUAL”

Contaminante	Antes de recibir Tratamiento (mg/l)	Después de recibir Tratamiento (mg/l)	Límites Máximos Permisibles para Contaminantes Básicos (mg/l) *
Grasas y Aceites	4,720	23	25
Demanda Bioquímica de Oxígeno ₅ (DBO ₅)	4,735	137	150
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	2,272	143	150

*Datos provenientes de la Tabla I.7 “Límites Máximos Permisibles para Contaminantes Básicos Aguas y Suelos” (Capítulo I Marco Normativo)

Al comparar los datos descritos en la tabla anterior con los “Límites Máximos Permisibles para Contaminantes Básicos Agua y Suelos” se observa que cumplen satisfactoriamente con dichos valores.

Con estas características, el 80 % del agua tratada se envía directamente al

cuerpo receptor y el 20 % restante se utiliza de forma interna, para el riego de áreas verdes y limpiezas de los patios de la planta de tratamiento (como se mencionó en el “Capítulo II Impacto Ambiental”, del presente trabajo de Tesis).

Como conclusión se tiene que el aprovechamiento de las instalaciones existentes para la ampliación de la planta de tratamiento de agua residual, es fundamental para reducir los costos de inversión, además de facilitar la operación por la cercanía entre los equipos existentes y los nuevos. Por otro lado, al cumplir con la legislación vigente de descarga de agua residual al cuerpo receptor, se asegura la continuidad de la conciencia ética y moral de trabajar como industria limpia y la reducción de gastos generados anualmente por el pago de sanciones económicas (\$1,114,188 por año) a la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) mencionadas en el desarrollo de este capítulo.

CAPÍTULO IV

PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO

CAPÍTULO IV

PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO

En el Capítulo III “Ingeniería Básica del Sistema de Tratamiento Propuesto” de este trabajo, se plantea la necesidad de ampliación de la capacidad de la planta de tratamiento y se obtuvieron las especificaciones que deben tener las estructuras proyectadas para este fin. En un principio, se dispone de instalaciones que dan tratamiento al 79 % del agua residual de la planta. Con el uso de estas instalaciones, y de manera conjunta con las estructuras que se proyectan construir, se logrará perfeccionar la secuencia del tren de tratamiento, aumentando la cobertura de tratamiento de agua y mejorando la calidad del efluente de agua tratada, para cumplir con las especificaciones de la legislación vigente.

En este Capítulo se aborda el proceso constructivo para la edificación de tres estructuras complementarias del tren de actividades de la planta de tratamiento de agua residual, que son:

- 1) Filtro percolador
- 2) Base para soportar el equipo de Flotación por Aire Disuelto (Disolved Air Flotation DAF), y
- 3) Tanque de bombeo (tanque RC-02 de la Figura III.7 “Diagrama final para la ampliación de la capacidad de tratamiento biológico” del Capítulo III “Ingeniería Básica del Sistema de Tratamiento Propuesto” de este estudio).

De esta manera se pretende reducir la carga contaminante del efluente de agua tratada hasta alcanzar los límites de la legislación vigente prevista en el Capítulo I “Marco Normativo” con la implementación de un tanque de igualación, adquisición de un equipo de flotación de grasas (Disolved Air Flotation DAF) y un filtro biológico (filtro percolador) y el uso de un reactor biológico y un sedimentador que existen actualmente en la planta de tratamiento. Una vez determinadas las necesidades y especificaciones de estas unidades se procede al diseño y

estructuración. A partir de la modelación y dimensionamiento de cada una de éstas, se realiza el proyecto estructural para su cálculo y la posterior representación en planos estructurales para su construcción.

A continuación se detallará el proceso constructivo de las estructuras proyectadas para la ampliación de la capacidad de la planta de tratamiento, para lo que se ha dividido en los siguientes incisos:

- I) Preliminares a la construcción
- II) Construcción de la cimentación
- III) Estructuras de concreto reforzado, y
- IV) Instalaciones de la Planta de Tratamiento

I) PRELIMINARES A LA CONSTRUCCIÓN

Como las estructuras proyectadas son todas de concreto reforzado el procedimiento constructivo de las tres estructuras es, en sus primeras fases, similar habiendo variaciones sólo en cuanto al tamaño y proporción de cada una de ellas. Cuando se necesite indicar especificaciones para cualquiera de estas se hará mención a que estructura corresponde. De esta manera la descripción que se hace del proceso es válida para todas.

Como las nuevas instalaciones se hallarán dentro del área de la planta de tratamiento existente se procede a la demolición de los muros y el piso existente. Por tratarse de áreas menores a cincuenta metros cuadrados la limpieza no requirió del uso de maquinaria y se realizó con una cuadrilla de trabajadores que emplearon herramienta menor (picos, palas, carretillas, etc.). El escombro resultante de la demolición y limpieza del área se retira de la obra en camiones de volteo de 7 m³ para depositarse finalmente en los tiraderos aprobados por el gobierno estatal y/o municipal.

Una vez que el espacio definido para el desplante de la cimentación de la estructura está limpio se procede al trazo y nivelación de los ejes de cada una de ellas. El trazo de los ejes se realizó con cinta métrica y se marcaron con la ayuda de “crucetas” hechas a base de recortes de madera. Con la localización de los ejes conforme a lo planos estructurales se comienza la excavación donde se

situará la cimentación.

II) CONSTRUCCIÓN DE LA CIMENTACIÓN

La excavación de las cepas para las contratraves de la base para el equipo de Flotación por Aire Disuelto (Disolved Air Flotation DAF) y para desplantar las losas de cimentación del filtro percolador y del tanque de bombeo se realiza a mano, depositando el producto de la excavación a la orilla de la cepa.

A continuación, se rellena compactando al 90 %. Proctor con equipo mecánico, con material producto de la excavación en capas de 20 cm de espesor. Se compacta debido a que no todos los terrenos encontrados al proceder a realizar una cimentación son adecuados. Entonces se procede a realizar una mejora del suelo. La compactación no es desde luego el único método de mejora de los terrenos, aunque sí uno de los más económicos y populares.

Al compactar varía la estructura del suelo y también algunas de sus propiedades mecánicas. Con la compactación se buscan propiedades adecuadas del suelo de cimentación así como su uniformidad, para disminuir la posibilidad de que se produzcan asientos diferenciales.

La compactación consiste en un proceso repetitivo cuyo objetivo es conseguir un peso específico para una relación de agua dada tal que se garanticen las propiedades óptimas buscadas. En primer lugar se vierte sobre el suelo natural existente, generalmente en sucesivas capas, un suelo de mejora con la granulometría adecuada. Posteriormente se modifica su humedad mediante desecación o mediante adición de agua y se le transmite energía de compactación mediante apisonado por golpes o presión.

Con los ensayos se pretende determinar los parámetros óptimos de la compactación que asegurarán las propiedades del terreno buscadas. Esto se traduce en determinar cual es la humedad que se requiere con una energía de compactación dada para conseguir la densidad seca máxima que puede tener dicho terreno. A esta humedad se la define como humedad óptima, y es con la que se consigue la máxima densidad seca, para la energía de compactación dada. Igualmente se define como densidad seca máxima aquella que se obtiene para la humedad óptima.

Los ensayos se realizan en laboratorio mediante el compactado de probetas a las que se añade agua. Los ensayos más importantes son el Proctor o Proctor Normal (PN), o estándar y el Proctor Modificado, (PM). En ambos ensayos se toman porciones de la muestra del suelo mezclándose con distintas cantidades de agua, se compactan en un molde y se apisonan mediante una maza tomando las anotaciones correspondientes de la humedad y densidad seca. Estos pares humedad-densidad seca (la humedad en %) se llevan a una gráfica de abscisas y ordenadas (humedad en abscisas y densidad seca en ordenadas) dibujándose con ello una curva suave y obteniéndose el punto donde se produce el máximo (densidad seca máxima-humedad óptima).

FIGURA IV.1 “MOLDE PROCTOR”



La diferencia fundamental entre el ensayo Proctor Normal y el Modificado estriba en la energía de compactación utilizada. Para los ensayos se utiliza una energía de unos 0,583 J/cm³ para el Proctor Normal y unos 2,632 J/cm³ para el Proctor modificado.

Las distintas normativas que definen estos ensayos son las normas americanas

ASTM D-698 (por las siglas en inglés de American Society for Testing and Materials, Sociedad Americana para el Ensayo de Materiales) para el ensayo Proctor estándar y la ASTM D-1557 para el ensayo Proctor modificado.

Por lo tanto, cuando se pide un suelo compactado al 90% Proctor o Proctor modificado significa que la compactación debe obtener una densidad seca de al menos el 90 % de la densidad seca máxima obtenida con los correspondientes ensayos.

III) ESTRUCTURAS DE CONCRETO REFORZADO

Sobre el relleno compactado se coloca una plantilla de concreto hecho en obra con agregado máximo de $\frac{3}{4}$ " (19 mm) y resistencia a compresión $f'_c = 100 \text{ kg/cm}^2$ de 8 cm de espesor. La plantilla tiene como propósito evitar que al vaciar el concreto de la estructura sobre el suelo compactado, éste suelo absorba agua disminuyendo la calidad y/o resistencia del concreto. Para evitarlo, se utiliza un concreto de baja resistencia (de 100 hasta 150 kg/cm^2) que utiliza menor cantidad de cemento por metro cúbico de concreto.

Paralelamente se hace el habilitado y armado de acero de refuerzo para las distintas estructuras (columnas, trabes, contratraves, etc., en su caso) con varillas de resistencia $f_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$, en los diferentes diámetros especificados por el cálculo estructural y plasmados en los planos estructurales ES-01 "Base para Equipo de Flotación con Aire Disuelto", ES-02 "Filtro Percolador" y ES-03 "Tanque de Bombeo" del Anexo "A" Planos). En éstos planos se indican las especificaciones de los materiales y requisitos técnicos, como son los anclajes, longitudes de desarrollo y traslapes que se deben cumplir como mínimo en el habilitado del acero de refuerzo (varillas).

Se debe calzar adecuadamente el acero refuerzo mediante "silletas" o "poyos de concreto" para garantizar siempre los recubrimientos indicados y evitar que este refuerzo se baje durante la operación de colado, así como durante el vibrado del concreto. En la Figura IV.2 "Habilitado de Acero de Refuerzo en Filtro Percolador" se observa la distribución del acero de refuerzo en el interior de la cimbra para esta estructura.

Así mismo se habilita y arma la cimbra de madera, en muros y fronteras de los

elementos. La cimbra tiene por objeto contener al concreto que se vacía en estado fluido, durante un periodo determinado de tiempo, de manera provisional, mientras que el concreto adopta la forma y alcanza la resistencia necesaria para que se sustente por si mismo. La cimbra debe ser lo suficientemente rígida para evitar movimientos y deformaciones excesivas, también debe evitar en lo posible el escurrimiento del concreto. Se cubre el molde con algún lubricante para protegerlo y además facilitar el descimbrado.

**FIGURA IV.2 “HABILITADO DE ACERO DE REFUERZO
EN FILTRO PERCOLADOR”**



Una vez habilitado el acero de refuerzo y estando armada la cimbra se procede al vaciado del concreto premezclado de resistencia normal, de resistencia a la compresión $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$, agregado máximo $\frac{3}{4}$ " (19 mm) en muros, trabes y losas, que se vibra durante la colocación. El acero de refuerzo debe estar libre de grasa, pinturas, polvo, oxidación extrema y cualquier sustancia que afecte su adherencia al concreto. Para el fraguado del concreto, éste debe mantenerse en un ambiente húmedo por lo menos durante siete días en el caso de emplear cemento ordinario.

En la Figura IV.3 “Habilitado de Cimbra en Filtro Percolador” se observa que la altura de la cimbra es menor a la altura total del filtro percolador debido a que se

dividió el “colado” del concreto en esta estructura en tres partes, tanto por economía de cimbra, como del correcto tratamiento de concreto (vibrado).

Posteriormente en el tanque de bombeo se procede al pulido de la losa de fondo con una llana metálica con el fraguado natural del concreto, dando tiempo al endurecimiento del concreto.

**FIGURA IV.3 “HABILITADO DE CIMBRA
DE FILTRO PERCOLADOR”**



IV) INSBTALACIONES DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO

Para la instalación hidráulica, eléctrica y del equipo necesario en el funcionamiento de la planta se dispuso de especialistas de cada ramo, no se especificará en el desarrollo de este trabajo por considerar que sale del alcance previsto de la tesis.

IV.1 ALTERNATIVAS DE CIMENTACIÓN

Un aspecto importante en el proceso constructivo es el relativo a la cimentación. A continuación, para los lectores no familiarizados con este tema, se describen conceptos fundamentales de cimentaciones, con los que se pretende facilitar su comprensión.

Existen diferentes tipos de cimentaciones para transmitir de manera adecuada los esfuerzos que ejerce una estructura al suelo en que se apoya. Para que esto se

cumpla debe haber una seguridad adecuada contra la ocurrencia de fallas en los cimientos o bien, en el suelo, y contra la presencia de hundimientos excesivos que ocasionen daños en la construcción misma, o incluso en las vecinas o en las instalaciones subterráneas próximas. Con el propósito de orientar la selección y el diseño de las cimentaciones conviene identificar en cada caso un conjunto particular de factores funcionales, constructivos, estructurales, de las cargas, del suelo y económicos, algunos de los cuales pueden ser determinantes del diseño. Sin embargo, establecidas las características de un suelo dado, es posible, mediante los métodos analíticos de la geotecnia, anticipar la estabilidad y los asentamientos bajo carga de soluciones tentativas de cimentación, de tal manera que desde el punto de vista de las cargas sea posible juzgar opciones como:

- Repartir las cargas sobre una mayor área para reducir las presiones cimiento-suelo.
- Reducir la carga aplicada mediante compensación.
- Trasladarlas a una mayor profundidad, a través de mantos débiles, hasta un material de cimentación más resistente.

IV.1.1 FUNCIÓN DE LA CIMENTACIÓN

Las cargas sobre las estructuras y su peso propio se pueden concebir en el diseño como un conjunto de fuerzas que es siempre necesario transmitir a una zona de los mantos de suelo o roca, que resultará afectada por los cambios de esfuerzo, y cuya respuesta es determinante principal de la estabilidad y el funcionamiento de las obras. Esto se logra por medio de un sistema de soporte, integrado por un elemento estructural de transición que interactúa con el suelo de soporte. Es necesario aceptar que para la selección y el diseño de dicho sistema de soporte se deben aplicar criterios de seguridad y confiabilidad similares a los pertinentes al diseño de la superestructura, como garantía de que las obras van a ser estables, seguras y funcionales durante su vida útil.

Con cierta frecuencia el término cimentación se usa para identificar el solo elemento estructural del sistema de soporte; pero, al considerar la decisiva incidencia del suelo de soporte en el comportamiento de la estructura, se aprecia

que el término no considera debidamente la trascendencia de la respuesta de dicho suelo. Para los propósitos de la Ingeniería Geotécnica y de cimentaciones parece conveniente asignarle un significado más amplio, en el sentido de que cobije toda aquella parte de la obra que soporta la estructura y la acción de las cargas. Para dar claridad y precisión a la nomenclatura en forma coherente con lo dicho, se podría distinguir el concepto de cimienta de cimentación. Cimiento sería, entonces, la parte estructural de una cimentación, diseñada para servir como elemento de transición entre la superestructura y el suelo de soporte, y para adecuar la acción de las cargas a formas tolerables para los mantos de soporte del suelo.

Es posible imaginar que las cargas se trasladan de la superestructura al suelo al atravesar el contacto entre dos medios cuyas propiedades mecánicas son, casi siempre, drásticamente diferentes. Para lograr condiciones compatibles en los esfuerzos y deformaciones, se requiere diseñar el cimiento en función de las propiedades de ambos medios. El apoyo directo de una estructura rígida sobre el suelo produciría deformaciones excesivas, probablemente intolerables para la estructura, al generar su posible falla o menoscabar su utilidad. Para mantener tal estructura en servicio, sería necesario disponer de un elemento intermedio capaz de amortiguar las posibles deformaciones. Los cimientos realizan esta función vital, siempre que se busque el tipo más conveniente, apropiado para cada combinación particular estructura-suelo, y se diseñen aplicando criterios de correcta ubicación y estabilidad, y de conveniencias constructivas y económicas.

Para determinar la capacidad de carga de un sistema cimiento-suelo, en forma similar a la de cualquier estructura, deben acogerse como normas la relativa seguridad ante la falla y la previsión de deformaciones tolerables. Por ejemplo, una carga de magnitud no peligrosa colocada sobre una viga puede producir deflexiones que afectarían su buen desempeño, sin importar que dicha estructura fuera suficientemente segura respecto a una falla completa. Para que cumpla cabalmente su función, debe diseñarse con suficiente rigidez para que la deflexión no ocasione deterioros o fallas en los elementos soportados, y al mismo tiempo con el margen necesario de resistencia, para que no exista riesgo de colapso.

Sin embargo, la completa eliminación de los asentamientos no es un objetivo necesario ni práctico en el diseño de la cimentación. No obstante, sería justo afirmar que una función esencial de la cimentación es la de evitar que los asentamientos superen límites tolerables, fijados al considerar las condiciones de funcionalidad de la estructura y los factores estructurales, estéticos, etc.

En ocasiones se selecciona un tipo de cimentación por su conveniencia desde los puntos de vista de la economía y el procedimiento constructivo, no obstante que funcionalmente hubiera sido acertado elegir otro tipo de cimiento. En estos casos, es necesario descartar soluciones técnicamente atractivas que pueden ser poco prácticas de construir.

La forma de aplicar los principios teóricos a la solución de los problemas de ingeniería geotécnica y de cimentaciones es especial y característica de esta área, debido a que las deducciones matemáticas en las teorías y los resultados experimentales no pueden aplicarse al diseño sin un riguroso examen de su validez. Las soluciones que dan las teorías para condiciones idealizadas debe adaptarse para hacerlas compatibles con las condiciones reales del terreno, notablemente complejas. Como consecuencia de ello, los resultados de los cálculos pueden no poseer la precisión esperada e, incluso, llegar a constituir simples estimaciones u órdenes de magnitud que conservan apenas el valor de indicativos de las condiciones límites probables.

Cuando existan motivos, de estabilidad o económicos, para mejorar la exactitud de los análisis, no debe perderse de vista que ello puede requerir, entre otras acciones:

- Programar investigaciones detalladas del subsuelo para verificar o medir con precisión y certidumbre los parámetros de diseño.
- Realizar verificaciones por métodos alternativos.
- Calibrar los parámetros y los modelos de análisis por medio de mediciones en la obra.
- Efectuar comparaciones con obras similares construidas con éxito.

Estos conceptos deben tenerse presentes al adoptar decisiones de diseño y formular las acciones conducentes a su verificación y control en la obra. Un

progreso efectivo en los conocimientos requiere, además del dominio de las disciplinas básicas, cierto desarrollo de la habilidad, el criterio y la experiencia, que se logra mediante la práctica en solución de problemas reales.

Para elegir la cimentación adecuada de cada una de las estructuras proyectadas para la ampliación de la planta de tratamiento, se busca que den el apoyo necesario para disminuir la magnitud de los asentamientos diferenciales, además de que se facilite la construcción de la misma para reducir los tiempos de construcción.

IV.1.2 TIPOS DE CIMENTACIÓN

El terreno de soporte puede concebirse como la capa o conjunto de capas del suelo subyacente que reciben en forma primordial la acción de las cargas de la estructura por medio de los cimientos. La correcta determinación de éste es un requisito primario para lograr un comportamiento satisfactorio de la cimentación, y la ubicación en profundidad es determinante en el proceso de diseño y en su funcionamiento.

Es costumbre, de acuerdo con la posición del terreno de soporte, clasificar a las cimentaciones en superficiales, compensadas y profundas. Esta clasificación aplicada en la práctica puede resultar convencional, debido a que los criterios de diferenciación no pueden hacerse lo suficientemente precisos y generales como para que no se presenten casos ambiguos. Es natural que no sea factible definir una frontera estricta de delimitación.

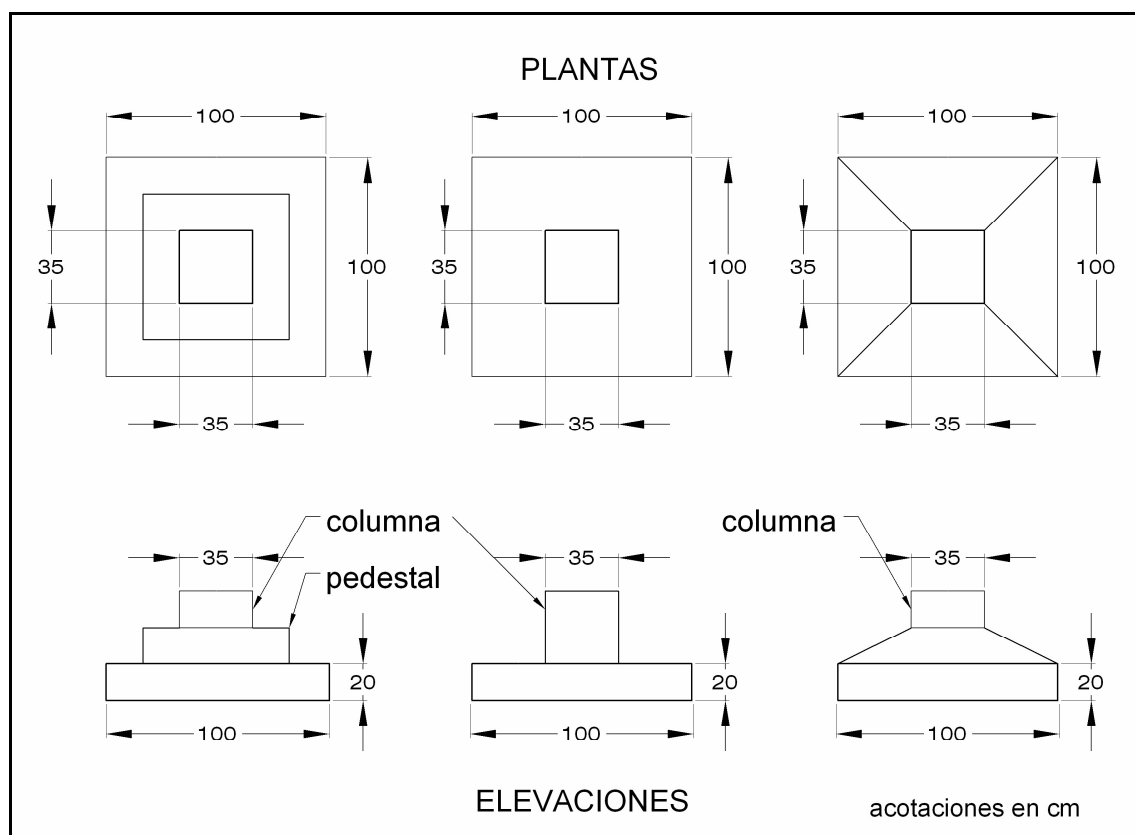
IV.1.2.1 CIMENTACIONES SUPERFICIALES

Cuando el terreno de soporte se encuentra a una profundidad relativamente pequeña, es con frecuencia factible llegar a él por medio de una excavación a cielo abierto y soportar directamente la estructura a ese nivel usando cimentación superficial. Los tipos más ampliamente usados son:

- a) Cimientos aislados
- b) Cimientos continuos
- c) Cimientos combinados
- d) Losas de cimentación

a) **Cimientos aislados.** Los cimientos aislados son comúnmente llamados zapatas aisladas y son los elementos de soporte de las columnas. De acuerdo con las necesidades se diseñan con formas geométricas sencillas y simétricas; entre ellas, la cuadrada es la mas simple y preferible. Las zapatas aisladas conforman una especie de extensión inferior ensanchada de la columna. Se vinculan estructuralmente al extremo inferior de ella para transmitir al terreno de soporte las cargas de la estructura, sobre un área suficientemente amplia para lograr una presión compatible con las condiciones del terreno. Pueden diseñarse con espesor uniforme o variarse por medio de pedestales o transiciones, para controlar esfuerzos en el material del elemento cuando se soportan columnas fuertemente cargadas.

FIGURA IV.4 “CIMIENTOS AISLADOS”

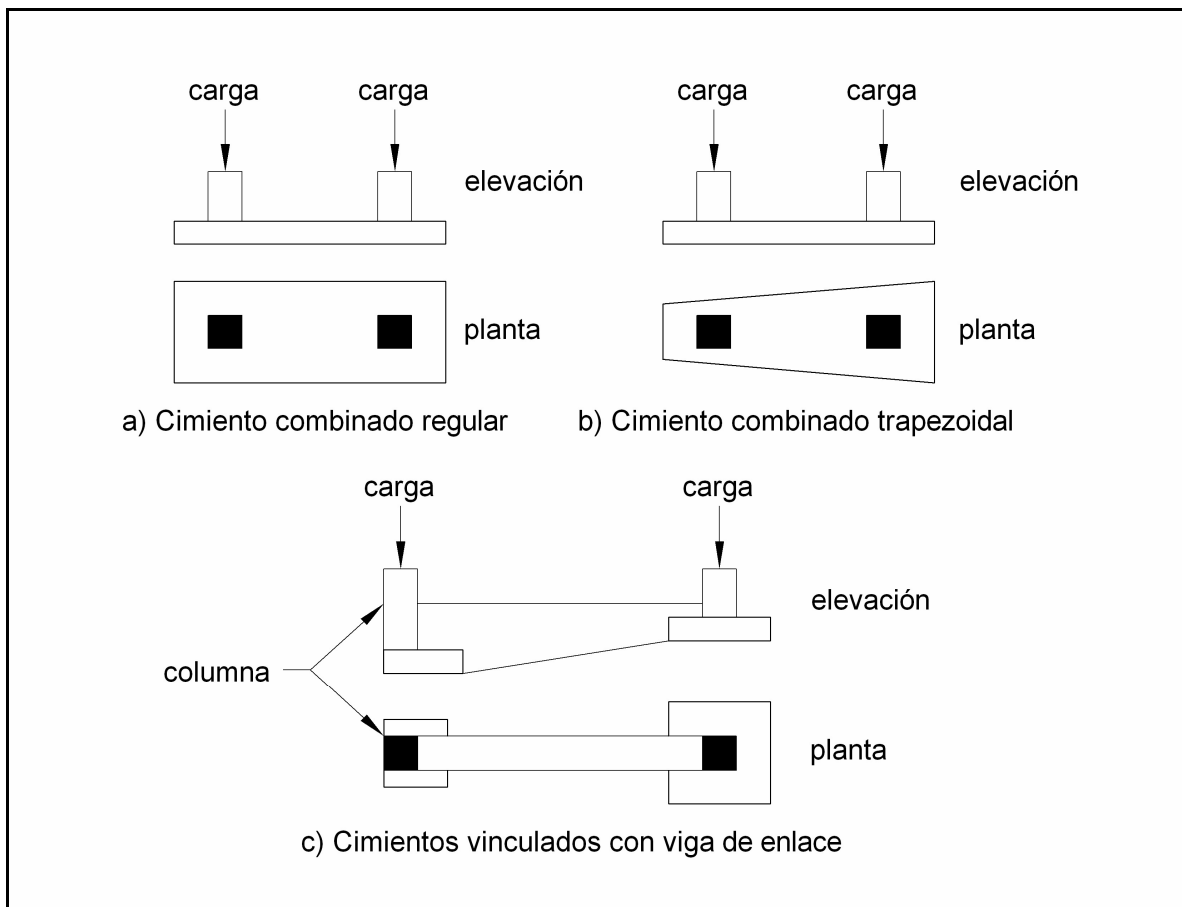


Las zapatas aisladas se usan sobre suelos de baja compresibilidad y en estructuras en las que los asentamientos diferenciales pueden ser asimilados por la flexibilidad de la superestructura, o usando juntas y articulaciones que alivien el

efecto de los asentamientos diferenciales y eviten daños en la edificación.

b) Cimientos Combinados. A veces se requiere proyectar cimientos combinados en los que los diversos elementos de forma geométrica simple se combinan según las necesidades de la obra y de acuerdo con el criterio del ingeniero, para aprovechar el suelo en la mejor forma posible. La consideración de los factores estructurales y las características del terreno, propios de cada problema en un sitio dado, permite llegar a las alternativas técnica y económicamente más ventajosas.

FIGURA IV.5 “CIMIENTOS COMBINADOS”



Estos cimientos son útiles en condiciones como las siguientes:

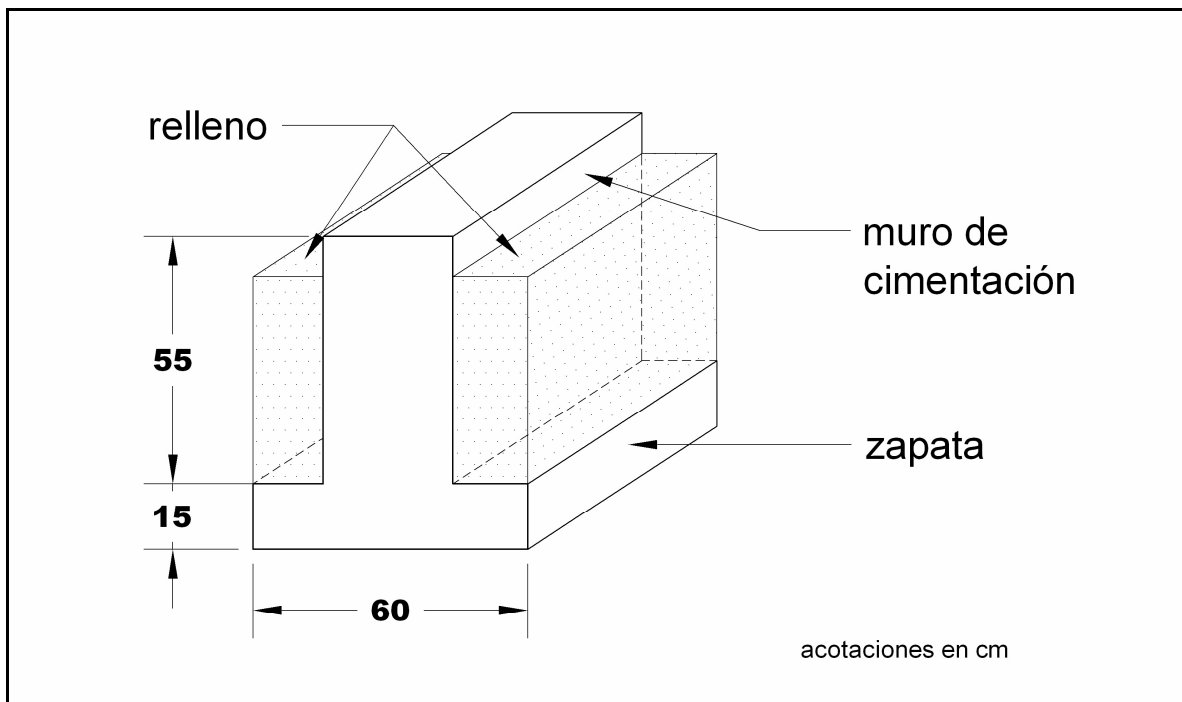
- Las áreas de cimentación se traslapan al usar cimientos aislados contiguos. El cimiento combinado rectangular presentado en la Figura IV.5 “Cimientos combinados” ilustra este caso.
- Resulta excentricidad de cargas, respecto al centroide del área de soporte, al considerar como solución una zapata aislada. Esto es común en

columnas de lindero. Se puede utilizar un cimiento combinado único para la columna de lindero y una interior. El cimiento combinado trapezoidal de la Figura IV.5 “Cimientos combinados” es una solución de este tipo. También los cimientos aislados se pueden vincular por medio de una viga de enlace, como se ilustra en la misma figura.

- Cuando al adoptar cimientos aislados resultan asentamientos diferenciales inadmisibles entre los respectivos soportes estructurales. Esto ocurre por acentuadas diferencias entre las cargas o por variabilidad en las condiciones del terreno. Los elementos críticos de soporte se deben cimentar sobre un cimiento combinado único.
- Cuando se logren economías constructivas: estructurales y de excavación.

c) Cimientos Continuos. Los cimientos continuos llamados comúnmente zapatas corridas son elementos análogos a los anteriores, en los que la longitud es mucho mayor que el ancho. Su uso obvio es para cargas lineales, como muros de carga, como el que muestra la Figura IV.6 “Cimiento continuo para muro”, o para columnas en línea con un espaciamiento tal que las áreas requeridas para cimientos aislados quedarían casi pegadas.

FIGURA IV.6 “CIMIENTO CONTINUO PARA MURO”



En general, se busca integrar en un cimiento único la cimentación para varios soportes estructurales, por aspectos de potencial traslape de áreas de soporte, control de asentamientos diferenciales, rigidización estructural, efecto puente sobre zonas débiles del suelo y conveniencias constructivas y económicas. Seguramente en un caso como éste, resulta más económico y estructuralmente ventajoso excavar y fundir un cimiento único, que realizar la correspondiente labor en varios cimientos aislados.

Los cimientos aislados, combinados o continuos se utilizan, en general, cuando existe razonable seguridad de que la estabilidad o los posibles asentamientos del terreno de soporte no amenazan la integridad y el buen funcionamiento de la propia estructura y las edificaciones vecinas. Son frecuentemente más económicos que las placas corridas de cimentación, cuando la suma de las áreas de soportes en la base de los cimientos individuales es menor que la mitad del área total de cimentación. Son además, casi siempre, notablemente más económicos que las cimentaciones profundas.

d) Losas de cimentación. Consisten en una estructura única de cimentación de tipo placa, para todos los elementos de soporte de una estructura. Pueden llegar a ocupar superficies iguales o aún mayores que la proyección horizontal de la superestructura. Son apropiadas para controlar asentamientos diferenciales en variadas situaciones de carga, disposición estructural y condiciones del suelo de soporte.

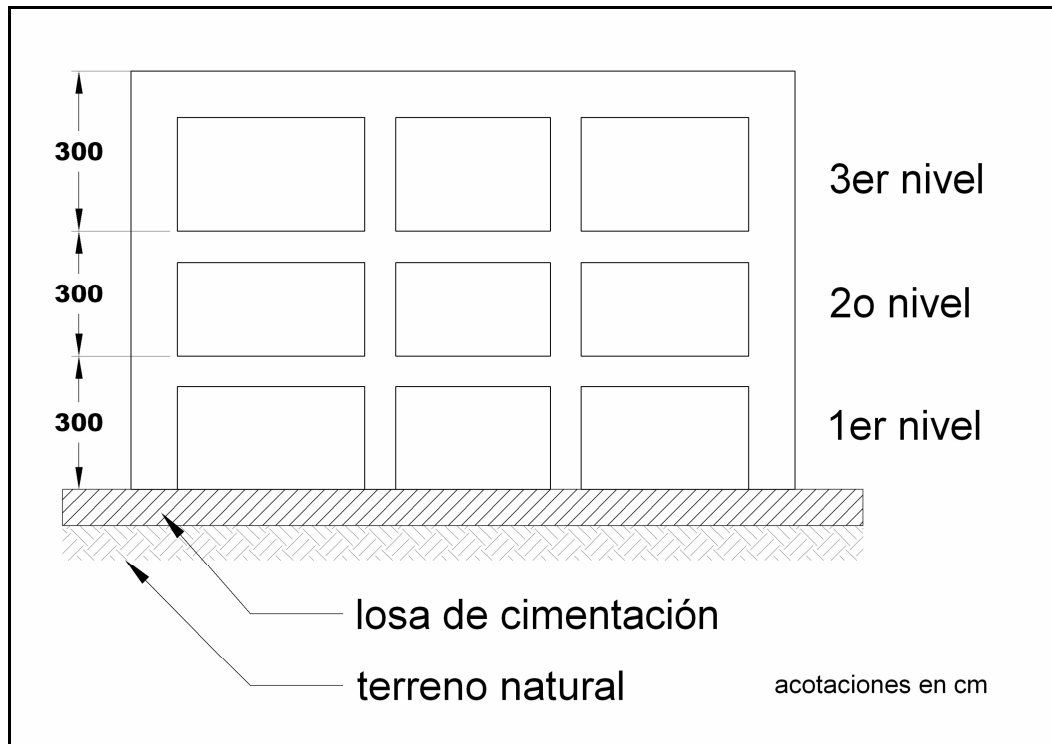
En la selección y el diseño de las cimentaciones, ésta es una de las alternativas que surgen por motivos tales como:

- Se presentan grandes diferencias entre las cargas de columnas y muros de soportes adyacentes.
- En el proceso de buscar áreas para cimentar por medio de cimientos aislados, combinados o continuos, se llega a situaciones de traslapes o cercanías de sus bordes. Cuando el área cubierta por dichas soluciones ocupen 50 % o más del área planeada de la edificación, probablemente resulte más ventajosa y económica la solución de placa corrida.
- Ciertas condiciones del suelo tales como compresibilidad excesiva,

insuficiente capacidad de soporte, heterogeneidad e incertidumbres en la extensión de zonas débiles conducen a necesidades de continuidad en la cimentación, rigidización y acción de puente sobre zonas peligrosas.

- La concavidad de asentamiento resultante de cimentaciones relativamente flexibles involucra asentamientos diferenciales inadmisibles para la estructura.

FIGURA IV.7 “LOSA DE CIMENTACIÓN”



En términos estructurales estrictos, una verdadera losa de cimentación consiste en una losa plana de concreto reforzado con espesor uniforme en toda su extensión. La Figura IV.7 “Losa de cimentación” ofrece un esquema de una cimentación de este tipo. Resulta adecuada cuando las cargas de las columnas son pequeñas o moderadas y el espaciamiento de éstas es relativamente pequeño y uniforme. Otras soluciones cuando los esfuerzos cortantes y los momentos flectores conducen a soluciones antieconómicas con placas planas, son las siguientes:

- Engrosamiento en la parte inferior de la placa, debajo de columnas con cargas grandes, para ofrecer adecuada resistencia al esfuerzo de corte y momentos flectores negativos.

- Pedestales sobre la placa, debajo de las columnas fuertemente cargadas, para fines similares a los del caso anterior.
- Si los momentos flectores llegan a ser altos debido a un gran espaciamiento entre columnas y a cargas desiguales entre éstas, pueden usarse bandas engrosadas a lo largo de las líneas de columnas.
- Una solución similar a la anterior es la de utilizar vigas que ligen las filas de columnas en ambas direcciones. Estas vigas pueden diseñarse con la rigidez requerida para reducir los desplazamientos diferenciales.
- Pueden diseñarse estructuras cajón, realizadas con base en construcción celular o marcos rígidos, para resistir grandes momentos flectores y constituir elementos de cimentación de gran rigidez.

IV.1.2.2 CIMENTACIONES COMPENSADAS

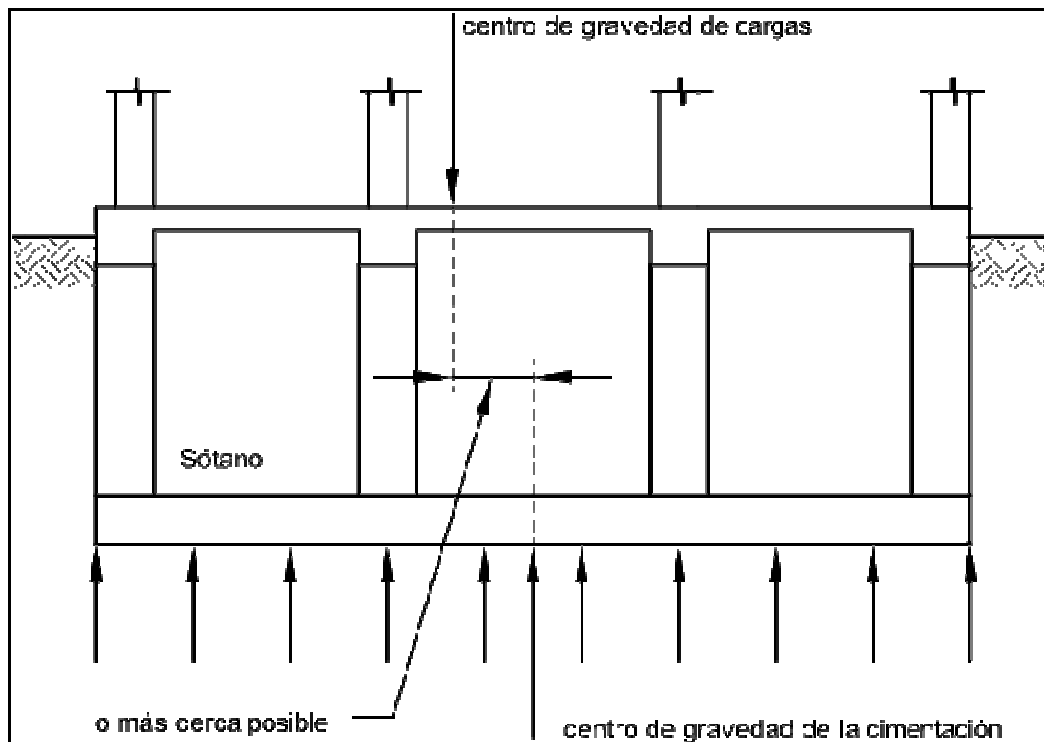
La aplicación del concepto de repartición de cargas puede idealmente conducir a una solución empleando una losa de cimentación, sin embargo, en algunos casos pueden persistir riesgos de falla por corte del suelo o asentamientos intolerables para la estructura o la función del edificio. Al agotarse las posibilidades de una mejor repartición de cargas, la siguiente opción es la de reducir la carga sobre el suelo mediante compensación. Esta consiste en remover permanentemente por excavación un peso de suelo equivalente a una fracción debidamente estudiada del peso total de la edificación y cimentar a la profundidad conveniente, preferiblemente por medio de una losa o infraestructura continua de cimentación, la que constituye una cimentación compensada, tal como la que se muestra en la Figura IV.8 “Cimentación Compensada”.

El proceso descrito es una simplificación, porque en definitiva es necesario analizar la incidencia de los demás factores determinantes del diseño, entre los cuales pueden aparecer desventajas inherentes a una cimentación compensada; puede también llegar a ser necesario considerar la opción de traslado de cargas mediante cimentaciones profundas.

El anterior concepto simplificado de cimentación compensada debe expresarse en forma más precisa, desde el punto de vista geotécnico, en relación con los esfuerzos efectivos admisibles sobre el suelo, considerando los problemas de falla

por cortante y asentamientos del terreno. Según Sowers (1962), cuando el peso de la estructura es igual al peso del suelo excavado, no habrá cambio en los esfuerzos en el suelo debajo de la estructura y, por consiguiente, habrá poco asentamiento. Esto a veces se llama "flotar" el edificio, pues el peso de éste es igual al peso del suelo removido, pero, a menos que el suelo sea un depósito semifluido, la analogía no es correcta.

FIGURA IV.8 "CIMENTACIÓN COMPENSADA"



Este tipo de cimentación no se tomó en cuenta en el momento de seleccionar la cimentación para las estructuras en estudio, debido a que las cargas de la estructura eran lo suficientemente pequeñas como para ser soportadas por una cimentación superficial lo cual repercutía en un ahorro de tiempo y dinero. Se presentan como parte de este subcapítulo como complemento a la información del mismo.

IV.1.2.3 CIMENTACIONES PROFUNDAS

En esta sección se ofrece una descripción general de las cimentaciones profundas, de manera que permita captar sus diferencias con las cimentaciones superficiales y compensadas, además de la necesidad de su empleo. Se originan

en la necesidad técnica y económica de trasladar las cargas de las estructuras a mantos profundos competentes a través de diversas capas de suelo débiles y compresibles, no aptas para soportar directamente elementos de cimentación.

Las cimentaciones profundas constituyen un amplio conjunto de soluciones estructurales y métodos constructivos, a los que se tiene que recurrir cuando la profundidad necesaria, conjuntamente con los problemas asociados de estabilidad y control de agua, se vuelve excesiva o compleja para realizar una excavación convencional a cielo abierto hasta el manto de soporte. Las exigencias de equipo, habilidad y experiencia para su construcción, las han convertido en una subespecialización dentro de la ingeniería de cimentaciones y geotecnia. El mecanismo de trabajo más común consiste en un elemento estructural a compresión: columna, cilindro hueco o caja, que transmite fuerzas desde la base de los elementos de soporte de las estructuras hasta mantos competentes del suelo, seleccionados como mantos de soportes.

El empleo exitoso de los sistemas de cimentación profunda requiere que los equipos y procedimientos constructivos se adapten perfectamente a las características geotécnicas del sitio, condiciones del área de trabajo y programación general de la obra. Su viabilidad debe establecerse mediante la concienzuda evaluación de los factores geotécnicos, funcionales, estructurales, económicos y constructivos. Estas fundaciones suministran, en general, buena flexibilidad y libertad en la disposición arquitectónica y los sistemas estructurales, puesto que ofrecen suficiente capacidad para asumir grandes variaciones en las cargas y el espaciamiento de columnas, y así lograr que los asentamientos diferenciales sean de pequeña magnitud.

Se suelen clasificar en las siguientes clases:

- a) Pilotes
- b) Pilares excavados
- c) Pilas
- d) Cajones

a) Pilotes. Son elementos estructurales de tipo columna, relativamente esbeltos, que se instalan verticalmente o ligeramente inclinados. Las relaciones usuales de

esbeltez de los pilotes son mayores que las admisibles en columnas estructurales típicas, pero aquellos obtienen soporte lateral adecuado del suelo aledaño a lo largo de su longitud, en forma tal que no existe preocupación respecto a pandeo bajo carga axial, como ocurre con las columnas convencionales. La longitud, el método de instalación y la forma de transferir la carga al suelo pueden variar grandemente. Desde el punto de vista de la incidencia de la instalación en las propiedades del suelo posteriores a ella, y por consiguiente en la selección de parámetros y criterios de diseño, es muy significativa la distinción entre pilotes hincados o de desplazamiento, en los que un elemento prefabricado o preformado se hinca por medio de golpes de martinete dentro del terreno, con desplazamiento total del suelo, y pilotes preexcavados y fundidos in situ, en los cuales, previo al fundido del cuerpo del pilote, se preexcava en el terreno una cavidad para alojarlo, evitando así el desplazamiento del terreno.

La sección transversal de los pilotes puede ser circular, octogonal, hexagonal, cuadrada o aún triangular; pueden tener también la forma de la letra hache (H) y ser sólidos o huecos. Los materiales para los pilotes pueden ser madera, concreto, acero o combinaciones convenientes de ellos. Los pilotes pueden usarse aislados o en grupos vinculados en su parte superior por una estructura cabezal que los une y distribuye las cargas entre ellos.

b) Pilares excavados. Constituyen un sistema muy versátil de cimentación que se usa extensamente en todo el mundo. En su forma más simple, un pilar excavado se construye por perforación o excavación de una cavidad cilíndrica; se colocan en caso necesario armaduras de refuerzo, y se funde el concreto en el interior de la excavación. Se dispone de equipos de perforación que hacen posibles diámetros hasta de 6 m, y profundidades que pueden exceder los 75 m. Sin embargo, para la mayor parte de las aplicaciones normales, son típicos los diámetros entre 1 y 3 m. Usualmente se busca que el diámetro sea lo suficientemente grande para permitir el acceso de personal con fines de inspección u operaciones constructivas. Cuando el terreno es favorable se produce un ensanchamiento en su base, en forma de tronco de cono, para así obtener reducciones convenientes de la presión de contacto sobre el manto de soporte.

La gran versatilidad en el tamaño permite usar un solo pilar excavado, con gran capacidad de carga, en lugar de un grupo de pilotes; y puede evitarse el uso de la estructura cabezal. Además, las prácticas constructivas normales en estos sistemas eliminan efectivamente las fuertes vibraciones en el terreno y otros efectos nocivos que se desarrollan durante el hincamiento de los pilotes. Existe también gran versatilidad en el uso de equipos y sistemas de excavación y entibado de las paredes, que comprenden desde grandes equipos mecanizados, muy especializados, hasta sistemas rudimentarios de excavación manual y soporte progresivo de las paredes, por ejemplo con anillos de concreto que se funden en el terreno, dejándolos permanentemente en su sitio.

c) Pilas. Se usan sistemas constructivos similares a los empleados en los pilares excavados, pero en lugar de que la columna de concreto quede en contacto con el terreno se deja separada del mismo, aislada en el interior de un pozo permanentemente revestido. Son útiles en los casos en que se desea aislar el cuerpo de la pila de movimientos indeseables del terreno vecino, o como medio de soporte a través de mantos que se excavarán posteriormente.

d) Cajones. Un cajón es una caja estructural o cámara que se hunde o construye en su sitio final por excavación sistemática del suelo por debajo del fondo de la unidad, lo que permite descenderla hasta su profundidad definitiva. Para esto, la parte inferior va provista de un borde cortante que ayuda al avance a través de las capas penetrables del suelo. El material excavado se extrae por los fosos verticales del interior del cajón y las cavidades de su parte superior. Si se necesita, todo el cuerpo del cajón se puede llenar de concreto. Los cajones neumáticos tienen sellados la parte superior y sus lados, lo que hace posible usar aire comprimido para evitar que el suelo y el agua entren a una cámara inferior de trabajo, en donde se realiza la excavación para avanzar el cajón.

La reducida extensión de la cimentación del filtro percolador, el tanque de bombeo y la base para el equipo de Flotación con Aire Disuelto (Dissolved Air Flotation DAF), haría incosteable el uso de estas tecnologías. No obstante, en proyectos de mayor amplitud y en suelos de escasa capacidad de carga, será necesario tomar en consideración esta cimentación.

IV.2 ELECCIÓN DE LA CIMENTACIÓN

La selección del tipo correcto se concibe como etapa esencial del proceso completo de planeamiento, diseño y especificación de las mismas. Por depender de numerosos factores y requisitos, constituye uno de los problemas más difíciles en la ingeniería de cimentaciones respecto a exigencias de ingenio y creatividad.

En las fases de formulación del problema y búsqueda de soluciones, aparece siempre la necesidad de seleccionar de manera preliminar varias posibles alternativas de solución. La presente sección ofrece una revisión breve de conceptos básicos; las Tablas IV.1 “Tipos Apropriados de Cimentación para Diversas Condiciones del Sitio”, IV.2 “Selección del tipo de cimentación de acuerdo con la condición del suelo y las cargas estructurales” y IV.3 “Guía para la Selección Tentativa de los Tipos de Cimentación. Condiciones Hidrológicas del Sitio”, se sugieren como guías para la selección tentativa de las clases generales de cimentación, basada en la exploración preliminar de las condiciones del suelo y el agua en el sitio.

Tal selección determina, la naturaleza de investigaciones más detalladas, el alcance del programa de muestreo y la clase de pruebas por realizar. Además ofrecen una compilación de tipos de cimentación aconsejables para diferentes condiciones generales del suelo y del agua en el sitio.

No deben utilizarse como una colección de recetas para la selección final del tipo de cimentación que va a usarse. Tales tablas simplemente pueden ayudar a reducir las opciones de búsqueda de soluciones al eliminar aquéllas que no son adecuadas para resolver un problema particular de cimentación. Es un hecho comúnmente aceptado con fundamento en la experiencia que usualmente se pueden seleccionar y usar varios tipos aceptables de cimentación, y que todos pueden representar una solución correcta según el enfoque del diseñador en forma consistente con la seguridad y la economía. Es también conveniente recordar que ningún problema de cimentación es exactamente igual a otro y que, en consecuencia, cada problema de ingeniería de cimentaciones debe ser tratado y resuelto de acuerdo con sus propias exigencias e índole.

**TABLA IV.1 “TIPOS APROPIADOS DE CIMENTACIÓN
PARA DIVERSAS CONDICIONES DEL SITIO”**

CONDICIONES DEL SITIO		CIMENTACIONES Y CONSTRUCCIÓN	
Suelo	Condiciones del agua relativas a la excavación	Tipos adecuados de cimentación	Naturaleza de la excavación y manejo del agua
Suelo firme cerca de la superficie del terreno o a profundidad moderada.	a) Excavación abierta en seco. b) Excavación abierta a través de agua: 1) Profundidad somera de agua 2) Gran profundidad del agua.	Cimentaciones superficiales directas. Cimientos individuales y combinados, cimientos continuos y placas. Cimentaciones directas. Vigas sobre pilotes. Cajones. Pilotes tubulares largos, pozos.	Excavaciones abiertas con paredes verticales o con talud. Excavación abierta entre tablestacado o ataguía.
Suelo firme a profundidad accesible.	a) Excavación abierta en seco y excavación con entrada moderada de agua. Manantiales y capas portadoras de agua b) Excavación a bajo nivel freático y a través de agua libre	Cimentación directa Pilotes de concreto reforzado; pilares. Reticulado sobre pilotes en recinto de tablestacas; placas de concreto reforzado. Cajones. Cimentación directa entre tablestacado de acero o ataguías celulares.	Desagüe de la excavación por bombeo. Sellado de manantiales Expulsión de agua por aire comprimido. Excavación abierta entre tablestacado o ataguía. Depresión del nivel freático.
Suelo firme que blando.	a) Excavación abierta en seco. b) Excavación abierta con presencia de agua.	Cimentaciones directas. Placas de cimentación. Pilotes de fricción.	Desagüe por bombeo. Depresión del nivel freático.
Suelo débil que superyace suelo firme	a) Excavación abierta en seco. b) Excavación abierta con presencia de agua.	Pilotes de soportes o pilares. Pilotes de soportes o pilares.	No especificado.
Estrato grueso de material débil; no es alcanzable el estrato firme.	a) Excavación abierta en seco. b) Construcción en y a través de agua libre y bajo nivel freático.	Placa corrida de concreto reforzado. Sistema de vigas en reticulado. Estabilización del suelo. Pilotes de fricción. Pilotes de concreto reforzado y con bulbo en la base. Placa; reticulado de vigas sobre pilotes. Cajones autofundantes. Cimentaciones en recintos tablaestacados.	Ataguías Expulsión de agua por aire comprimido. Recintos de tablestacas o ataguías.

*Fuente: Ingeniería de Cimentaciones, Manuel Delgado Vargas

No es posible encontrar reglas rígidas definitivas para seleccionar el tipo "correcto" de cimentación. La selección de un tipo particular depende de las características del suelo y del régimen hidrológico del sitio. Es también un asunto de juicio y criterio personales con base en la información obtenida en la exploración del suelo y la experiencia adquirida en la ejecución de trabajos de cimentación.

Un problema de cimentación puede tener varias soluciones aceptables que difieren cualitativamente en su grado de complejidad y en su costo. Por lo tanto, después de obtener toda la información pertinente de diseño, un siguiente paso consistiría en ejecutar varios diseños alternativos o variantes de cimentación.

Deben considerarse los siguientes aspectos prácticos en la formación de un concepto sobre la decisión correcta.

- 1) Claridad respecto a la estratificación del suelo y sus propiedades físicas, información relativa al sitio y al área adyacente a la construcción prevista.
- 2) Conocimiento de los reglamentos de construcción.
- 3) Investigación cuidadosa de la maquinaria disponible y de los materiales de construcción y su uso.
- 4) Factores económicos.

De acuerdo con la naturaleza del suelo y el propósito de la estructura, se requiere cierta profundidad de colocación del cimientto bajo la superficie del terreno; es necesario, entonces, determinar la capacidad de soporte del suelo de cimentación a esta profundidad. Si el suelo ofrece aquí adecuada capacidad de soporte, es usual por prudencia y economía emplear cimentaciones superficiales directas tipo zapata. Uno de los principios básicos de diseño de cimentaciones, usado con frecuencia en la práctica, es el de ubica: la base de las zapatas de cimentación tan cerca como sea posible del nivel de la superficie del terreno (por supuesto, sujeto a exigencias de seguridad y códigos de edificación), si al hacerlo:

- 1) Se obtienen economías en costos de desagüe de la excavación.
- 2) Pueden reducirse a magnitud tolerable los esfuerzos sobre capas del suelo subyacente a mayor profundidad, compresible y débil.
- 3) Se puede obviar un debilitamiento inadmisibles de una capa de arcilla que resiste presión de agua.

- 4) Se hace posible ejecutar los trabajos de excavación y colocación del concreto por encima del agua.

TABLA IV.2 “SELECCIÓN DEL TIPO DE CIMENTACIÓN DE ACUERDO CON LA CONDICIÓN DEL SUELO Y LAS CARGAS ESTRUCTURALES”

Tipo de cimentación	Condiciones del suelo	Tipo de estructura
a) Cimentaciones superficiales		
1) Zapatas; cimientos combinados cimientos continuos; reticulados de vigas; placas de concreto.	Toda clase de suelos, cohesivos y no cohesivos. Precaución en los limos	Fábricas, cimentaciones de maquinaria; postes; pilas de puentes. Otras edificaciones livianas.
2) Placas de concreto reforzado	Suelos cohesivos de pobre capacidad de soporte; precaución en los limos.	Edificios, bodegas bajas.
b) Cimentaciones profundas		
1) Pilares.	Donde es posible transmitir cargas a capas de soportes firmes; precaución en los limos	Estructuras altas; edificios, torres, chimeneas, faros, cimentaciones de máquinas, que no deben sufrir vibraciones ni asentamientos intolerables.
2) Cimentaciones flotantes.	Roca a profundidad no alcanzable.	Estructuras no sensibles a asentamientos.
3) Pilotaje: transmisión de cargas a estrato de soporte firme.	Manto de soporte firme, casi rocoso, a profundidad económicamente viable.	Cimentaciones de puentes; faros; edificios altos; cimentaciones pesadas de máquinas.
4) Tipos de pilotes: de madera, de de concreto; <i>in situ</i> ; prefabricados.	Los pilotes prefabricados de concreto son adecuados para cimentaciones flotantes en suelos con muchas capas de condición variable. Pilotes con bulbo de base sobre suelo firme pueden transmitir pesadas cargas. Los pilotes de madera deben quedar permanentemente bajo el nivel freático.	Todo tipo de estructuras.
5) Pilotes atornillados.	Suelos cohesivos.	Se usan cuando los pilotes quedan sometidos a fuerzas de tracción, y en estructuras temporales.
6) Pilotes de acero.	En suelos donde el acero no sufre ataques severos, por ejemplo, en suelos densos no corrosivos y en suelos con elevada fricción suelo-acero.	Todo tipo de estructuras.
7) Pilotes de compactación.	Adecuados para suelos arenosos y areno-arcillosos.	Sin especificar
8) Cajones	Para transmitir cargas a estratos de soportes firmes, o donde la roca es alcanzable.	Edificaciones elevadas; cimentaciones pesadas de máquinas libres de vibración; cimentaciones de puentes.

*Fuente: Ingeniería de Cimentaciones, Manuel Delgado Vargas

También se usa una cimentación de base superficial cuando una capa relativamente delgada de suelo compresible (turba, barro, arcilla muy plástica) se encuentra bajo nivel freático difícil de deprimir. En tales casos se deben reducir las presiones de contacto sobre el suelo, o en lugar de una cimentación prevista en faja se puede usar una cimentación de placa corrida. Por estos medios se puede reducir la deformación de capas compresibles intercaladas. No debe perderse de vista, sin embargo, que por motivo del mayor ancho de las placas corridas la zona sobreesforzada alcanzará mayor profundidad que bajo cimentaciones en faja, y se extenderá hasta y a través de las capas débiles inferiores. Nunca deben colocarse cimentaciones directamente sobre turba o materia orgánica.

Sin embargo, si se encuentra suelo con alta capacidad de carga o roca a una mayor profundidad bajo la superficie del terreno, puede llegar a ser inevitable el uso de cimentaciones profundas, especialmente cuando:

- 1) No pueden distribuirse las cargas estructurales.
- 2) El desagüe de la excavación acarrea dificultades en el trabajo de cimentación (peligro persistente de erosión y colapsos).
- 3) Existe, en suelos arcillosos, una fuerte tendencia de la estructura a asentarse.
- 4) La estabilización geotécnica de las capas débiles intercaladas se presenta prohibitiva.
- 5) Puede anticiparse que en el futuro se harán excavaciones en el suelo o se colocarán cimentaciones profundas cerca de la estructura contemplada.

Cuando se presentan dificultades para decidir entre cimentaciones superficiales y profundas, se requiere la elaboración de variantes comparativas de diversos tipos de diseño para la cimentación, dependientes de la clase, la naturaleza, la estratificación y el espesor del suelo firme en el sitio de construcción; de las condiciones del agua del terreno; de las propiedades físicas del suelo, y de los materiales de construcción disponibles para la ejecución de cimentaciones profundas.

La posición del nivel freático bajo la superficie del terreno plantea diferentes problemas; algunas veces es posible alcanzar un estrato deseable muy por debajo

del nivel freático, fácilmente en arcillas, en tanto que es difícil alcanzarlo en arenas finas corredizas. En el caso de arcillas se pueden sugerir pilotes, pilares o cajones abiertos. En el caso de arena corrediza pueden ser indicados los pilotes hincados o, a pequeñas profundidades, es utilizable una zapata confinada con tablestacado.

TABLA IV.3 “GUÍA PARA LA SELECCIÓN TENTATIVA DE LOS TIPOS DE CIMENTACIÓN. CONDICIONES HIDROLÓGICAS DEL SITIO”

Sitio de construcción no cubierto por el agua		Sitio de construcción cubierto por agua hasta:		
No hay nivel freático	Existe nivel freático	4.0 m de profundidad	8.0 m de profundidad	mayor a 8.0 m de profundidad
1) Cimentación superficial con o sin ensanchamiento de la zapata.	1) Cimentación superficial con o sin ensanchamiento de la zapata.	1) Cimentación dentro de una ataguía.	1) Cajón flotante o caja de fondo cerrado sobre pilotes o no.	1) Cajón flotante o caja de fondo cerrado.
2) Placa de concreto reforzado.	2) Placa de concreto reforzado.	2) Pilotes de madera dentro de una ataguía.	2) Cajones autofundantes abiertos.	2) Cajones autofundantes abiertos.
3) Pilotes de concreto reforzado. Pilotes de acero.	3) Pilotes de madera si hay alto nivel freático; pilotes de acero.	3) Cajón flotante o caja con fondo cerrado.	3) Cajón neumático.	3) Cajón neumático.
	4) Pilotes de concreto reforzado, con bajos niveles freáticos; pilotes de acero. 5) Cajón abierto.	4) Cajón flotante o cajón abierto. 5) Cajón neumático cuando hay obstáculos en el suelo.		

*Fuente: Ingeniería de Cimentaciones, Manuel Delgado Vargas

En resumen, los pasos esenciales para seleccionar el tipo de cimentación se pueden resumir como:

- a) Obtener al menos información aproximada sobre la naturaleza y función de la superestructura y de cargas que se transmitirán a la cimentación.
- b) Investigar los factores determinantes del tipo y diseño de cimentación para el problema específico entre manos.
- c) Determinar las condiciones del suelo de soporte en forma general.

- d) Considerar brevemente cada uno de los tipos realizables de cimentación, de acuerdo con la práctica regional, para juzgar si es posible construirlos bajo las condiciones existentes, si tienen o no capacidad para soportar las cargas previstas y si son susceptibles de sufrir asentamientos nocivos. Es así posible eliminar en forma preliminar los tipos inadecuados.
- e) El próximo paso consiste en llevar a cabo estudios más detallados y aún los diseños tentativos más atractivos. Estos estudios pueden hacer necesaria la obtención de información adicional relativa a las cargas, a las condiciones del subsuelo y a otros factores determinantes de la cimentación. Usualmente se llevan hasta el punto en que sea posible determinar dimensiones aproximadas de los cimientos. Pueden también ser necesarias estimaciones precisas de los asentamientos, con el fin de anticipar el comportamiento de las estructuras.
- f) Como paso final, se prepara un estimado del costo de cada tipo de cimentación que ofrezca buenas posibilidades y se selecciona el tipo o tipos que exhiban el equilibrio más aceptable entre buen comportamiento y economía.
- g) Ilustraciones de tipos de cimentación relacionados con las condiciones del suelo.

IV.2.1 ELECCIÓN DE CIMENTACIÓN PARA LA PLANTA DE TRATAMIENTO

Como se ha visto en este capítulo la elección de la cimentación es de suma importancia para el correcto funcionamiento de las estructuras que se van a soportar. Se ha mencionado que para llevar a cabo la ampliación de la planta se debe construir tres estructuras necesarias, que son:

- 1) El filtro percolador
- 2) La base para soportar el equipo de Flotación por Aire Disuelto (Disolved Air Flotation DAF)
- 3) Un tanque de bombeo.

El análisis estructural se realizó con la ayuda del programa Computación para Análisis y Diseño de Sistemas Estructurales (CADSE), que analiza el

comportamiento de la estructura bajo las diferentes condiciones de cargas previstas por el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal, y así, conjuntamente con la experiencia del ingeniero estructurista que se llevó a cabo este proceso, se determinó que se emplearían losas de cimentación para las tres estructuras, cada una con diferentes características, como el espesor de la losa, los armados del acero de refuerzo, etc., producto de las solicitudes propias de estas unidades.

En estas estructuras, las losas de cimentación tienen la ventaja de que se utilizan como fondo utilizable del tanque de bombeo y del filtro percolador. En el caso de la base para soportar el equipo de Flotación por Aire Disuelto (Dissolved Air Flotation DAF), la losa se rigidiza con el uso de contratraveses invertidas para dejar plana y libre el nivel superior de la losa. Para un mejor apreciamiento de estos detalles, se pueden consultar los planos estructurales ES-01, ES-02 y ES-03 alojados en el cuerpo del Anexo “A” Planos.

IV.3 ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE LOS ELEMENTOS

El diseño estructural comprende diferentes actividades que desarrolla el proyectista para determinar la forma, dimensionamiento y características detalladas de una estructura, es decir, aquella parte de la construcción que tiene como función absorber las solicitudes que se presentan durante las distintas etapas de su existencia. Un requisito primordial para que la construcción cumpla sus funciones es que no sufra fallas o mal comportamiento debido a su incapacidad para soportar las cargas que sobre ella se imponen. Además de este requisito, deben cuidarse otros aspectos relativos a la funcionalidad, y valores estéticos que son responsabilidad de otros profesionales.

Cada construcción puede concebirse como un sistema compuesto a su vez de subsistemas que se combinan en forma ordenada para cumplir su respectiva función. A pesar de esta evidente interacción, es común que los diversos expertos se ocupen únicamente de los proyectos de su especialidad, para finalmente hacer superposiciones sucesivas de los proyectos integrantes, situación que lleva a sucesivas correcciones y ajuste en los respectivos proyectos, con el consiguiente retraso en su entrega.

Para entender la esencia del proceso de diseño se consideran tres aspectos fundamentales: la estructuración, el análisis y el dimensionamiento.

- I) Estructuración. En esta parte se determinan los materiales que van a constituir la estructura, su forma, el arreglo de los elementos integrantes y las dimensiones y características más esenciales. Ésta es la parte fundamental del proceso, de la correcta elección del sistema o esquema estructural depende más que de ningún otro aspecto la fiabilidad de los resultados. Aquí es donde desempeñarán un papel importante la creatividad y el criterio.
- II) Análisis. Aquí se incluyen las actividades que determinarán la respuesta de la estructura ante las diferentes acciones exteriores que pueden afectarla. Se trata de determinar los efectos de las cargas que pueden afectar a la estructura durante su vida útil. Para esta determinación se requiere lo siguiente:
 - a) Modelar la estructura, idealizando la estructura real por medio de un modelo teórico factible de ser analizado con los procedimientos de cálculo disponibles. Se idealiza un edificio de columnas, vigas y losas de concreto por medio de un sistema de marcos planos formados por barras de propiedades equivalentes. En esta idealización se cometen con frecuencia errores graves, como ignorar elementos que contribuyen a la respuesta de la estructura o emplear un modelo demasiado simplista que no representa adecuadamente la respuesta estructural. En la modelación se definen las propiedades de los elementos que componen al modelo, mediante la recolección de diversos datos y la suposición de otras características, como son las propiedades los materiales, incluyendo el suelo de cimentación, y las propiedades geométricas de las distintas secciones. Los valores supuestos en etapas iniciales del proceso, pueden tener que irse refinando a medida que se obtienen los resultados del análisis.
 - b) Determinar las acciones de diseño. Las cargas y otros agentes que introducen esfuerzos en la estructura a menudo están definidos por

códigos, siendo obligación del proyectista sujetarse a ellos. También debe haber un criterio con el que se definan los valores de diseño de una acción dada, la forma de obtener un modelo de ésta, generalmente a través de un sistema de fuerzas estáticas de efecto equivalente y la forma de combinar estas fuerzas con las correspondientes a otras acciones.

- c) Determinar los efectos de las acciones de diseño en el modelo de estructura elegido. Esta etapa constituye el análisis propiamente dicho, y determina las fuerzas internas, así como las flechas y deformaciones de la estructura. Los métodos de análisis han evolucionado en las últimas décadas mucho más que otros aspectos del diseño; el desarrollo de los métodos numéricos asociados al empleo de las computadoras ha hecho posible analizar con precisión modelos estructurales cada vez más complejos.

- III) Dimensionamiento. En esta etapa se detalla la estructura, revisando el cumplimiento de los requisitos de seguridad, y se elaboran los planos y especificaciones de construcción de la estructura. Estas actividades están con frecuencia ligadas a la aplicación de códigos que rigen su diseño.

La secuencia de estas actividades es compleja e iterativo; implica pasar varias veces por cada etapa a medida que la estructura evoluciona hacia su forma final.

El análisis de la secuencia temporal con que se realiza el diseño de una estructura permite distinguir las fases siguientes:

- 1) Planteamiento de soluciones preliminares. Se requiere primero una definición clara de las funciones que debe cumplir la estructura y de las restricciones que impone el entorno físico y de las que fijan otros aspectos del proyecto.
- 2) Evaluación de soluciones preliminares. Se realizan las actividades que constituyen las etapas del proceso de diseño estructural, pero a un nivel tosco en el cual se pretende definir las características esenciales de la estructura en diversas alternativas, con el fin de identificar posibles problemas en su adopción y, principalmente, de poder cuantificar sus partes

y llegar a una estimación de los costos de las diversas soluciones

3) Diseño detallado. Una vez seleccionada la opción más conveniente, se procede a definirla hasta su detalle, realizando de manera refinada todas las etapas del proceso; aún aquí es necesario con frecuencia recorrer más de una vez las diversas etapas, ya que algunas de las características que se habían supuesto inicialmente pueden tener que modificarse por los resultados del dimensionamiento y hacer que se repita total o parcialmente el análisis.

4) Transferencia de los resultados del diseño. Después de realizar un diseño satisfactorio es necesario transmitir los resultados a los constructores, en forma clara y completa. La elaboración de planos con las características fundamentales de la estructura, la solución de los detalles menores, la especificación de los materiales y procedimientos y la elaboración de una memoria de cálculo que facilite la implantación de cualquier cambio que resulte necesario por la ocurrencia de condiciones no previstas en el diseño, son partes esenciales del proyecto.

5) Supervisión. Tiene como objetivo destacar la importancia de que las personas responsables del proyecto estructural comprueben que se esté interpretando correctamente su diseño y, sobre todo, que puedan resolver los cambios y adaptaciones que se presentan en mayor o menor grado en todas las obras, de manera que éstos no alteren la seguridad de la estructura y sean congruentes con los criterios de cálculo adoptados.

La importancia que tenga cada una de las fases identificadas depende de las características de cada obra. Cuando se trata de una estructura conocida, es posible identificar directamente por experiencia la solución más conveniente y proceder a su diseño con un mínimo de iteraciones. En obras novedosas y grandes, es fundamental dedicar gran atención a las dos primeras fases.

IV.3.1 REGLAMENTACIÓN DEL DISEÑO ESTRUCTURAL

El diseño estructural proporciona soluciones que por mediante el aprovechamiento óptimo de materiales, de técnicas constructivas, y cumpliendo con las restricciones

impuestas por otros aspectos del proyecto, den lugar a un buen comportamiento de la estructura en condiciones normales de funcionamiento de la construcción y a una seguridad adecuada contra la ocurrencia de algún tipo de falla.

Los reglamentos para el diseño de estructuras son documentos legales que tienen como función proteger a la sociedad contra el colapso o mal funcionamiento estructural de las construcciones. Objetivos similares tienen otros documentos como las especificaciones, normas y recomendaciones, los cuales aunque no siempre tienen valor legal, tienden a cumplir con tales objetivos.

Los reglamentos son elaborados por comités formados por especialistas en la materia y revisados por personas e instituciones interesadas, como los representantes de los constructores, de los productores de materiales de construcción, de las asociaciones de profesionales, de los centros de investigación y de las autoridades competentes. Un reglamento refleja, por tanto, los puntos de vista de los redactores y el estado del conocimiento en el momento de su elaboración.

Hay mucha controversia acerca de si un reglamento debe limitarse a fijar requisitos generales de seguridad y de funcionamiento dejando amplia libertad al proyectista respecto a la manera de cumplir con dichos requisitos, o si, por el contrario, debe prescribir en forma detallada los procedimientos que deben seguirse para lograr el nivel de seguridad deseado. Las normas o reglamentos que tienen el primer enfoque se llaman reglamentos funcionales, o de requisitos de comportamiento, y los que siguen la segunda línea se llaman reglamentos prescriptivos. Los reglamentos funcionales parecen más racionales y, permitiendo libertad a los proyectistas, fomentan la innovación. Su principal defecto reside en la dificultad de comprobar que un diseño realmente cumple con los requisitos de comportamiento establecidos. Los reglamentos prescriptivos son más rígidos y obligan a fijar una larga lista de requisitos para poder cubrir el mayor número de casos que puedan presentarse, pero tienen la ventaja de que el proyectista cuenta con un camino claro y ya aprobado para demostrar que su diseño cumple con los requisitos establecidos.

En su mayoría los reglamentos existentes son de tipo prescriptivo, aunque

comienzan a aparecer algunos de tipo funcional.

Cualquiera que sea el tipo de reglamento, toca siempre a sus redactores la responsabilidad de fijar los niveles de seguridad adecuados para los distintos tipos de estructuras. Estos niveles de seguridad se basan principalmente en la experiencia del comportamiento de estructuras diseñadas con distintos procedimientos y factores de seguridad y en la opinión subjetiva de los redactores. Del sinnúmero de reglamentos de diseño estructura: que existen, la mayoría se refiere al diseño de estructuras especiales (puentes, tuberías, etc.) o son particulares de algún material (concreto, acero, madera, mampostería). Algunos son de alcance más general y tienden a establecer: criterios unificados de diseño para las diferentes estructuras y materiales. La tendencia a establecer criterios unificados es más notoria en los países europeos donde existen códigos multinacionales para los países de la Unión Europea. Estas reglas son muy avanzadas y tienen en general bases probabilistas. Además, cada país tiene sus reglamentos particulares basados en la práctica y experiencia local, aunque es notoria la tendencia a que la reglamentación de los diversos países europeos sea similar. En los Estados Unidos de América la reglamentación está muy dispersa y es poco uniforme, debido a que es elaborada por grupos distintos según el material, según el tipo de estructura y según la región donde se aplican. Sin embargo, muchos de los códigos o recomendaciones específicas elaboradas por diversas instituciones de este país representan los documentos más avanzados y de mayor divulgación a nivel internacional, de manera que son ampliamente usados también en otros países, especialmente para el proyecto de grandes obras industriales y de infraestructura en las que intervienen especialistas de distintas partes del mundo. Las normas más conocidas son el Código del American Concrete Institute (ACI) para estructuras de concreto, el del American Institute of Steel Construction (AISC) para estructuras de acero, el del American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) para diseño estructural de puentes, etc.

En México la reglamentación más actualizada y la que sirve de modelo para las de otros estados, es la del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal.

Este reglamento se refiere únicamente a las construcciones urbanas (edificios). Un documento que tiene un alcance mucho mayor es el Manual de Diseño de Obras Civiles de la Comisión Federal de Electricidad que abarca el diseño de obras industriales y de chimeneas, tanques, torres y cimentaciones. Además especifica acciones de diseño para distintas regiones de la República Mexicana. Aunque no se trata de un reglamento de observancia obligatoria, se aplica como documento base para el diseño de muy diversas estructuras.

En número cada vez mayor los reglamentos tienden a ser de resistencia o de estados límite. Sin embargo, muchos de ellos conservan como opción, o a veces como procedimiento único, el diseño por esfuerzos admisibles. Esto más por razones de tradición y de familiaridad de los proyectistas que por defender criterios elásticos de diseño. Por ejemplo para estructuras de acero, de madera y de mampostería prevalecen métodos de esfuerzos admisibles, mientras que para las de concreto es más difundido el diseño por estados límite (o de resistencia).

IV.3.2 REGLAMENTO DE CONSTRUCCIONES PARA EL DISTRITO FEDERAL

La versión vigente del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal fue publicada el 29 de enero de 2004 en la Gaceta Oficial del Gobierno del Distrito Federal, y entró en vigor el día 16 de febrero de 2004, fecha en la que se abrogó el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal publicado en la Gaceta Oficial del Departamento del Distrito Federal el 2 de agosto de 1993 (Transitorios, artículos Primero y Segundo).

Las obras de construcción, instalación, modificación, ampliación, reparación y demolición, así como el uso de las edificaciones y los usos, destinos y reservas de los predios del territorio del Distrito Federal, deben sujetarse a las disposiciones del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal, sus Normas Técnicas Complementarias y demás disposiciones jurídicas y administrativas aplicables. La aplicación y vigilancia del cumplimiento de las disposiciones de este Reglamento corresponde a la Administración Pública del Distrito Federal, la cuál tiene, entre otras, las siguientes facultades:

- Fijar los requisitos técnicos a que deben sujetarse las construcciones e

instalaciones, a fin de que se satisfagan las condiciones de habitabilidad, seguridad, higiene, comodidad, accesibilidad y buen aspecto;

- Registrar las manifestaciones de construcción, así como otorgar o negar licencias de construcción especial y permisos para la ejecución de las obras y el uso de edificaciones y predios.
- Imponer las sanciones correspondientes por violaciones a este Reglamento;
- Expedir y modificar, cuando lo considere necesario, las Normas de este Reglamento.

En el cuerpo del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal se incluye un planteamiento general del problema de diseño que es aplicable a todo tipo de estructuras. Los requisitos particulares que se derivan de la aplicación de esos principios generales a los materiales y tipos estructurales específicos se encuentran fuera del cuerpo principal del reglamento y se agrupan en una serie de Normas Técnicas Complementarias (NTC). Esta modalidad intenta lograr que el reglamento permanezca mayor tiempo sin modificación, ya que sus principios y procedimientos generales están poco sujetos a verse superados por los avances en el conocimiento de las estructuras y por el surgimiento de nuevos materiales y modalidades de construcción. Las Normas Técnicas Complementarias (NTC), por otra parte, pueden actualizarse más fácilmente por no tener que seguir el laborioso proceso de legalización que requiere el propio reglamento. El campo de aplicación del reglamento está limitado a las edificaciones urbanas; y por lo tanto, no rige para el diseño de puentes, presas y estructuras industriales particularmente complejas.

Las recomendaciones generales del reglamento para el diseño de estructuras se incluyen en el título llamado "Seguridad Estructural de las Construcciones". Éste contiene algunos capítulos iniciales relativos a los conceptos básicos del diseño según el criterio de estados límite, los que ya se han tratado en este texto. Además, se definen procedimientos generales para el cálculo de los valores de diseño de las acciones y de la resistencia. Estos procedimientos se emplean sólo en casos excepcionales en que los valores no estén especificados por el propio

reglamento o por las normas técnicas complementarias.

Las combinaciones de carga se forman de la manera expuesta en este capítulo y el factor de carga para combinaciones que incluyan solamente acciones permanentes y variables debe ser 1.4, excepto cuando se trata de estructuras de construcciones en que puede haber aglomeración de personas, como los centros de reunión, escuelas, salas de espectáculos, estadios, así como en aquellos que contengan equipos sumamente valiosos. En todas ellas el factor de carga debe ser 1.5. El incremento en el factor de carga refleja las consecuencias más graves de la falla de las construcciones en cuestión.

Para combinaciones que incluyan alguna acción accidental el factor de carga será 1.1 para todas las acciones. Esta reducción toma en cuenta la menor probabilidad de que actúen simultáneamente los efectos máximos de cargas permanentes y accidentales. En este caso no se hacen distinciones en el factor de carga para estructuras de particular importancia, ya que esto está cubierto en la definición de los valores de diseño de las acciones accidentales de sismo y viento que son significativamente más altos cuando las consecuencias de la falla pueden ser mayores que las comunes.

Para alguna acción cuyo efecto sea favorable para la seguridad de la estructura el factor de carga debe tomarse como 0.9. Éste es el caso, por ejemplo, del efecto de las cargas gravitacionales al revisar la seguridad ante volteo por las cargas laterales debidas a viento o a empuje de tierras.

Los factores de reducción que deben aplicarse a las resistencias se consignan en las Normas Técnicas Complementarias (NTC) para cada material y estado límite específicos. Los factores de reducción varían según el grado de seguridad y la precisión de la fórmula empleada para el cálculo, según el tipo de falla esperado, si dúctil o frágil y, particularmente, también según el tipo de elemento estructural. Así, por ejemplo, para falla en flexión en acero o en concreto reforzado se aplica un factor de reducción de 0.9, ya que la falla es dúctil y el procedimiento de cálculo relativamente preciso. Para flexocompresión en columnas de concreto el factor se reduce a 0.75 considerando el carácter frágil de la falla y las mayores consecuencias que en general se tienen por la falla de una columna; si existe un

zuncho transversal que asegure una falla dúctil de la columna, el factor de reducción vale 0.85.

De la descripción de estos valores se aprecia que algunos aspectos que intervienen en la definición de factor de seguridad total se toman en cuenta al establecer los valores de diseño de las acciones y de los parámetros que intervienen en la resistencia; otros, en los factores de carga y otros, en los de reducción. La magnitud relativa de los factores parciales de seguridad y los aspectos que se pretende tomar en cuenta con ellos son hasta cierto punto arbitrarios. Es evidente que se podrían obtener los mismos resultados del diseño si se usaran, por ejemplo, factores de carga menores pero se disminuyeran también los factores de reducción de resistencia. De hecho otros códigos especifican valores individuales de los factores parciales de seguridad distintos de los del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal; sin embargo, los resultados finales del diseño son bastante similares si se sigue uno u otro. Lo que puede conducir a resultados erróneos y posiblemente del lado de la inseguridad, es mezclar los requisitos de un reglamento con los de otro.

Más adelante, el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal incluye procedimientos para tomar en cuenta los efectos de cargas muertas y vivas, los efectos de sismo y viento y para el diseño de cimentaciones.

En las Normas Técnicas Complementarias (NTC) se aplican los lineamientos generales especificados por el reglamento al diseño de estructuras de concreto, acero, mampostería y madera. Salvo en el caso de la madera, los requisitos siguen un criterio común de estados límite en que las acciones los factores de carga son iguales para todos los materiales y los factores de reducción de resistencia están determinados para lograr niveles de confiabilidad semejantes.

IV.3.3 MEMORIAS DE CÁLCULO

En las memorias de cálculo se indican los resultados obtenidos del diseño estructural y las especificaciones requeridas para realizar la construcción de las diferentes partes que integran la estructura.

Se presenta un extracto de la memoria de cálculo estructural de las tres

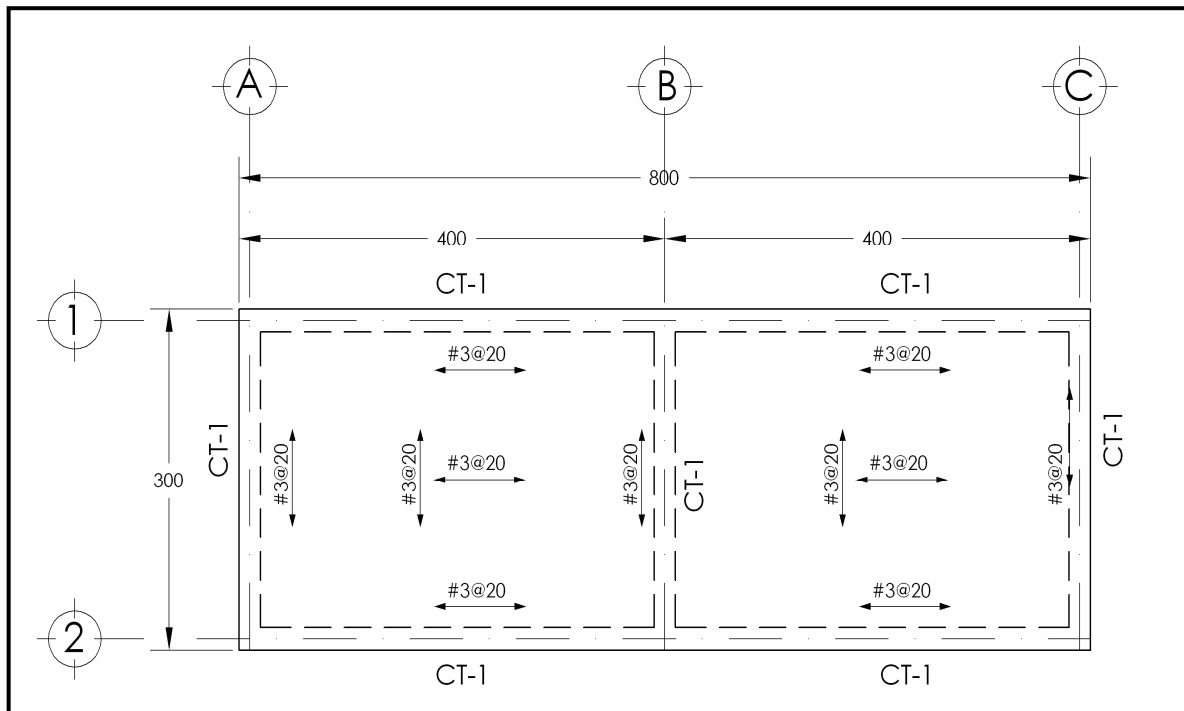
estructuras de la ampliación de la planta de tratamiento. A menudo, los resultados de los programas de cómputo para análisis estructural suelen ser extensos y poco ilustrativos para personas sin nociones de Ingeniería Estructural, por lo que es conveniente hacer un resumen de estos resultados. Además, al plasmarse en los planos servirán de base para la elaboración de los presupuestos y cotizaciones.

IV.3.3.1 BASE DEL EQUIPO DE FLOTACIÓN POR AIRE DISUELTO (DISOLVED AIR FLOTATION DAF)

a) Cimentación. La base para apoyo del equipo de Flotación por Aire Disuelto (Disolved Air Flotation DAF) estará formada por una losa de cimentación de 20 cm de espesor rigidizada con contratraveses de concreto reforzado de 50 x 20 cm. Los detalles y los armados respectivos se indican en el plano estructural ES-01 del Anexo “A” Planos.

FIGURA IV.9 “BASE PARA EQUIPO DE FLOTACIÓN POR AIRE DISUELTO (DISOLVED AIR FLOTATION DAF)”

CT-1 = Contratrabe 1 (Ver Plano ES-01 “Estructural, Base para Equipo de Flotación por Aire Disuelto” del



Anexo “A” Planos.

#3@20 = varillas del número 3 (3/8") a cada 20 cm. Acotaciones en cm.

De igual manera en la Figura IV.9 “Base para Equipo de Flotación por Aire Disuelto” se observa un extracto del plano estructural mencionado en el párrafo

anterior. Es la vista en planta de la base con sus dimensiones y la disposición del acero de refuerzo.

b) Materiales. El concreto a usar en todo el tanque deberá tener una resistencia mínima a la compresión de 250 kg/cm² el acero tendrá un esfuerzo de fluencia mínimo de $f_y = 4,200$ kg/cm². El módulo de elasticidad del concreto no deberá ser inferior a 221,350 kg/cm² (concreto clase 1: concreto de peso normal utilizado en todos los sitios en condiciones secas), que fue el valor utilizado durante el análisis.

c) Dimensionamiento. Para el dimensionamiento de los elementos estructurales se siguieron los lineamientos de las Normas Técnicas Complementarias para el Diseño de Estructuras de Concreto del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal.

Se realizara el análisis y el diseño del tanque en el programa de computadora denominado Computación para Análisis y Diseño de Sistemas Estructurales (CADSE), el cual realizará el análisis de la estructura en el contexto tridimensional utilizando el método de los elementos finitos. El mismo programa realizará el diseño de la cimentación y la revisión de los diferentes elementos estructurales conforme al Reglamento de Construcciones y sus Normas Técnicas Complementarias.

En la Tabla IV.4 “Refuerzo de Contratraveses de la Base para el Equipo de Flotacion por Aire Disuelto” se muestran los resultados que el programa proporciona para la cuantía de acero, dato necesario para la elaboración de los detalles en los planos estructurales.

**TABLA IV.4 “REFUERZO DE CONTRATRABES EN LA BASE PARA
EL EQUIPO DE FLOTACION POR AIRE DISUELTO”**

Contratrabe	Sección (cm)	Longitud (cm)	Refuerzo		Estribos
			Superior Área (cm ²)	Inferior Área (cm ²)	
CT1 ejes A, B y C	20 x 50	300	$2 \varnothing 1/2" + 1 \varnothing 1/2" = 3,39$	$2 \varnothing 1/2" = 2,26$	1e $\varnothing 3/8"$ s22
CT1' ejes 1 y 2	20 x 50	400	$2 \varnothing 1/2" + 1 \varnothing 1/2" = 3,39$	$2 \varnothing 1/2" = 2,26$	1e $\varnothing 3/8"$ s22

Simbología:
" = pulgadas (1"= 2.54 cm)
 $\varnothing$: diámetro
s: separación en cm

TABLA IV.5 “REFUERZO LOSA DE CIMENTACIÓN DE BASE PARA EQUIPO DE FLOTACION POR AIRE DISUELTO”

CONCEPTO	Espesor (cm)	Ancho (cm)	Largo (cm)	Refuerzo	
				Superior	Inferior
Losa cimentación	20	300	800	X: 2,03 $\emptyset$ 3/8"s35	X: 2,03 $\emptyset$ 3/8" s35

Simbología:

X: piezas

" = pulgadas (1"= 2.54 cm)

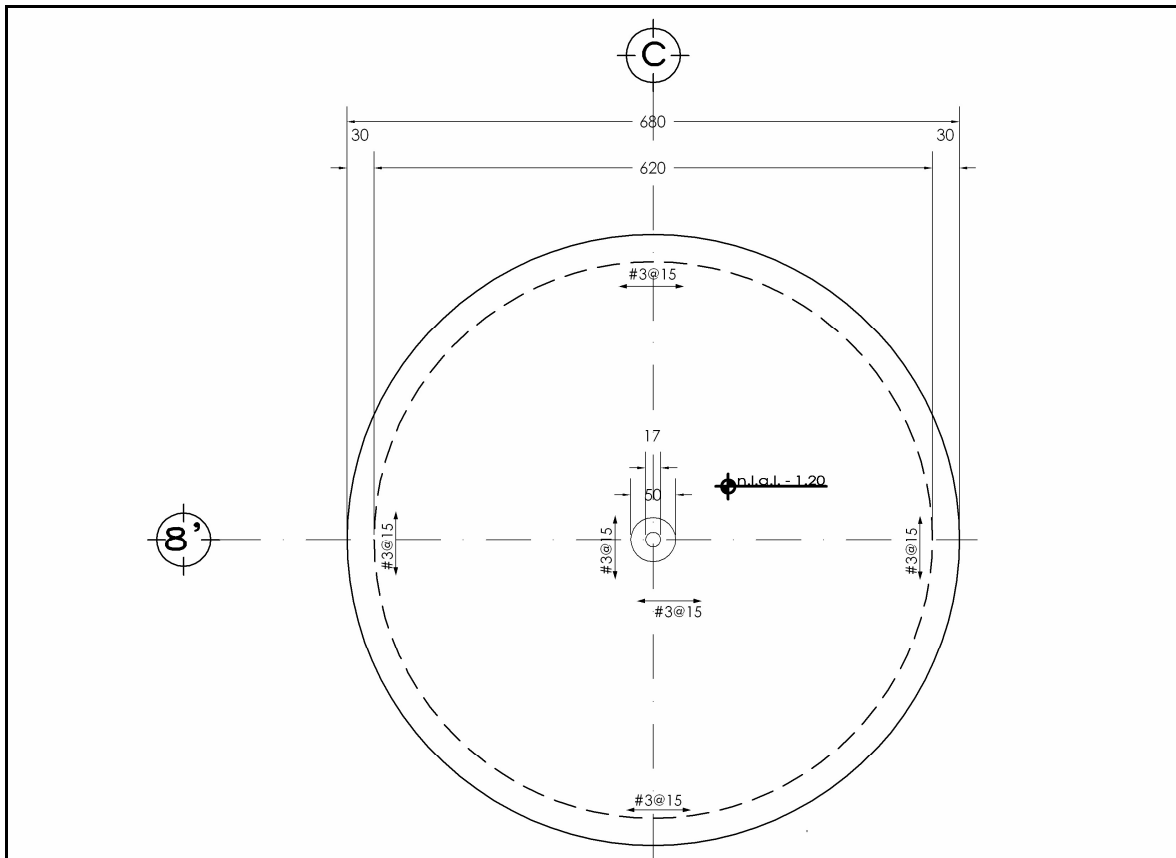
$\emptyset$: diámetro

s: separación en cm

IV.3.3.2 FILTRO PERCOLADOR

a) Cimentación. El tanque estará desplantado a una profundidad de 30 cm con respecto al nivel del terreno natural sobre una losa de fondo de concreto armado de 30 cm de espesor y 680 cm de diámetro. Los detalles y armados respectivos se indican en el plano estructural ES-02 del Anexo “A” Planos.

FIGURA IV.10 “CIMENTACIÓN DEL FILTRO PERCOLADOR”



(Ver Plano ES-02 “Estructural, Filtro Percolador” del Anexo “A” Planos.

#3@15 = varillas del número 3 (3/8”) a cada 15 cm. Acotaciones en cm.

b) Superestructura. La superestructura será a base de muros de concreto armado de 30 cm de espesor.

c) Materiales. El concreto a usar en todo el tanque deberá tener una resistencia mínima a la compresión de 250 kg/cm² el acero tendrá un esfuerzo de fluencia mínimo de $f_y = 4,200$ kg/cm². El módulo de elasticidad del concreto no deberá ser inferior a 221,350 kg/cm² (concreto clase 1: concreto de peso normal utilizado en todos los sitios en condiciones secas), que fue el valor utilizado durante el análisis.

d) Dimensionamiento. Para el dimensionamiento de los elementos estructurales se siguieron los lineamientos de las Normas Técnicas Complementarias para el Diseño de Estructuras de Concreto del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal.

Se realizara el análisis y el diseño del tanque en el programa de computadora denominado Computación para Análisis y Diseño de Sistemas Estructurales (CADSE), el cual realizará el análisis de la estructura en el contexto tridimensional utilizando el método de los elementos finitos. El mismo programa realizará el diseño de la cimentación y la revisión de los diferentes elementos estructurales conforme al Reglamento de Construcciones y sus Normas Técnicas Complementarias.

A continuación se muestran los resultados que dicho programa proporciona para la elaboración de los detalles estructurales.

TABLA IV.6 “ACERO DE REFUERZO EN MUROS DE CONCRETO DEL FILTRO PERCOLADOR”

CONCEPTO	Espesor (cm)	Altura (cm)	Diámetro externo (cm)	Refuerzo	
				Vertical	Horizontal
Muro circular de concreto	30	820	680	Ø3/8" s15	Ø3/8" s15

Simbología:

" = pulgadas (1"= 2.54 cm)

Ø: diámetro

s: separación en cm

**TABLA IV.7 “ACERO DE REFUERZO EN LOSA DE
CIMENTACIÓN DE FILTRO PERCOLADOR”**

CONCEPTO	Espesor (cm)	Diámetro externo (cm)	Profundidad desplante (cm)	Refuerzo	
				Vertical	Horizontal
Losa cimentación	30	680	30	Ø3/8" s15 ambas direcciones	Ø3/8" s15 ambas direcciones

Simbología:

" = pulgadas (1"= 2.54 cm)

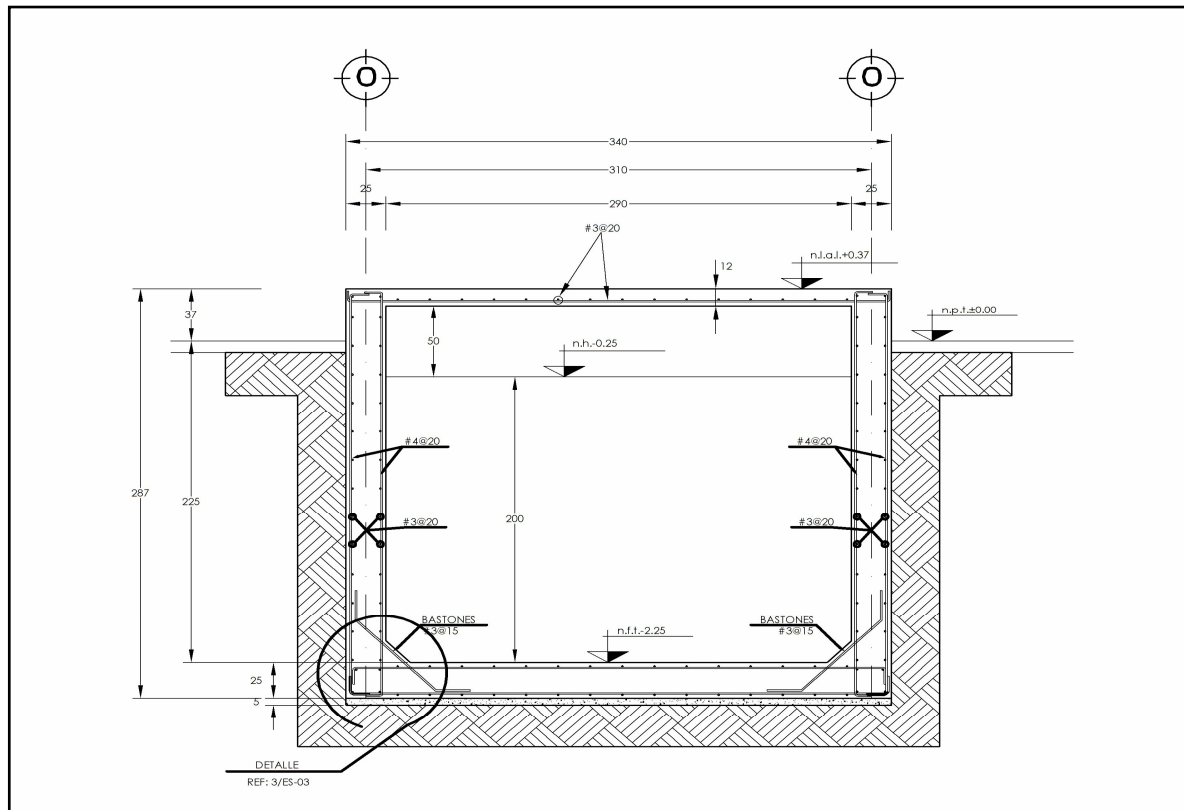
Ø: diámetro

s: separación en cm

IV.3.2.3 TANQUE DE BOMBEO

- a) **Cimentación.** El tanque estará desplantado a una profundidad de 2.50 m con respecto al nivel del terreno natural sobre una losa de fondo de 25 cm de espesor de concreto armado. Los detalles y armados respectivos se indican en el plano estructural ES-03 del Anexo “A” Planos.

FIGURA IV.11 “TANQUE DE BOMBEO”



(Ver Plano ES-03 “Estructural, Tanque de Bombeo” del Anexo “A” Planos)

#4@20 = varillas del número 4 (4/8"= 1/2") a cada 20 cm. Acotaciones en cm.

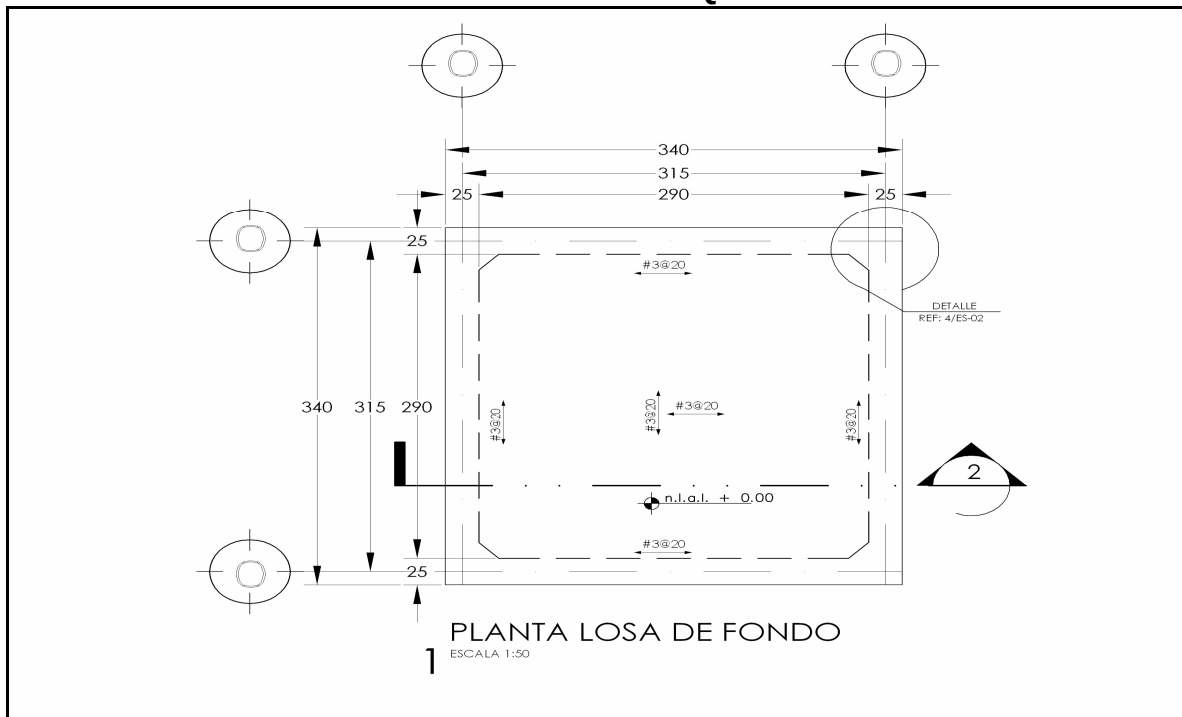
- b) **Superestructura.** La superestructura será a base de muros de concreto

armado de 25 cm de espesor. Ver detalles de armados en los planos estructurales correspondientes.

c) Materiales. El concreto a usar en todo el tanque deberá tener una resistencia mínima a la compresión de 250 kg/cm^2 el acero tendrá un esfuerzo de fluencia mínimo de $f_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$. El módulo de elasticidad del concreto no deberá ser inferior a $221,350 \text{ kg/cm}^2$ (concreto clase 1: concreto de peso normal utilizado en todos los sitios en condiciones secas), que fue el valor utilizado durante el análisis.

d) Dimensionamiento. Para el dimensionamiento de los elementos estructurales se siguieron los lineamientos de las Normas Técnicas Complementarias para el Diseño de Estructuras de Concreto del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal.

FIGURA IV.12 “PLANTA DE TANQUE DE BOMBEO”



Se realizó el análisis y el diseño del tanque con el programa de computadora denominado “Computación para Análisis y Diseño de Sistemas Estructurales” (CADSE), el cual efectúa el análisis de la estructura en el contexto tridimensional utilizando el método de los elementos finitos. El mismo programa realiza el diseño de la cimentación y la revisión de los diferentes elementos estructurales conforme

al reglamento de construcciones y sus normas técnicas complementarias.

A continuación se muestran los resultados que dicho programa proporciona para la elaboración de los detalles estructurales.

TABLA IV.8 “ACERO DE REFUERZO EN MUROS DE CONCRETO DEL TANQUE DE BOMBEO”

CONCEPTO	Espesor (cm)	Altura (cm)	Ancho (cm)	Refuerzo	
				Vertical	Horizontal
Muro de concreto	30	287	340	ø3/8"s20	ø3/8"s20

Simbología:

" = pulgadas (1"= 2.54 cm)

ø: diámetro

s: separación en cm

TABLA IV.9 “ACERO DE REFUERZO EN LOSA DE CIMENTACIÓN DEL TANQUE DE BOMBEO”

CONCEPTO	Espesor (cm)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Refuerzo	
				Vertical	Horizontal
Losa cimentación	30	340	340	ø3/8"s20 ambas direcciones	ø3/8"s20 ambas direcciones

Simbología:

" = pulgadas (1"= 2.54 cm)

ø: diámetro

s: separación en cm

IV.4 INSUMOS

Una vez definido el proceso constructivo, de él se pueden desprender los insumos contemplados para su programación y para la realización de los trabajos. En la construcción de las estructuras para la ampliación de la capacidad de la planta de tratamiento de agua residual se emplearon los insumos que se mencionan en los siguientes apartados. Los insumos se han dividido en cuatro categorías para facilitar su organización y desglose, son: mano de obra, materiales, maquinaria de construcción y el equipamiento propio para el funcionamiento de la planta de tratamiento.

En primer lugar es necesario elaborar los análisis de precios unitarios, y aunque la paquetería de cómputo incluye algunos es necesario ajustarlos para cada obra, en

**PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO PARA LA AMPLIACIÓN
DE LA CAPACIDAD DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO
DE AGUA RESIDUAL DE LA INDUSTRIA ALIMENTICIA**

los que intervienen estos conceptos. Con ayuda de estos programas se facilita la obtención de relaciones de insumos o catálogos, de cada uno de las materias que se emplean en la construcción.

IV.4.1 MANO DE OBRA

En la Tabla IV.10 “Relación de Mano de Obra” se enumera al diferente personal que intervino en la construcción de las estructuras que posibilitan la ampliación de la planta de tratamiento.

TABLA IV.10 “RELACIÓN DE MANO DE OBRA”

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	SALARIO
Factor de mando intermedio	(%) MO	3 %
Coordinador ó Cabo de Oficios	jornal	\$ 478.58
Peón	jornal	\$ 285.00
Ayudante general	jornal	\$ 285.00
Operador de equipo menor	jornal	\$ 310.00
Oficial de albañilería	Jornal	\$ 398.29
Plomero	jornal	\$ 398.29
Chofer de camión	jornal	\$ 374.86
Carpintero de obra negra	jornal	\$ 445.14
Fierrero	jornal	\$ 374.86
Cuadrilla Tareas pesadas sin especialización. (0.05 Coordinador + 1 Peón).	jornal	\$ 287.00
Cuadrilla Tareas pesadas con especialización. (0.25 Oficial de albañilería + 1 Peón).	jornal	\$ 255.13
Cuadrilla Carpintería de obra negra (1 Carpintero + 1 Ayudante general)	jornal	\$ 385.71
Cuadrilla Acero de refuerzo. (0.50 Fierrero + 1 Ayudante general).	jornal	\$ 385.71
Cuadrilla de Albañilería. (1 Oficial de albañilería + 1 Peón).	jornal	\$ 644.28

(%) MO= porcentaje de la mano de obra

En la tabla mencionada con anterioridad se emplean ciertos términos que conviene definir. El factor de mando intermedio (% MO) es un porcentaje de la mano de obra, que se adiciona como su nombre lo indica, para considerar el costo que tiene la dirección de los trabajadores a cargo de un mando intermedio. Este

porcentaje es en esta obra de 8% pero puede aumentar o disminuir de acuerdo a las condiciones particulares de cada obra. Un jornal o jornada considera un día de trabajo de 8 horas.

IV.4.2 MATERIALES

Los materiales de construcción son las materias primas o manufacturas requeridas para realizar una obra de ingeniería civil o arquitectura, abarca una amplia gama de productos y son clasificados por su uso y características físicas.

TABLA IV.11 “RELACIÓN DE MATERIALES BÁSICOS”

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	COSTO
Acero de refuerzo, varilla número 3, (3/8") $f_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$	kg	\$ 8.20
Acero de refuerzo número 5, (5/8") $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$	kg	\$ 8.20
Alambre recocido número 16 y 18	kg	\$ 18.00
Clavo con cabeza de 1" (25.4 mm)	kg	\$ 22.00
Clavo con cabeza de 2" (50.8 mm)	kg	\$ 18.00
Clavo con cabeza de 2 1/2" (63.5 mm)	kg	\$ 16.00
Clavo con cabeza de 3 1/2" (88.9 mm)	kg	\$ 16.00
Cemento	ton	\$ 1,800.00
Arena	m ³	\$ 170.00
Grava de 3/4" (19 mm)	m ³	\$ 170.00
Calhidra	ton	\$ 750.00
Agua potable	m ³	\$ 34.41
Gasolina Magna	litro	\$ 6.76
Diesel	litro	\$ 5.75
Aceite Pemex para motor a diesel	litro	\$ 38.00
Llantas para revolvedora manual medida 185/70 R14 (2 pzas)	juego	\$ 365.00
Llantas para camión STERLING capacidad de 7 m ³ (6 pzas)	juego	\$ 11,400.00
Polín 3 1/2" x 3 1/2" x 8 1/4'	PT	\$ 48.00
Triplay de 16 mm de segunda, hoja de 1.22 x 2.44 m	m ²	\$ 300.00
Duela económica 3/4" x 3 1/2" x 8 1/4", 1.9 x 8.9 x 20.95 cm	PT	\$ 10.25
Tablón 1 1/2" x 10" x 8 1/4', 3.8 x 25.4 x 20.95 cm	PT	\$ 154.00
Chaflán 3/4" x 3/4" x 8 1/4', 1.9 x 1.9 x 20.95 cm	PT	\$ 5.00
Barrote 1 1/2" x 3 1/2" x 8 1/4', 3.8 x 8.9 x 20.95 cm	PT	\$ 24.00
Hilo cáñamo o de plástico de 300 m	pieza	\$ 15.00
Segueta diente fino	pieza	\$ 7.00
Tubo de acero galvanizado cédula 40 de 100 mm de diámetro	pieza	\$ 2,520.00
Concreto premezclado $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$, agregado 20 mm y 38 mm, revenimiento 12" $\pm$ 3.5 cm bombeable	m ³	\$ 3,034.92

Pie tablón (PT): Es una unidad inglesa para medir la madera y equivale a 1'x1'x1"

IV.4.3 MAQUINARÍA DE CONSTRUCCIÓN

En la Tabla IV.12 “Relación de Maquinaria” y en la Tabla IV.13 “Relación de Herramienta” se hace un desglose de la maquinaria empleada en esta obra. En algunos conceptos del catálogo de precios unitarios se considera un factor de equipo de seguridad y también un factor de herramienta menor que inciden sobre el costo total de cada concepto, con porcentajes de 1 % y 3 % del total la mano de obra necesaria para desarrollar cada concepto respectivamente

TABLA IV.12 “RELACIÓN DE MAQUINARIA”

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	COSTO
Revolvedora para concreto marca CIPSA, modelo Max 10 de un saco, tipo trompo, rendimiento 5 m³/hr, motor a gasolina, marca Honda de 8 HP, con reductor, montada sobre ruedas tipo B78X-13,	hora	\$ 87.29
Compactadora manual Mikasa Modelo MT-745, Motor marca Robin a gasolina de 3.5 HP	hora	\$ 100.30
Vibrador para concreto marca CIPSA Modelo MV-K4-C4 RPM 3,600, con motor Honda a gasolina de 5.5 HP con chicote de 4 m y cabezal de 1 ½”	hora	\$ 83.14
Camión de volteo marca STERLING de 7 m³ de capacidad, modelo Acterra M 7500	hora	\$ 469.28
Factor de equipo de seguridad	(%) MO	3 %

(%) MO= porcentaje de la mano de obra

IV.4.4 EQUIPAMIENTO PARA LA PLANTA

En la Tabla IV.14 “Relación de Equipo de la Planta” se hace un desglose del equipamiento propio de la planta. Son piezas necesarias para el correcto funcionamiento de las distintas estructuras que sirven para dar el tratamiento al agua residual. En este subcapítulo solamente se hará la relación de los equipos, sin adentrar en el funcionamiento de los mismos, por considerar que queda fuera del alcance de este trabajo.

TABLA IV.13 “RELACIÓN DE HERRAMIENTA”

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	COSTO
Factor de herramienta menor	(%) MO	3 %
Pala cuadrada con mango "Y".	pieza	\$ 367.00
Zapapico de 5 lb (2.27 kg) con mango.	pieza	\$ 150.00
Barreta de Ø 38 mm (1 ½") x 1.75 m Truper	pieza	\$ 446.00
Cuña de acero de Ø 38 mm (1 ½") x 50 cm	pieza	\$ 2,500.00
Marro 8 lb (3.63 kg) con mango	pieza	\$ 465.00
Carretilla honda con neumáticos Truper	pieza	\$ 475.00
Cortadora cizalla de varilla cormex de ¼" a 1 ¼", 6 a 31.7 mm.	pieza	\$ 3,500.00
Andamio metálico de altura de 1 m a base de acero de refuerzo número 5 (5/8") fy = 4200 kg/cm ²	kg	\$ 350.00
Tablón para andamios de 1 ½"(38 mm) x 10" (254 mm) x 8 ¼' (2.51 m)= 10.31 pt.	PT	\$ 150.00
Regla de madera 1 ½" (38 mm) x 3 ½" (89 mm)x 8 ¼" (2.51 m)= 3.61 pt	PT	\$ 27.00
Pisón metálico 25 x 25 cm de 14 kg. de acero modular.	pieza	\$ 200.00
Manguera de nivel de Ø ¼"(6 mm) x 30 m	pieza	\$ 500.00

(%) MO = porcentaje de la mano de obra

En este capítulo se trató el procedimiento constructivo para la ampliación de la capacidad de la planta existente de tratamiento de agua residual en el cual se describe el procedimiento para la construcción de las tres estructuras que serán para esta ampliación, que son: 1) el filtro percolador que dará tratamiento biológico al agua residual, 2) la base para soportar el equipo de Flotación por Aire Disuelto (Disolved Air Flotation DAF) usado en la separación de grasas, y 3) el tanque de bombeo que permite mover el flujo de agua en el tren de tratamiento. Como las tres estructuras son de concreto reforzado, el procedimiento constructivo es el mismo en las partes correspondientes, solamente con variaciones debido al tamaño de los elementos.

Es importante mencionar que aunque la obra se realizó en el año de 2004 los precios que se manejan son del año 2006 con la finalidad de hacer una actualización de los costos para el presupuesto de la ampliación de la planta de

**PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO PARA LA AMPLIACIÓN
DE LA CAPACIDAD DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO
DE AGUA RESIDUAL DE LA INDUSTRIA ALIMENTICIA**

tratamiento de agua residual que se esta tratando en este trabajo de tesis. De las necesidades de cada una de las estructuras se procedió al modelado de las estructuras para el cálculo estructural. El cálculo estructural se llevó a cabo con el programa de cómputo especializado denominado Computación para Análisis y Diseño de Sistemas Estructurales (CADSE) que por no considerarse dentro de los alcances de esta tesis, no se profundiza en su desarrollo, con resultados analizados, tanto por el responsable del cálculo como de la ejecución de la obra por el Director Responsable de Obra (DRO). Tomando de base estos resultados y con la aprobación del ingeniero estructurista, se diseñan los planos estructurales que indican las especificaciones de los materiales y la forma en que se va a construir cada estructura.

TABLA IV.14 “RELACIÓN DE EQUIPO DE LA PLANTA”

Bomba centrífuga horizontal para manejo de aguas residuales, marca WDM, para manejar un caudal de 8 litros por segundo contra una carga dinámica total de 25 mca, o similar en calidad y capacidad, acoplada mediante cople flexible a motor eléctrico de 7.5 HP, 1,710 rpm.
Agitador sumergible, marca Landia s/a, modelo pop-i-6.5 HP- 180 rpm. Con sistema de izaje en acero al carbón con cobre galvanizado, malacate y cable para izaje de acero inoxidable. Equipo construido en fierro fundido.
Equipo de Flotación por Aire Disuelto (Dissolved Air Flotation DAF) modelo JSA-DAF-800, para remover hasta el 95% de grasas con un caudal de 777 m ³ /día. Incluye sección de recepción de agua con tubo de alimentación y mezclador estático.
Bomba centrífuga horizontal para manejo de aguas residuales, marca WDM, para manejar un caudal de 8 lps contra una carga dinámica total de 25 mca, o similar en calidad y capacidad, acoplada mediante cople flexible a motor eléctrico de 7.5 HP, 1,710 rpm.
Motobomba sumergible para cárcamo húmedo eléctrica para manejo de aguas negras y residuales, marca Pumpex, modelo k 100f-cb3215-5.6 kW (7.5 HP) de 4" (10.16 m) de diámetro de descarga, en construcción totalmente de hierro fundido ASTM a 48 clase 30 b.
Distribuidor rotatorio para filtro percolador, de dos brazos con boquillas ajustables en policarbonato, centro estacionario en acero Alta Resistencia, balero superior tipo rodamiento de precisión.
Medio de empaque de 15 milésimas, área disponible de 157 m ² /m ³ , puntos de redistribución 25,424 por cada m ³ , profundidad de módulo de 1 ó 2 pies (0.6096 m), ancho de módulo de 1 o 2 pies (0.6096 m), largo máximo de 3 m.

En la cimentación de las tres estructuras de este estudio, se decidió el uso de losas de cimentación para optimizar y uniformizar la transmisión de esfuerzos y de las cargas de la estructura al suelo. Constructivamente, el empleo de las losas de cimentación en unidades donde los cimientos continuos ocupan más de la mitad

de la superficie en planta de esas estructuras, ofrece ventajas en la simplificación de la preparación de las cimbras y armados necesarios, con lo que se reducen tiempos de construcción con el consiguiente ahorro monetario.

Adicionalmente, se trataron con amplitud los temas de Cimentación y Diseño estructural para ayudar a la comprensión de estos temas, conceptos de suma importancia en el proceso constructivo.

Las especificaciones de los materiales empleados en la construcción de las estructuras complementarias del tren de actividades de tratamiento de la planta se pueden consultar en los planos ES-01 “Estructural, Base para equipo de Flotación por Aire Disuelto (Disolved Air Flotation DAF)”, ES-02 “Estructural, Filtro Percolador” y ES-03 “Estructural, Tanque de Bombeo”, del Anexo “A” Planos. Se hace notar que en el Anexo “A” Planos, se incluyen desde el punto de vista estructural, los planos que se consideraron los más importantes, para ilustrar la construcción de la ampliación de la planta de tratamiento.

La importancia del proceso constructivo radica en que manifiesta la secuencia de la elaboración de los trabajos para la construcción de las estructuras de la planta de tratamiento, esto a su vez, auxilia en la elaboración de los presupuestos y los programas de obra, conceptos que serán tratados en el siguiente capítulo.

CAPÍTULO V

PROGRAMACIÓN Y COSTOS

CAPÍTULO V

PROGRAMACIÓN Y COSTOS

Es importante determinar en este plan los eventos relevantes así como las posibles restricciones y limitaciones que pudieran presentarse durante el desarrollo del proyecto. Al elaborarse un plan de trabajo escrito, se deberá identificar el trabajo que necesita hacerse, como debe hacerse y bajo que costos, es necesario conocer todos los recursos y factores que involucran el proyecto, después de tener elaborada la planeación de la obra se procede a la programación de esta.

El proceso de planeación incluye la selección del método más apropiado de un listado de múltiples posibilidades, así como el ordenamiento y secuencias posibles del trabajo, además de dotar de información a detalle para la estimación y la programación así como el lineamiento para el control del proyecto, por otra parte la programación es la determinación del tiempo y de las secuencias de operación en el proyecto y en el acoplamiento de las diversas actividades para determinar el tiempo de terminación final.

La planeación y la programación de una obra se realizan antes de comenzar el proyecto y son herramientas importantes para poder controlarla, no descartando con esto la reprogramación y la replaneación que puede realizarse durante la ejecución de los trabajos para lograr mejores resultados en cuanto a tiempo y economía.

Este capítulo se avocará al desarrollo del programa de obra y hasta llegar al presupuesto de este proyecto, concentrándose en la construcción de la base para instalar el equipo de Flotación por Aire Disuelto (Dissolved Air Flotation DAF) para la eliminación de grasas, en la construcción de Filtro Percolador para reducir la carga contaminante y de la construcción del Tanque de Bombeo para la recirculación de lodos al proceso aerobio, por otra parte aunque la obra se realizó en el 2004 los precios que se manejan son del 2006 con la finalidad de hacer una

actualización de los costos para el presupuesto de la ampliación de la planta de tratamiento de agua residual que se esta tratando en este trabajo de tesis.

V.1 LINEAMIENTOS DE PROGRAMACIÓN

Para la programación, siendo sistemática y científica, existen varios métodos bien documentados, dentro de los cuales se encuentran el Método de la “Ruta Crítica” (“Critical Path Method” CPM), el Método “Program Evaluation and Review Technique” (PERT), diagramas de barras y red de precedencias.

La programación presenta desde luego el plan completo, organizado en función del tiempo, pero para hacer esto, es indispensable haber definido los cursos de acción y, por supuesto, los tiempos para complementar cada acción.

Se sabe que no solo se toma una decisión única, sino un conjunto de ellas, desde luego en función de un objetivo u objetivos. En este caso se puede considerar que se está planeando, siempre en función de los objetivos trazados, los cursos de acción o acciones que se deberán tomar a través del tiempo, en diferentes momentos, a fin de ver cumplidos los objetivos después de un cierto plazo. Al proceso de definir esos tiempos, que marcan el inicio y el final de las diferentes acciones que deberán tomarse para lograr los objetivos, se le conoce como programación.

Uno de los objetivos más comunes es el de carácter económico. Una persona toma una decisión cuando tiene varios cursos alternativos de acción y debe seleccionar uno de ellos. Para realizar esa selección se considera cual es su deseo o deseos, respecto a esa decisión, que deben ser cumplidos a este deseo se le puede nombrar objetivo.

Para el caso en estudio la meta trazada de la planta de tratamiento es:

Alcanzar los límites máximos permisibles, reduciendo en este proyecto la carga contaminante del efluente, asegurando que toda el agua que se genera reciba tratamiento.

Así, las alternativas para alcanzar la meta son:

- 1) Diseño y construcción de una nueva planta de tratamiento para el agua residual.

- 2) Ampliación de la capacidad de la planta de tratamiento de agua residual existente, aprovechando la mayor parte de la infraestructura con la que se cuenta.

Si se tiene que seleccionar entre estas opciones, primero se comparará, casi con seguridad, los aspectos económicos y luego otros objetivos relacionados posiblemente con seguridad, eficiencia, etc. Tendría que darles peso a cada uno de los objetivos, con respecto a los demás, para poder tomar una decisión. Haciendo estas reflexiones seguramente se puede tomar una decisión respecto al caso que nos ocupa.

Como es de suponerse la opción 1) Diseño y construcción de una nueva planta de tratamiento para el agua residual, requerirá de una inversión mayor, por lo tanto se opta por la opción 2) Ampliación de la capacidad de la planta de tratamiento de agua residual existente, aprovechando la mayor parte de la infraestructura con la que se cuenta.

En el caso de la construcción el único objetivo a considerar es el económico, ya que los de carácter social o artístico son usuales en la elaboración del proyecto y especificaciones, y aparecerán como limitaciones, por ejemplo si uno de los objetivos al diseñar la ampliación de la planta de tratamiento de agua residual es el de crear empleo, se elegirán aquellas estructuras que usen mano de obra, muros de mampostería en lugar de concreto, cortes en tierra con pala, etc.

El conjunto debe planearse en función del objetivo u objetivos, de tal modo que se cuente con la seguridad de que satisface dichos objetivos, sin embargo, normalmente ellos son de carácter general y difíciles de evaluar por lo que se acostumbra seleccionar un criterio más sencillo de evaluar y por lo tanto de manejar a lo largo del proceso de selección de alternativas. Por ejemplo al hablar de objetivo económico puede seleccionarse costo mínimo o máxima productividad de la inversión, o una combinación de ellos.

El sistema de tratamiento al aprovechar parte de la infraestructura existente en la Planta, requiere de una obra civil menor puesto que el lugar es totalmente plano y provisto de placa de concreto armado.

De esta forma se plantea el objetivo en la ampliación de la capacidad de la planta

de tratamiento quedando de esta forma:

Reducir la carga contaminante del efluente hasta alcanzar los límites máximos permisibles, mediante la implementación de un tanque de igualación, adquisición e instalación de un equipo de flotación de grasas y un filtro biológico así como del uso de un reactor biológico y sedimentador existentes en la actual planta de tratamiento.

Los nuevos equipos de tratamiento reducirán el 80 % la carga contaminante y el 20 % restante, se eliminarán con los equipos existentes en la planta, para cumplir con los límites máximos permisibles establecidos por la Norma Oficial Mexicana Ecológica NOM-001-ECOL-1996.

A manera de resumen, las tareas relevantes del proyecto son:

- Adecuar el tanque biológico de la planta de tratamiento existente como tanque de igualación. Este tanque evitara fluctuaciones de carga orgánica e hidráulica y asegurara condiciones estables de operación en los equipos subsecuentes.
- Adquirir e instalar un equipo de Flotación por Aire Disuelto (Dissolved Air Flotation DAF), para la eliminación de grasas.
- Construir un filtro percolador para reducir la carga contaminante.
- Interconectar equipos nuevos de tratamiento a los existentes en la planta de tratamiento.

TABLA V.1 “IDENTIFICACION DE LAS ACTIVIDADES DE TRABAJO”

NÚM.	ACTIVIDADES
1	Trabajos preliminares
2	Adaptación de tanque de igualación
3	Tanque de bombeo de sedimentador a biológico (tanque de recirculación)
4	Equipo de flotación por aire disuelto
5	Filtro percolador
6	Tuberías
7	Instalación eléctrica

A continuación se presenta el programa de actividades general para los trabajos de ampliación de la capacidad de la planta de tratamiento de aguas residuales:

PROGRAMA DE ACTIVIDADES																								
ACTIVIDAD	SEMANAS																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22		
TANQUE DE IGUALACIÓN																								
Suministro e instalación de bombas	+	+	+	+	+	+	+	+	+															
Suministro e instalación de agitador sumergible	+	+	+	+	+	+	+	+	+															
EQUIPO DE FLOTACION POR AIRE DISUELTO (DISOLVED AIR FLOTATION DAF)																								
Suministro e instalación de equipo de Flotación por Aire Disuelto (Disolved Air Flotation DAF)	+	+	+	+	+	+	+	+	+															
Suministro e instalación de bombas	+	+	+	+	+	+	+	+	+															
Construcción de base para desplante de equipo de Flotación por Aire Disuelto (Disolved Air Flotation DAF)																								
FILTRO PERCOLADOR																								
Suministro e instalación de brazo distribuidor	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+												
Suministro e instalación de bombas	+	+	+	+	+	+	+	+	+															
Suministro e instalación de empaque	+	+	+	+	+	+	+	+	+															
Construcción de tanque para filtro percolador	+	+	+	+	+	+	+	+	+															
TANQUE DE BOMBEO A PROCESO AEROBIO																								
ESTABILIZACIÓN BIOLÓGICA																								
OPERACIÓN BAJO CUMPLIMIENTO NORMATIVO																								
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX	Construcción de tanques e instalación de equipo																							
+++++	Fabricación y transporte de equipos																							

**PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO PARA LA AMPLIACIÓN
DE LA CAPACIDAD DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO
DE AGUA RESIDUAL DE LA INDUSTRIA ALIMENTICIA**

Para los fines de esta tesis, el enfoque se realizará sobre:

- Construcción de Tanque de Bombeo de Sedimentador a Biológico (Tanque de Recirculación).
- Construcción de Base para equipo de Flotación por Aire Disuelto (Dissolved Air Flotation DAF).
- Construcción de tanque para Filtro Percolador.

De esta forma se tiene, que para la construcción de los tanques, dentro del proceso de ampliación de la planta de tratamiento, la red básica de actividades queda conformado de la siguiente manera:

Núm.	RED BÁSICA DE ACTIVIDADES DEL TANQUE PARA FILTRO PERCOLADOR
1	Trazo y nivelación topográfico del terreno, para estructuras estableciendo ejes y referencias para superficies menores de 300 m ² .
2	Demolición de piso de concreto armado de 0.20 a 0.25 cm de espesor: incluye, acarreo de material.
3	Excavación a mano en material tipo II en seco, para cepas hasta 2 m de profundidad, depositando el producto de excavación, a orilla de cepa.
4	Relleno compactado al 90 % Proctor con equipo mecánico, para mejoramiento de terreno, utilizando material de banco o tepetate en capas de 20 cm de espesor incluye acarreo de material.
5	Plantilla de concreto hecho en obra resistencia normal agregado máximo ¾" (19 mm) f'c = 100 kg/cm ² de 5 cm de espesor.
6	Acarreo en camión de material suelto medido en camión; incluye carga mecánica y descarga a volteo.
7	Habilitado y armado de acero de refuerzo en estructuras fy = 4,200 kg/cm ² , con varillas de 3/8" (10 mm) sin incluir ganchos, traslapes anclajes, desperdicios, silletas y acarreos.
8	Habilitado y armado de cimbra aparente con triplay, en muros circulares, fronteras; incluyendo: cimbrado y descimbrado, suministro, colocación y acarreo de material.
9	Cimbra a base de tubo de construcción forma columnas, incluye: cimbrado y descimbrado, suministro y colocación acarreo de material.
10	Concreto premezclado resistencia normal, vaciado con bomba pluma f'c = 250 kg/cm ² , agregado máximo ¾" (19 mm) en muros, trabes y losas, incluye: vibrado, curado con curacreto y acarreo de material.
11	Pulido de losa-fondo a llana metálica con el fraguado natural del concreto, dando tiempo al endurecimiento del concreto.
12	Suministro y colocación de banda de PVC, tricolastic o similar en junta de colado de 6" (152 mm)
13	Descabezado de muro en junta de colado, sobre el nivel de la junta fría.
14	Resane e impermeabilización de detalles de la cimbra a base de Aquaplug y una mano de sellotex.

La red básica de actividades para el tanque de bombeo de tanque sedimentador a proceso aerobio queda de la siguiente forma:

Núm.	RED BÁSICA DE ACTIVIDADES DEL TANQUE DE BOMBEO DE SEDIMENTADOR A BIOLÓGICO
1	Demolición de muro y piso de concreto armado de 0.20 a 0.25 cm de espesor: incluye, acarreo de material.
2	Trazo y nivelación topográfico del terreno, para estructuras estableciendo ejes y referencias, para superficies menores de 300 m².
3	Excavación a mano en material tipo II en seco, para cepas hasta 2 m de profundidad depositando el producto de excavación, a orilla de cepa.
4	Relleno compactado al 90 %. Proctor con equipo mecánico con material producto de la excavación en capas de 20 cm de espesor incluye, acarreo de material
5	Plantilla de concreto hecho en obra resistencia normal, agregado máximo $\frac{3}{4}$ (19 mm) f'c = 100 kg/cm² de 5 cm de espesor
6	Acarreo en camión de material suelto medido en camión; incluye carga mecánica y descarga a volteo.
7	Habilitado y armado de acero de refuerzo en estructuras fy = 4,200 kg/cm², con varillas de 3/8" (10 mm) sin incluir ganchos, traslapes anclajes, desperdicios, silletas y acarreos.
8	Habilitado y armado de acero de refuerzo en estructuras fy = 4,200 kg/cm², con varillas de 1/2" (13 mm) sin incluir ganchos, traslapes anclajes, desperdicios, silletas y acarreos.
9	Habilitado y armado de cimbra aparente con triplay, en muros, losa tapa, fronteras; incluyendo: descimbrado, suministro, colocación y acarreo de material.
10	Habilitado y armado de cimbra aparente con triplay, en chaflán; incluyendo descimbrado, suministro, colocación y acarreo de material.
11	Concreto premezclado resistencia normal, vaciado con bomba pluma f'c = 250 kg/cm², agregado máximo $\frac{3}{4}$ " (19 mm) en muros, trabes y losas, incluye: vibrado, curado con curacreto y acarreo de material.
12	Pulido de losa-fondo a llana metálica con el fraguado natural del concreto, dando tiempo al endurecimiento, del concreto.
13	Suministro y colocación de banda de PVC, tricolastic o similar en junta de colado de 6" (152 mm)
14	Resane e impermeabilización de detalles de la cimbra a base de Aquaplug y una mano de sellotex.

Como es de observarse en la red básica de actividades solo se contemplan, para fines explicativos, las actividades o conceptos de obra civil no demeritando con ello, la importancia que implican los demás rubros en este proyecto, como lo es la instalación eléctrica, control, instrumentación, etc. Debido a lo anterior en este

**PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO PARA LA AMPLIACIÓN
DE LA CAPACIDAD DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO
DE AGUA RESIDUAL DE LA INDUSTRIA ALIMENTICIA**

estudio no se contemplan estas actividades o conceptos de obra.

Para la base del equipo de Flotación por Aire Disuelto (Dissolved Air Flotation DAF), la red básica de actividades queda de esta forma:

Núm.	RED BÁSICA DE ACTIVIDADES DE LA BASE PARA EQUIPO DE FLOTACIÓN POR AIRE DISUELTO
1	Demolición de piso de concreto armado de 0.20 a 0.25 cm de espesor: incluye, acarreo de material.
2	Trazo y nivelación topográfico del terreno, para estructuras estableciendo ejes y referencias, para superficies menores de 300 m ² .
3	Excavación a mano en material tipo II en seco, para cepas hasta 2 m de profundidad depositando el producto de excavación a orilla de cepa.
4	Plantilla de concreto hecho en obra resistencia normal, agregado máximo ¾" (19 mm) f'c = 100 kg/cm ² de 5 cm de espesor.
5	Acarreo en camión de material suelto medido en camión; incluye carga mecánica y descarga a volteo.
6	Habilitado y armado de acero de refuerzo en estructuras fy = 4,200 kg/cm ² de 3/8" de diámetro (10 mm) sin incluir ganchos, traslapes, anclaje, desperdicios, silletas y acarreos.
7	Habilitado y armado de acero de refuerzo en estructuras fy = 4,200 kg/cm ² de ½" de diámetro, (13 mm) sin incluir ganchos, traslapes, anclaje, desperdicios, silletas y acarreos.
8	Habilitado y armado de cimbra aparente, con triplay, en muros, fronteras; incluyendo descimbrado suministro y colocación acarreo de material.
9	Concreto premezclado resistencia normal, vaciado con bomba pluma f'c = 250 kg/cm ² , agregado máximo ¾" (19 mm) en pisos, incluye, vibrado y curado con curacreto, acarreo de material.

Partiendo de la red básica de actividades, se continúa con la determinación de las cantidades de obra para cada actividad, las áreas y volúmenes se generaron a partir de los planos de diseño contenidos en el Anexo "A" Planos, resaltando que al cuantificar se obtuvieron áreas y superficies con el programa AutoCad.

A continuación se presenta la determinación de las cantidades de obra en un formato que puede variar según los requerimientos de cada obra, para los fines de este trabajo se presenta de la siguiente forma:

CANTIDADES DE OBRA DE TANQUE PARA FILTRO PERCOLADOR

OBRA:
AMPLIACION DE PLANTA DE TRATAMIENTO

PLANO:
ES-02

CODIGO	C O N C E P T O	LOCALIZACION				TIPO	UNIDAD	LARGO	ANCHO O ESP	ALTO O PROF	SUBTOTAL	NÚM DE PZAS	SUBTOTAL	CARAS / PESO	CANTIDAD
		EJE	TRAMO	NIV											
TAC0001	Demolición de piso de concreto armado de 0.20 a 0.25 cm de espesor: incluye, acarreo de material.														
		8`	C`	C``	0		m ²	r=	3.50		38.48		38.48		38.48
TAC0003	Trazo y nivelación topográfico del terreno, para estructuras estableciendo ejes y referencias para superficies menores de 300 m².														
		8`	C`	C``	0		m ²	r=	3.50		38.48		38.48		38.48
TAC0026	Excavación a mano en material tipo II en seco, para cepas hasta 2 m de profundidad, depositando el producto de excavación, a orilla de cepa.														
		8`	C`	C``	0		m ³	r=	3.50	0.80	30.79		30.79		30.79
TAC0005	Afine y compactación de terreno posterior a la excavación como preparación para recibir base hidráulica.														
		8`	C`	C``	0		m ²	r=	3.50		38.48		38.48		38.48
TAC0006	Relleno compactado al 90 % Proctor con equipo mecánico, para mejoramiento de terreno, utilizando material de banco o tepetate en capas de 20 cm. de espesor incluye acarreo de material.														
		8`	C`	C``	0		m ³	r=	3.50	0.45	17.32		17.32		17.32

CANTIDADES DE OBRA DE TANQUE PARA FILTRO PERCOLADOR

OBRA:
AMPLIACION DE PLANTA DE TRATAMIENTO

PLANO:
ES-02

CODIGO	CONCEPTO	LOCALIZACION			TIPO	UNIDAD	LARGO	ANCHO O ESP	ALTO O PROF	SUBTOTAL	NÚM DE PZAS	SUBTOTAL	CARAS / PESO	CANTIDAD
		EJE	TRAMO	NIV										
TAC0008	Plantilla de concreto hecho en obra resistencia normal agregado máximo ¾" (19 mm) f'c= 100 kg/cm² de 5 cm de espesor.	8'	C'	C''	0	m²	r=	3.50		38.48		38.48		38.48
TAC0009	Acarreo en camión de material suelto medido en camión; incluye carga mecánica y descarga a volteo.	8'	C'	C''	0	m³	r=	3.50	0.80	30.79		30.79		40.02
										ABUNDAMIENTO	30 %	9.24		
TAC0076	Acarreo de material tipo I y II a una distancia horizontal de 100 m.	8'	C'	C''	0	m³	r=	3.50	0.80	30.79		30.79		40.02
										ABUNDAMIENTO	30 %	9.24		
TAC0016	Habilitado y armado de cimbrado aparente con triplay, en muros circulares, fronteras; incluyendo: cimbrado y descimbrado, suministro, colocación y acarreo de material.	muro(cara exterior)				m²		21.36	8.20	175.18		175.18		326.13
		muro(cara interior)				m²	19.48		7.75	150.95		150.95		
TAC0017	Habilitado y armado de cimbrado aparente con triplay, en chaflán; incluyendo descimbrado, suministro, colocación y acarreo de material.	chaflán en cara interior				m²	19.478		0.21	4.09		4.09		4.09

CANTIDADES DE OBRA DE TANQUE PARA FILTRO PERCOLADOR

OBRA:
AMPLIACION DE PLANTA DE TRATAMIENTO

PLANO:
ES-02

CODIGO	C O N C E P T O	LOCALIZACION			NÚM	UNIDAD	LARGO	PESO (kg/m)		SUBTOTAL	PZAS	SUBTOTAL	total (m)	CANTIDAD
		EJE	TRAMO	NIV										
TAC0010	Habilitado y armado de acero de refuerzo en estructuras Fy= 4,200 kg/cm², con varillas del 3 (3/8") sin incluir ganchos, traslapes anclajes, desperdicios, silletas y acarreos.	losa												
		losa (cama baja un sentido)			3	ton								
		0.82	2.15	2.90	=	5.88								
		3.47	3.93	4.32	=	11.72								
		4.66	4.96	5.23	=	14.85								
		5.46	5.67	5.86	=	17.00								
		6.03	6.17	6.30	=	18.50								
		6.42	6.51	6.60	=	19.53								
		6.67	6.72	6.76	=	20.14								
		6.79	6.80	-	=	13.58								
		suma			121.20									
				x2	242.40			0.557		242.40	4.00	969.58	969.58	
		muro												
		muro (cama interior)				ton								
						3	8.20	0.557		19.47/.15	130.0	130*8.20	1,066.00	
						3	19.48	0.557		8.20/.15	55.00	55*19.47	1,071.29	
		muro (cama exterior)				ton								
						3	8.20	0.557		21.36/.15	142.00	142*8.20	1,164.40	
						3	21.36	0.557		8.20/.15	55.00	55*21.36	1,174.97	
		bastones en chaflán de losa fondo			3	ton	2.00	0.557		19.47/.15	130.00	130*2.00	260.00	
		muro central			3	ton	1.38	0.557		8.2/.15	55.00	55*1.38	76.01	
						3	8.20	0.557		1.38/.15	9.00	9*8.2	73.80	
												suma=	5,856.04	3.26

CANTIDADES DE OBRA DE TANQUE PARA FILTRO PERCOLADOR

OBRA:
AMPLIACION DE PLANTA DE TRATAMIENTO

PLANO:

ES-02

CODIGO	CONCEPTO	LOCALIZACION			TIPO	UNIDAD	LARGO	ANCHO O ESP	ALTO O PROF	SUBTOTAL	NÚM DE PZAS	SUBTOTAL	CARAS / PESO	CANTIDAD
		EJE	TRAMO	NIV										
TAC0071	Habilitado y armado de chaflán en corona de muro; incluyendo material, cimbrado y descimbrado, suministro, colocación y acarreo de material.	chaflan en corona de muro												40.84
		interior				m	19.48			19.48		19.48		
		exterior				m	21.36			21.36		21.36		
TAC0070	Cimbra a base de tubo de construcción forma columnas, incluye: cimbrado y descimbrado, suministro y colocación acarreo de material	columna central				m			7.31	7.31		7.31		7.31
TAC0019	Concreto premezclado resistencia normal, vaciado con bomba pluma f'c = 250 kg/cm², agregado máximo ¾" (19 mm) en muros, trabes y losas, incluye: vibrado, curado con curacreto y acarreo de material.	muro circular (perimetral)				m³	21.363	0.30	8.20	52.55		52.55		63.50
		muro circular (central)				m³	1.57	0.17	7.31	1.89		1.89		
		losa fondo				m³	3.1416*(3.1)²		0.30	9.06		9.06		
TAC0021	Pulido de losa-fondo a llana metálica con el fraguado natural del concreto, dando tiempo al endurecimiento del concreto.	losa fondo				m²	3.1416*(3.1)²			30.19		30.19		30.19
TAC0022	Suministro y colocación de banda de PVC, tricolastic o similar en junta de colado de 6" (152 mm)	muro perimetral				m	2π*(3.25)=			20.42	2.00	40.84		40.84

PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO PARA LA AMPLIACIÓN DE LA CAPACIDAD DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL DE LA INDUSTRIA ALIMENTICIA

CANTIDADES DE OBRA DE TANQUE PARA FILTRO PERCOLADOR

OBRA:
AMPLIACION DE PLANTA DE TRATAMIENTO

PLANO:
ES-02

CODIGO	CONCEPTO	LOCALIZACION			TIPO	UNIDAD	LARGO	ANCHO O ESP	ALTO O PROF	SUBTOTAL	NÚM DE PZAS	SUBTOTAL	CARAS / PESO	CANTIDAD
		EJE	TRAMO	NIV										
TAC0023	Descabezado de muro en junta de colado, sobre el nivel de la junta fría.													
			muro perimetral			m	2*3.1416*(3.25)=			20.42	2.00	40.84		40.84
TAC0024	Resane e impermeabilización de detalles de la cimbra a base de Aquaplug y una mano de sellotex.													
			muro(cara exterior)			m²	21.36		8.20	175.18		175.18		338.54
			muro(cara interior)			m²	19.48		7.75	150.95		150.95		
			muro central			m²	1.57		7.90	12.41		12.41		
TAC0072	Suministro y colocación de tubo para carrete cédula 40, con placa de ¼" (6 mm), incluye material para su correcta terminación y acarreo.													
			muro central			pza				1.00		1.00		1.00
TAC0075	Colocación de anclas de acero para soporte de brazo distribuidor.													
			muro central			lote				1.00		1.00		1.00
TAC0077	Suministro y colocación de tubo de acero al carbón cédula 40, de 6" (152 mm) de diámetro, incluye; soldadura, mano de obra y acarreo de material.													
			tubería en muro central			tramo				2.00		2.00		2.00
TAC0078	Suministro y colocación de codo de acero al carbón cédula 40, de 6" (152 mm) de diámetro incluye; soldadura, mano de obra y acarreo de material.													
			tubería en muro central			pza				1.00		1.00		1.00
TAC0079	Suministro y colocación de reducción de acero al carbón cédula 40, de 6" a 3" (152 mm a 76 mm) de diámetro, incluye; soldadura, mano de obra y acarreo de material.													
			tubería en muro central			pza				1.00		1.00		1.00

CANTIDADES DE OBRA PARA EL TANQUE DE BOMBEO DE SEDIMENTADOR A BIOLÓGICO

OBRA:
AMPLIACION DE PLANTA DE TRATAMIENTO

PLANO:
ES-03

CODIGO	C O N C E P T O	LOCALIZACION			TIPO	UNIDAD	LARGO	ANCHO O ESP	ALTO O PROF	SUBTOTAL	NÚM DE PZAS	SUBTOTAL	CARAS / PESO	CANTIDAD
		EJE	TRAMO	NIV										
TAC0001	Demolición de piso de concreto armado de 0.20 a 0.25 cm de espesor: incluye, acarreo de material					m ²	4.40	4.40		19.36		19.36		19.36
TAC0003	Trazo y nivelación topográfico del terreno, para estructuras estableciendo ejes y referencias para superficies menores de 300 m ² .					m ²	4.40	4.40		19.36		19.36		19.36
TAC0026	Excavación a mano en material tipo II en seco, para cepas hasta 2 m de profundidad, depositando el producto de excavación, a orilla de cepa.					m ³	4.40	4.40	2.45	47.43		47.43		47.43
TAC0005	Afine y compactación de terreno posterior a la excavación como preparación para recibir base hidráulica.					m ²	4.40	4.40		19.36		19.36		19.36
TAC0007	Relleno compactado al 90 % Proctor con equipo mecánico con material producto de la excavación en capas de 20 cm de espesor incluye, acarreo de material					m ³	15.60	0.50	2.45	19.11		19.11		19.11

OBRA:
AMPLIACION DE PLANTA DE TRATAMIENTO

ES-03

[illegible]

OBRA:
AMPLIACION DE PLANTA DE TRATAMIENTO

ES-03

[illegible]

CANTIDADES DE OBRA PARA EL TANQUE DE BOMBEO DE SEDIMENTADOR A BIOLÓGICO

OBRA:
AMPLIACION DE PLANTA DE TRATAMIENTO

PLANO:

ES-03

CODIGO	CONCEPTO	LOCALIZACION			TIPO	UNIDAD	LARGO	ANCHO O ESP	ALTO O PROF	SUBTOTAL	NÚM DE PZAS	SUBTOTAL	CARAS / PESO	CANTIDAD
		EJE	TRAMO	NIV										
TAC0019	Concreto premezclado resistencia normal, vaciado con bomba pluma $f_c = 250 \text{ kg/cm}^2$, agregado máximo $\frac{3}{4}"$ (19 mm) en muros, trabes y losas, incluye: vibrado, curado con curacreto y acarreo de material.													12.03
			losa fondo			m ³	3.40	3.40	0.12	1.39		1.39		
			losa tapa			m ³	3.40	3.40	0.25	2.89		2.89		
											-registro	-0.36		
			muros			m ³	3.40	0.25	2.50	2.13	2.00	4.25		
							2.90	0.25	2.50	1.81	2.00	3.63		
			chaflan (losa fondo)			m ³	2.90	0.15/2	0.15	0.03	4.00	0.13		
TAC0021	Pulido de losa-fondo a llana metálica con el fraguado natural del concreto, dando tiempo al endurecimiento del concreto.													6.76
			losa fondo			m ²	2.60	2.60		6.76		6.76		
TAC0022	Suministro y colocación de banda de PVC, tricolastic o similar en junta de colado de 6" (152 mm)		todas las zonas			m	3.10			3.10	4.00	12.40		12.40
TAC0023	Descabezado de muro en junta de colado, sobre el nivel de la junta fría.		todas las zonas			m	3.10			3.10	4.00	12.40		12.40
TAC0024	Resane e impermeabilización de detalles de la cimbra a base de Aquaplug y una mano de sellotex.		muros(intteriores)			m ²	2.90		2.50	7.25	4.00	29.00		42.44
			muros(extteriores)			m ²	3.40		0.37	1.26	4.00	5.03		
			losa tapa			m ²	2.90	2.90		8.41		8.41		

CANTIDADES DE OBRA PARA EL TANQUE DE BOMBEO DE SEDIMENTADOR A BIOLÓGICO

OBRA:
AMPLIACION DE PLANTA DE TRATAMIENTO

PLANO:
ES-03

CODIGO	C O N C E P T O	LOCALIZACION			TIPO	UNIDAD	LARGO	ANCHO O ESP	ALTO O PROF	SUBTOTAL	NÚM DE PZAS	SUBTOTAL	CARAS / PESO	CANTIDAD
		EJE	TRAMO	NIV										
TAC0072	Suministro y colocación de tubo para carrete cédula 40, con placa de ¼" (6 mm), incluye material para su correcta terminación y acarreo.													1.00
			en muro			pza				1.00		1.00		
TAC0037	Firme de concreto f'c = 150 kg/cm² de 10 cm de espesor con concreto resistencia normal, agregado de ¾" (19 mm), fabricado en obra, reforzado con malla electro soldada 6:6/10 10 sin incluir acabado, incluye acarreo de material.													7.80
			perimetral			m²	4.40	0.50		2.20	2.00	4.40		
						m²	3.40	0.50		1.70	2.00	3.40		

CANTIDADES DE OBRA DE BASE PARA EQUIPO DE FLOTACIÓN POR AIRE DISUELTO (DISOLVED AIR FLOTATION DAF)

OBRA:
AMPLIACION DE PLANTA DE TRATAMIENTO

PLANO:

ES-01

CODIGO	CONCEPTO	LOCALIZACION			TIPO	UNIDAD	LARGO	ANCHO O ESP	ALTO O PROF	SUBTOTAL	NÚM DE PZAS	SUBTOTAL	CARAS / PESO	CANTIDAD
		EJE	TRAMO	NIV										
TAC0001	Demolición de piso de concreto armado de 0.20 a 0.25 cm de espesor: incluye, acarreo de material.													24.00
		todas las zonas				m ²	8.00	3.00		24.00		24.00		
TAC0003	Trazo y nivelación topográfico del terreno, para estructuras estableciendo ejes y referencias para superficies menores de 300 m ² .													24.00
		todas las zonas				m ²	8.00	3.00		24.00		24.00		
TAC0026	Excavación a mano en material tipo II en seco, para cepas hasta 2 m de profundidad, depositando el producto de excavación, a orilla de cepa.													7.20
		todas las zonas				m ³	8.00	3.00	0.30	7.20		7.20		
TAC0008	Plantilla de concreto hecho en obra resistencia normal agregado máximo ¾" (19 mm) f'c= 100 kg/cm ² de 5 cm de espesor.													19.24
		1 a 2	A-C			m ²	3.70	2.60		9.62	2.00	19.24		
TAC0009	Acarreo en camión de material suelto medido en camión; incluye carga mecánica y descarga a volteo.													9.36
		1	2	A	C	m ³	8.00	3.00	0.30	7.20		7.20		
										ABUNDAMIENTO	30%	2.16		
TAC0076	Acarreo de material tipo I y II a una distancia horizontal de 100 m.													9.36
		1	2	A	C	m ³	8.00	3.00	0.30	7.20		7.20		
										ABUNDAMIENTO	30%	2.16		

CANTIDADES DE OBRA DE BASE PARA EQUIPO DE FLOTACIÓN POR AIRE DISUELTO
(DISOLVED AIR FLOTATION DAF)

OBRA:
AMPLIACION DE PLANTA DE TRATAMIENTO

PLANO:
ES-01

CODIGO	C O N C E P T O	LOCALIZACION			NÚM	UNIDAD	LARGO	PESO (kg/m)		SUBTOTAL	PZAS	SUBTOTAL	total (m)	CANTIDAD
		EJE	TRAMO	NIV										
TAC0010	Habilitado y armado de acero de refuerzo en estructuras Fy= 4,200 kg/cm², con varillas del 3 (3/8") sin incluir ganchos, traslapes anclajes, desperdicios, silletas y acarreos.													0.39
		CT-1												
		A,B,C	1-2		3	ton	3.00	0.557		3.00	6.00	6*3=	18.00	
		1,2	A-C		3	ton	8.00	0.557		8.00	4.00	4*8=	32.00	
		estribos												
		A,B,C	1-2		3	ton	1.40	0.557		(3/2)*3=	45.00	45*1.4=	63.00	
		1,2	A-C		3	ton	1.40	0.557		(8/2)*2=	80.00	80*1.4=	112.00	
		losa												
		todas las zonas			3	ton	8.00	0.557		(3/2)*2=	30.00	30*8=	240.00	
		todas las zonas			3	ton	3.00	0.557		(8/2)*2=	80.00	80*3=	240.00	
TAC0011	Habilitado y armado de acero de refuerzo en estructuras Fy = 4,200 kg/cm², con varillas de ½" (13 mm) sin incluir ganchos, traslapes anclajes, desperdicios, silletas y acarreos.											SUMA=	705.00	0.10
		CT-1												
		A,B,C	1-2		4	ton	3.00	0.996		4*3=	12.00	12*3=	36.00	
		1,2	A-C		4	ton	8.00	0.996		4*2=	8.00	8*8=	64.00	
												SUMA=	100.00	

CANTIDADES DE OBRA DE BASE PARA EQUIPO DE FLOTACIÓN POR AIRE DISUELTO (DISOLVED AIR FLOTATION DAF)

OBRA:
AMPLIACION DE PLANTA DE TRATAMIENTO

PLANO:
ES-01

CODIGO	CONCEPTO	LOCALIZACION			OPI	UNIDAD	LARGO	ANCHO O ESP	ALTO O PROF	SUBTOTAL	NÚM DE PZAS	SUBTOTAL	CARAS / PESO	CANTIDAD
		EJE	TRAMO	NIV										
TAC0015	Habilitado y armado de cimbrado aparente con triplay, en contratraves, fronteras; incluyendo: descimbrado, suministro, colocación y acarreo de material.													11.96
		CT-1												
		perimetral exterior				m ²	(8*2)+(3*2)		0.20	4.40		4.40		
		perimetral interior				m ²	(3.7*4)+(2.6*4)		0.30	7.56		7.56		
TAC0020	Concreto premezclado resistencia normal, vaciado con bomba pluma f'c= 250 kg/cm ² , agregado máximo ¾" (19 mm) en contratraves y losa, incluye: vibrado, curado con curacreto y acarreo de material.													6.23
		en contratraves				m ³								
		1,2	A a C				8.00	0.20	0.30	0.48	2.00	0.96		
		A,B,C	1 a 2			m ³	2.60	0.20	0.30	0.16	3.00	0.47		
		en losa				m ³	8.00	3.00	0.20	4.80		4.80		
TAC0021	Pulido de losa a llana metálica con el fraguado natural del concreto, dando tiempo al endurecimiento del concreto.													24.00
		todas las zonas				m ²	8.00	3.00		24.00		24.00		
TAC0071	Habilitado y armado de chaflán en corona de muro; incluyendo material, cimbrado y descimbrado, suministro, colocación y acarreo de material.													22.00
		perimetral				m	8+8+3+3=			22.00		22.00		

**PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO PARA LA AMPLIACIÓN
DE LA CAPACIDAD DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO
DE AGUA RESIDUAL DE LA INDUSTRIA ALIMENTICIA**

**PROGRAMA DETALLADO DE TANQUE PARA FILTRO PERCOLADOR
(Parte 1 de 2)**

ACTIVIDAD	SEMANAS																											
	1				2				3				4				5											
TANQUE PARA FILTRO PERCOLADOR																												
Curso de seguridad, asignación de lugar donde se colocara la caseta de metal para bodega y área para colocar materiales.																												
Demolición de piso de concreto armado de 0.20 a 0.25 cm de espesor: incluye, acarreo de material.																												
Trazo y nivelación topográfico del terreno, para estructuras estableciendo ejes y referencias para superficies menores de 300 m².																												
Excavación a mano en material tipo II en seco, para cepas hasta 2 m de profundidad, depositando el producto de excavación, a orilla de cepa.																												
Relleno compactado al 90 % Proctor con equipo mecánico, para mejoramiento de terreno, utilizando material de banco o tepetate en capas de 20 cm. de espesor incluye acarreo de material.																												
Plantilla de concreto hecho en obra resistencia normal agregado máximo ¾" (19 mm) f'c = 100 kg/cm² de 5 cm de espesor.																												
Acarreo en camión de material suelto medido en camión; incluye carga mecánica y descarga a volteo.																												
Habilitado y armado de acero de refuerzo en estructuras fy = 4,200 kg/cm², con varillas de 3/8" (10 mm) sin incluir ganchos, traslapes anclajes, desperdicios, silletas y acarreos.																												
Habilitado y armado de cimbra aparente con triplay, en muros circulares, fronteras; incluyendo: cimbrado y descimbrado, suministro, colocación y acarreo de material.																												
Cimbra a base de tubo de construcción forma columnas, incluye: cimbrado y descimbrado, suministro y colocación acarreo de material.																												
Concreto premezclado resistencia normal, vaciado con bomba pluma f'c = 250 kg/cm², agregado máximo ¾" (19 mm) en muros, trabes y losas, incluye: vibrado, curado con curacreto y acarreo de material.																												
Pulido de losa-fondo a llana metálica con el fraguado natural del concreto, dando tiempo al endurecimiento del concreto.																												
Suministro y colocación de banda de PVC, tricolastic o similar en junta de colado de 6" (152 mm)																												
Descabezado de muro en junta de colado, sobre el nivel de la junta fría.																												
Resane e impermeabilización de detalles de la cimbra a base de Aquaplug y una mano de sellotex.																												

PROGRAMA DETALLADO DE TANQUE PARA FILTRO PERCOLADOR (Parte 2 de 2)

ACTIVIDAD	SEMANAS																			
	6					7					8					9				
TANQUE PARA FILTRO PERCOLADOR																				
Curso de seguridad, asignación de lugar donde se colocara la caseta de metal para bodega y área para colocar materiales.																				
Demolición de piso de concreto armado de 0.20 a 0.25 cm de espesor: incluye, acarreo de material.																				
Trazo y nivelación topográfico del terreno, para estructuras estableciendo ejes y referencias para superficies menores de 300 m².																				
Excavación a mano en material tipo II en seco, para cepas hasta 2 m de profundidad, depositando el producto de excavación, a orilla de cepa.																				
Relleno compactado al 90 % Proctor con equipo mecánico, para mejoramiento de terreno, utilizando material de banco o tepetate en capas de 20 cm de espesor incluye acarreo de material.																				
Plantilla de concreto hecho en obra resistencia normal agregado máximo ¾" (19 mm) f'c = 100 kg/cm² de 5 cm de espesor.																				
Acarreo en camión de material suelto medido en camión; incluye carga mecánica y descarga a volteo.																				
Habilitado y armado de acero de refuerzo en estructuras fy = 4,200 kg/cm², con varillas del 3 (3/8") sin incluir ganchos, traslapes anclajes, desperdicios, silletas y acarreos.																				
Habilitado y armado de cimbra aparente con triplay, en muros circulares, fronteras; incluyendo: cimbrado y descimbrado, suministro, colocación y acarreo de material.																				
Cimbra a base de tubo de construcción forma columnas, incluye: cimbrado y descimbrado, suministro y colocación acarreo de material.																				
Concreto premezclado resistencia normal, vaciado con bomba pluma f'c = 250 kg/cm², agregado máximo ¾" (19 mm) en muros, trabes y losas, incluye: vibrado, curado con curacreto y acarreo de material.																				
Pulido de losa-fondo a llana metálica con el fraguado natural del concreto, dando tiempo al endurecimiento del concreto.																				
Suministro y colocación de banda de PVC, tricolastic o similar en junta de colado de 6" (152 mm)																				
Descabezado de muro en junta de colado, sobre el nivel de la junta fría.																				
Resane e impermeabilización de detalles de la cimbra a base de Aquaplug y una mano de sellotex.																				

**PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO PARA LA AMPLIACIÓN
DE LA CAPACIDAD DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO
DE AGUA RESIDUAL DE LA INDUSTRIA ALIMENTICIA**

**PROGRAMA DETALLADO DE TANQUE DE BOMBEO DE SEDIMENTADOR A
BIOLÓGICO**

ACTIVIDAD	SEMANAS															
	1				2				3				4			
Demolición de piso de concreto armado de 0.20 a 0.25 cm de espesor: incluye, acarreo de material.																
Trazo y nivelación topográfico del terreno, para estructuras estableciendo ejes y referencias, para superficies menores de 300 m².																
Excavación a mano en material tipo II en seco, para cepas hasta 2 m de profundidad depositando el producto de excavación, a orilla de cepa.																
Relleno compactado al 90 %. Proctor con equipo mecánico con material producto de la excavación en capas de 20 cm de espesor incluye, acarreo de material																
Plantilla de concreto hecho en obra resistencia normal, agregado máximo ¾" (19 mm) f'c= 100 kg/cm² de 5 cm de espesor																
Acarreo en camión de material suelto medido en camión; incluye carga mecánica y descarga a volteo.																
Habilitado y armado de acero de refuerzo en estructuras fy = 4,200 kg/cm², con varillas de 3/8" (10 mm) sin incluir ganchos, traslapes anclajes, desperdicios, silletas y acarreos.																
Habilitado y armado de acero de refuerzo en estructuras fy = 4,200 kg/cm², con varillas de ½" (13 mm) sin incluir ganchos, traslapes anclajes, desperdicios, silletas y acarreos.																
Habilitado y armado de cimbra aparente con triplay, en losa, muros, fronteras; incluyendo: descimbrado, suministro, colocación y acarreo de material.																
Habilitado y armado de cimbra aparente con triplay, en chaflán; incluyendo descimbrado, suministro, colocación y acarreo de material.																
Concreto premezclado resistencia normal, vaciado con bomba pluma f'c = 250 kg/cm², agregado máximo ¾" (19 mm) en muros, trabes y losas, incluye: vibrado, curado con curacreto y acarreo de material.																
Pulido de losa-fondo a llana metálica con el fraguado natural del concreto, dando tiempo al endurecimiento, del concreto.																
Suministro y colocación de banda de PVC, tricolastic o similar en junta de colado de 6" (152 mm).																
Resane e impermeabilización de detalles de la cimbra a base de Aquaplug y una mano de sellotex.																

**PROGRAMA DETALLADO DE BASE PARA EQUIPO DE FLOTACIÓN POR
AIRE DISUELTO (DISOLVED AIR FLOTATION DAF).**

ACTIVIDAD	SEMANAS											
	1						2					
Demolición de piso de concreto armado de 0.20 a 0.25 cm de espesor: incluye, acarreo de material.												
Trazo y nivelación topográfico del terreno, para estructuras estableciendo ejes y referencias, para superficies menores de 300 m ² .												
Excavación a mano en material tipo II en seco, para cepas hasta 2.00 m de profundidad depositando el producto de excavación a orilla de cepa.												
Plantilla de concreto hecho en obra resistencia normal, agregado máximo ¾" (19 mm) f'c = 100 kg/cm ² de 5 cm de espesor.												
Acarreo en camión de material suelto medido en camión; incluye carga mecánica y descarga a volteo.												
Habilitado y armado de acero de refuerzo en estructuras fy = 4,200 kg/cm ² de 3/8" de diámetro (10 mm) sin incluir ganchos, traslapes, anclaje, desperdicios, silletas y acarreos.												
Habilitado y armado de acero de refuerzo en estructuras fy = 4,200 kg/cm ² de ½" de diámetro, (13 mm) sin incluir ganchos, traslapes, anclaje, desperdicios, silletas y acarreos.												
Habilitado y armado de cimbra aparente, con triplay, en contratraves, fronteras; incluyendo descimbrado suministro, colocación y acarreo de material.												
Concreto premezclado resistencia normal, vaciado con bomba pluma f'c = 250 kg/cm ² , agregado máximo ¾" (19 mm) en contratraves y losa, incluye, vibrado y curado con curacreto, acarreo de material.												

V.2 CATÁLOGO DE CONCEPTOS

El presupuesto en la construcción, es la presentación ordenada y agrupada del costo total de la obra, se presenta relacionando y agrupando por áreas afines los diversos conceptos de obra que se realizarán; al conjunto de estas actividades se le denomina "catálogo de conceptos".

Para la elaboración del catálogo de conceptos se formarán grupos, de acuerdo a las necesidades específicas de la obra en cuestión, los cuales contendrán aquellos conceptos que les sean afines; a éstos se les denomina partidas. El número de partidas y el detalle de cada una, esta en función de la complejidad de

la obra. En este proyecto trataremos de la ampliación de una planta de tratamiento de agua residual, en donde se aprovecharán las instalaciones y la mayor parte de la infraestructura existente por lo cual el número de partidas quedará conformado por tres grandes rubros:

- Tanque de Bombeo de Sedimentador a Biológico.
- Equipo de Flotación por Aire Disuelto (Dissolved Air Flotation DAF).
- Filtro Percolador.

El proceso para el cálculo del presupuesto se inicia con el análisis del precio de cada uno de los conceptos, desglosándolos en materiales, mano de obra, equipo y herramienta, y algún otro cargo que forme parte de él; la suma de todos los importes que integran una partida proporciona el monto de ésta, sumando las partidas se tiene el importe total de la obra.

Algunas unidades del tren de tratamiento (sedimentador, espesador, tanque de acondicionamiento de lodos, cárcamo de recirculación, cárcamo de sobrenadantes y natas), se encontrarán parcialmente enterradas en el piso, por lo que es necesario levantar la placa de concreto en las zonas que ocupan estas unidades dentro de la planta. Se realizarán actividades de excavación, acarreo en camión con carga mecánica de tierra y material mixto, cimbra y descimbra así como rellenos de excavaciones.

A pesar de que el proyecto aquí presentado se realizó en el año de 2004 los precios que se manejan en este trabajo son del año 2006, con la finalidad de hacer una actualización de los costos para el presupuesto de la ampliación de la planta de tratamiento de agua residual que se esta tratando en este trabajo de tesis.

Una vez realizada la cuantificación de los volúmenes de obra a partir de los planos de que se tienen en proyecto, se presentan estos resultados en una columna dentro de lo que se denomina como catálogo de conceptos, quedando expresado en las siguientes tablas:

Obra: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL			
CATÁLOGO DE CONCEPTOS OBRA CIVIL			
CODIGO	ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD
TANQUE PARA FILTRO PERCOLADOR			
TAC0001	Demolición de piso de concreto armado de 0.20 a 0.25 cm de espesor: incluye, acarreo de material.	m ²	38.48
TAC0003	Trazo y nivelación topográfico del terreno, para estructuras estableciendo ejes y referencias para superficies menores de 300 m ² .	m ²	38.48
TAC0026	Excavación a mano en material tipo II en seco, para cepas hasta 2 m de profundidad, depositando el producto de excavación, a orilla de cepa.	m ³	30.79
TAC0005	Afine y compactación de terreno posterior a la excavación como preparación para recibir base hidráulica.	m ²	38.48
TAC0006	Relleno compactado al 90 % Proctor con equipo mecánico, para mejoramiento de terreno, utilizando material de banco o tepetate en capas de 20 cm de espesor incluye acarreo de material.	m ³	17.32
TAC0008	Plantilla de concreto hecho en obra resistencia normal agregado máximo ¾" (19 mm) f'c = 100 kg/cm ² de 5 cm de espesor.	m ²	38.48
TAC0009	Acarreo en camión de material suelto medido en camión; incluye carga mecánica y descarga a volteo.	m ³	40.02
TAC0076	Acarreo de material tipo I y II a una distancia horizontal de 100 m.	m ³	40.02
TAC0010	Habilitado y armado de acero de refuerzo en estructuras fy = 4,200 kg/cm ² , con varillas de 3/8" (10 mm) sin incluir ganchos, traslapes anclajes, desperdicios, silletas y acarreos.	ton	3.26
TAC0016	Habilitado y armado de cimbra aparente con triplay, en muros circulares, fronteras; incluyendo: cimbrado y descimbrado, suministro, colocación y acarreo de material.	m ²	326.13

**PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO PARA LA AMPLIACIÓN
DE LA CAPACIDAD DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO
DE AGUA RESIDUAL DE LA INDUSTRIA ALIMENTICIA**

Obra: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL			
CATÁLOGO DE CONCEPTOS OBRA CIVIL			
CODIGO	ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD
TANQUE PARA FILTRO PERCOLADOR			
TAC0017	Habilitado y armado de cimbra aparente con triplay, en chaflán; incluyendo descimbrado, suministro, colocación y acarreo de material.	m ²	4.09
TAC0071	Habilitado y armado de chaflán en corona de muro; incluyendo material, cimbrado y descimbrado, suministro, colocación y acarreo de material.	m	40.84
TAC0070	Cimbra a base de tubo de construcción forma columnas, incluye: cimbrado y descimbrado, suministro y colocación acarreo de material.	m	7.31
TAC0019	Concreto premezclado resistencia normal, vaciado con bomba pluma f'c = 250 kg/cm ² , agregado máximo ¾" (19 mm) en muros, trabes y losas, incluye: vibrado, curado con curacreto y acarreo de material.	m ³	63.50
TAC0021	Pulido de losa-fondo a llana metálica con el fraguado natural del concreto, dando tiempo al endurecimiento del concreto.	m ²	30.19
TAC0022	Suministro y colocación de banda de PVC, tricolastic o similar en junta de colado de 6" (152 mm)	m	40.84
TAC0023	Descabezado de muro en junta de colado, sobre el nivel de la junta fría.	m	40.84
TAC0024	Resane e impermeabilización de detalles de la cimbra a base de Aquaplug y una mano de sellotex.	m ²	338.54
TAC0072	Suministro y colocación de tubo para carrete cédula 40, con placa de ¼" (6 mm), incluye material para su correcta terminación y acarreo.	pza	1
TAC0075	Colocación de anclas de acero para soporte de brazo distribuidor.	lote	1
TAC0077	Suministro y colocación de tubo de acero al carbón cédula 40, de 6" (152 mm) de diámetro, incluye; soldadura, mano de obra y acarreo de material	tramo	2

Obra: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL			
CATÁLOGO DE CONCEPTOS OBRA CIVIL			
CODIGO	ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD
TANQUE PARA FILTRO PERCOLADOR			
TAC0078	Suministro y colocación de codo de acero al carbón cédula 40, de 6" (152 mm) de diámetro incluye; soldadura, mano de obra y acarreo de material.	pza	1
TAC0079	Suministro y colocación de reducción de acero al carbón cédula 40, de 6" a 3" (152 mm a 76 mm) de diámetro, incluye; soldadura, mano de obra y acarreo de material.	pza	1
TANQUE DE BOMBEO DE SEDIMENTADOR A BIOLÓGICO			
TAC0001	Demolición de piso de concreto armado de 0.20 a 0.25 cm de espesor: incluye, acarreo de material.	m ²	19.36
TAC0003	Trazo y nivelación topográfico del terreno, para estructuras estableciendo ejes y referencias, para superficies menores de 300 m ² .	m ²	19.36
TAC0026	Excavación a mano en material tipo II en seco, para cepas hasta 2 m de profundidad depositando el producto de excavación, a orilla de cepa.	m ³	47.43
TAC0005	Afine y compactación de terreno posterior a la excavación como preparación para recibir base hidráulica.	m ²	19.36
TAC0007	Relleno compactado al 90 %. Proctor con equipo mecánico con material producto de la excavación en capas de 20 cm de espesor incluye, acarreo de material.	m ³	19.11
TAC0008	Plantilla de concreto hecho en obra resistencia normal, agregado máximo ¾ (19 mm) f'c = 100 kg/cm ² de 5 cm de espesor	m ²	12.25
TAC0009	Acarreo en camión de material suelto medido en camión; incluye carga mecánica y descarga a volteo.	m ³	36.82

**PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO PARA LA AMPLIACIÓN
DE LA CAPACIDAD DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO
DE AGUA RESIDUAL DE LA INDUSTRIA ALIMENTICIA**

Obra: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL			
CATÁLOGO DE CONCEPTOS OBRA CIVIL			
CODIGO	ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD
TANQUE DE BOMBEO DE SEDIMENTADOR A BIOLÓGICO			
TAC0076	Acarreo de material tipo I y II a una distancia horizontal de 100 m.	m ³	36.82
TAC0010	Habilitado y armado de acero de refuerzo en estructuras fy = 4,200 kg/cm ² , con varillas de 3/8" (10 mm) sin incluir ganchos, traslapes anclajes, desperdicios, silletas y acarreo.	ton	0.54
TAC0011	Habilitado y armado de acero de refuerzo en estructuras fy = 4,200 kg/cm ² , con varillas de 1/2" (13 mm) sin incluir ganchos, traslapes anclajes, desperdicios, silletas y acarreo.	ton	0.39
TAC0015	Habilitado y armado de cimbra aparente con triplay, en losa, muros, fronteras; incluyendo: descimbrado, suministro, colocación y acarreo de material.	m ²	71.81
TAC0017	Habilitado y armado de cimbra aparente con triplay, en chaflán; incluyendo descimbrado, suministro, colocación y acarreo de material.	m ²	4.45
TAC0019	Concreto premezclado resistencia normal, vaciado con bomba pluma f'c = 250 kg/cm ² , agregado máximo 3/4" (19 mm) en muros, trabes y losas, incluye: vibrado, curado con curacreto y acarreo de material.	m ³	12.03
TAC0021	Pulido de losa-fondo a llana metálica con el fraguado natural del concreto, dando tiempo al endurecimiento, del concreto.	m ²	6.76
TAC0022	Suministro y colocación de banda de PVC, tricolastic o similar en junta de colado de 6" (152 mm)	m	12.40
TAC0023	Descabezado de muro en junta de colado, sobre el nivel de la junta fría.	m	12.40
TAC0024	Resane e impermeabilización de detalles de la cimbra a base de Aquaplug y una mano de sellotex.	m ²	42.44

Obra: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL			
CATÁLOGO DE CONCEPTOS OBRA CIVIL			
CODIGO	ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD
TANQUE DE BOMBEO DE SEDIMENTADOR A BIOLÓGICO			
TAC0072	Suministro y colocación de tubo para carrete cédula 40, con placa de ¼" (6 mm), Incluye el material necesario para su correcta terminación y acarreo de material.	pza	1
TAC0037	Firme de concreto f'c = 150 kg/cm² de 10 cm de espesor con concreto resistencia normal, agregado máximo ¾" (19 mm) fabricado en obra, reforzado con malla electro soldada 6:6/10 10 sin incluir acabado, acarreo de material.	m²	7.80
BASE PARA EQUIPO DE FLOTACIÓN POR AIRE DISUELTO (DISOLVED AIR FLOTATION DAF)			
TAC0001	Demolición de piso de concreto armado de 0.20 a 0.25 cm de espesor: incluye, acarreo de material.	m²	24.00
TAC0003	Trazo y nivelación topográfico del terreno, para estructuras estableciendo ejes y referencias, para superficies menores de 300 m².	m²	24.00
TAC0026	Excavación a mano en material tipo II en seco, para cepas hasta 2 m de profundidad depositando el producto de excavación a orilla de cepa.	m³	7.20
TAC0008	Plantilla de concreto hecho en obra resistencia normal, agregado máximo ¾" (19 mm) f'c = 100 kg/cm² de 5 cm de espesor.	m²	19.24
TAC0009	Acarreo en camión de material suelto medido en camión; incluye carga mecánica y descarga a volteo.	m³	9.36
TAC0076	Acarreo de material tipo I y II a una distancia horizontal de 100 m.	m³	9.36
TAC0010	Habilitado y armado de acero de refuerzo en estructuras fy = 4,200 kg/cm² de 3/8" de diámetro (10 mm) sin incluir ganchos, traslapes, anclaje, desperdicios, silletas y acarreos.	ton	0.39

Esta tabla continúa en la página siguiente.

Continúa de la página anterior.

Obra: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL			
CATÁLOGO DE CONCEPTOS OBRA CIVIL			
CODIGO	ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD
BASE PARA EQUIPO DE FLOTACIÓN POR AIRE DISUELTO (DISOLVED AIR FLOTATION DAF)			
TAC0011	Habilitado y armado de acero de refuerzo en estructuras $f_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$ de $\frac{1}{2}$ " de diámetro, (13 mm) sin incluir ganchos, traslapes, anclaje, desperdicios, silletas y acarreo.	ton	0.10
TAC0015	Habilitado y armado de cimbra aparente, con triplay, en contratraveses, fronteras; incluyendo descimbrado suministro y colocación acarreo de material.	m ²	11.96
TAC0020	Concreto premezclado resistencia normal, vaciado con bomba pluma $f'_c = 250 \text{ kg/cm}^2$, agregado máximo $\frac{3}{4}$ " (19 mm) en contratraveses y losa, incluye, vibrado y curado con curacreto, acarreo de material.	m ³	6.23
TAC0021	Pulido de losa a llana metálica con el fraguado natural del concreto, dando tiempo al endurecimiento, del concreto.	m ²	24.00
TAC0071	Habilitado y armado de chaflán en corona de muro; incluyendo material, cimbrado y descimbrado, suministro, colocación y acarreo de material.	m	22.00

V.3 CATÁLOGO DE PRECIOS UNITARIOS

Por definición, Precio Unitario es la remuneración o pago total en moneda que el contratante cubre al contratista por cada unidad de obra de cualquier concepto que ejecute de acuerdo a las especificaciones, siendo estas el conjunto de requerimientos exigidos en los proyectos y presupuestos para definir con precisión y claridad el alcance de los conceptos.

Un presupuesto parte de la formulación de un catálogo de conceptos en el que se presenta la unidad y la cantidad para cada concepto, si se añade su precio unitario y ambos se multiplican entre sí se obtiene el importe total de ese concepto; la suma de todos estos productos da el importe total de la obra.

El análisis de los precios es similar en cualquier tipo de construcción, sólo que al emplearse frecuentemente como insumos materiales elaborados en obra y ser repetitiva su aplicación, se facilita el cálculo de los precios unitarios de los conceptos que los contengan determinando anticipadamente su importe, estos análisis se conocen como costos básicos; algunos ejemplos son los concretos hechos en obra, las cimbras o los morteros, el cálculo de estos costos es similar al de los precios, sólo que no deben contener indirectos ni utilidad para evitar su duplicidad al incorporarlos como insumos en los precios unitarios. De igual forma como parte del análisis del precio unitario, se incluye la determinación del salario real a partir del nominal y la determinación del indirecto en una obra determinada.

Se entienden como Costos Directos:

- Materiales
- Mano de obra
- Equipo

que son las erogaciones que hace el constructor y que entran única y exclusivamente en el concepto que tratamos.

Como Costos Indirectos:

- Administración en obra
- Administración de Oficina Central
- Financiamiento
- Impuestos
- Fianzas y seguros
- Imprevistos

que son las erogaciones que no se aplican a un concepto determinado.

Teniendo como resultado para el Precio Unitario:

Precio Unitario = Costo Directo + Costo Indirecto + Utilidad

Donde:

Costo Indirecto = 30 % del Costo Directo

Utilidad = 10 % (Costo Directo + Costo Indirecto)

Por ejemplo para el cálculo del precio del concreto en un muro de contención. Al calcularlo se incluye al propio concreto con colocación y curado, y la cimbra con su

habilitación, colocación y retiro.

En el ejemplo anterior se estarían aprovechando los costos básicos de los dos conceptos que como insumos participaran, que son:

- 1) El concreto elaborado en obra con la resistencia requerida.
- 2) La cimbra en muro de contención.

A continuación se realiza el cálculo del factor que convierte el salario base en salario real, a través del incremento que incluye prestaciones de la Ley Federal del Trabajo:

Días no laborados:

Domingos:	52.00
Por sábados:	19.50
Festivos obligatorios:	7.17
Festivos tradicionales:	5.00
Vacaciones:	6.00
Enfermedad:	3.00
Por mal tiempo:	4.00
Suma:	96.67 días

Prestaciones:

Cuota diaria:	365.00
Aguinaldo:	15.00
Prima vacacional:	1.50
Suma:	381.50 días

Así, el factor que incluye prestaciones de la Ley Federal del Trabajo:

$$\begin{aligned}\text{Factor} &= \text{Total de días pagados}/(\text{Cuota diaria} - \text{Días no laborados}) \\ &= 381.5/(365 - 96.67) = 1.4218\end{aligned}$$

Factor = 1.4218

También se efectúa el cálculo del incremento del salario nominal a salario real para trabajadores con salario mínimo y salario mayor al mínimo, para lo cual es necesario el factor por seguridad social, encontrándose este desglose en la Tabla V.2 "Factor por Seguridad Social", el cálculo del factor para salario mínimo se encuentra en la Tabla V.3 "Factor para Salario Mínimo", de la misma forma se

encuentra en la Tabla V.4 “Factor para Salario Mayor al Mínimo”.

TABLA V.2 “FACTOR POR SEGURIDAD SOCIAL”

CONCEPTO INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL	Cuota Patronal	Cuota Obrero	Cuota Obrero-Patronal
Enfermedad y maternidad	8.7500 %	3.1250 %	11.8750%
Invalidez, vejez, cesantía y muerte	5.6750 %	2.0250 %	7.7000%
Riesgo de trabajo	6.5625 %	0.0000%	6.5625%
Guardería	1.0000 %	0.0000%	1.0000%
Suma	21.9875 %	5.1500 %	27.1375%

CÁLCULO DEL INCREMENTO DEL SALARIO NOMINAL A SALARIO REAL

Factor para trabajadores con salario mínimo

Por ley, nadie debe percibir una remuneración por su trabajo que sea inferior al salario mínimo; esto obliga al patrón a pagar integra las cuotas del Seguro Social y del fondo de ahorro para la vivienda; el Estado no cobra impuestos en estos casos. El factor afectado por dichos cargos será:

TABLA V.3 “FACTOR PARA SALARIO MÍNIMO”

CONCEPTO	Cuota Obrero-Patronal	Factor
Factor por la Ley Federal del Trabajo	-----	1.4218
Por Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS)	27.1375 %	0.3858
Por Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores (INFONAVIT)	5.0000 %	0.0711
Por Sistema de Ahorro para el Retiro (SAR)	2.0000 %	0.0284
Por Impuesto sobre Nóminas (D.F y Edo. Méx.)	2.0000%	0.0284
Suma	-----	1.9355

Factor para trabajadores con salario mayor al mínimo

En estos casos el trabajador pagará su parte de la cuota del Seguro Social, por lo que este factor queda de la siguiente manera:

TABLA V.4 “FACTOR PARA SALARIO MAYOR AL MÍNIMO”

CONCEPTO	Cuota Obrero-Patronal	Factor
Factor por la Ley Federal del Trabajo	-----	1.4218
Por Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS)	21.9875 %	0.3126
Por Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores (INFONAVIT)	5.0000 %	0.0711
Por Sistema de Ahorro para el Retiro (SAR)	2.0000 %	0.0284
Por Impuesto sobre Nóminas (D.F y Edo. Méx.)	2.0000%	0.0284
Suma	-----	1.8623

En el cálculo de precios unitarios, es conveniente manejar cuadrillas, denominación con la que se conoce a un grupo de trabajadores que desarrollan una actividad específica. El importe de cada una de estas cuadrillas esta en función de los salarios vigentes en el mercado laboral, que son multiplicados por el factor de salario real que le corresponda. Algunas de las cuadrillas que se manejarán en este proyecto, son:

- Coordinador ó cabo de oficios
- Oficial de albañilería y ayudante
- Cabo y cinco peones
- Carpintero de obra negra y ayudante
- Electricista y ayudante
- Operador de equipo
- Pintor
- Plomero y ayudante
- Soldador y ayudante

En lo referente al equipo a utilizar en este proyecto se realizó el cálculo del Costo Horario con equipo nuevo, tomando en cuenta que la estructura del mismo se compone de:

CARGOS FIJOS

- Inversión
- Depreciación
- Seguros
- Mantenimiento

CARGOS POR CONSUMO

- Combustible
- Lubricante
- Llantas
- Otras fuentes de energía
- Piezas especiales

CARGOS POR OPERACIÓN

- Mano de Obra

Se entiende por cargos fijos a:

Los costos que permanecen constantes dentro de un periodo determinado, independientemente de los cambios en el volumen de operaciones realizadas como se mencionó anteriormente pueden ser los gastos por inversión, depreciación, gastos por seguros y mantenimiento entre otros.

Se entiende por cargos por consumo a:

Los gastos que se realizan por el consumo de combustibles, aceites lubricantes, llantas, piezas especiales como refacciones es decir los elementos necesarios para proporcionar el mantenimiento adecuado a la maquinaria.

Se entiende por cargos por operación a:

Los cargos por operación son los gastos que se llevan a cabo por la operación de la maquinaria un ejemplo claro en este caso es el sueldo que se paga a los operadores de la maquinaria.

A continuación se presentan ejemplos del cálculo del costo horario en el cual se emplean precios de año 2006 para realizar una actualización en el presupuesto.

**PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO PARA LA AMPLIACIÓN
DE LA CAPACIDAD DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO
DE AGUA RESIDUAL DE LA INDUSTRIA ALIMENTICIA**

Considerando lo anterior se tiene que para el equipo a utilizar el Costo Horario es:

Num.	CONCEPTO	UNIDAD	DESCRIPCIÓN
1	MÁQUINA	S/U	CAMIÓN DE VOLTEO
2	MARCA	S/U	STERLING
3	MODELO	S/U	ACTERRA M 7500
4	AÑO	S/U	2006
5	FECHA DE COTIZACIÓN	S/U	Mar/2006
6	CARACTERÍSTICAS (CAPACIDAD O MEDIDAS)	S/U	7 m ³
7	DATOS ADICIONALES	S/U	No Aplica
8	VALOR DE ADQUISICIÓN (\$Va)	\$	315,000
9	NÚMERO DE LLANTAS	Pza.	6
10	MEDIDA LLANTA	Pulg.	9.00 x 20
11	VALOR POR LLANTA	\$	1,900
12	VALOR JUEGO LLANTAS (\$LI)	\$	11,400
13	VALOR INICIAL (\$Vi) = (\$Va) - (\$LI)	\$	303,600
14	VALOR DE RESCATE (Vr) en %	%	10 %
15	VALOR DE RESCATE (\$Vr) = % (\$Va)	\$	31,500
16	VIDA ECONÓMICA EQUIPO (Ve)	años	5
17	HORAS EFECTIVAS POR AÑO (Ha)	hr*año	2,000
18	HORAS EFECTIVAS TOTALES Horas	horas	10,000
19	VIDA ECONÓMICA LLANTAS (HLI)	horas	2,000
20	FACTOR DE MANTENIMIENTO (Q)	%	80 %
21	TIPO MOTOR COMBUSTIBLE	S/U	DIESEL
22	FACTOR COMBUSTIBLE DIESEL (FCD)	l*HP	0.20
23	FACTOR COMBUSTIBLE GASOLINA (FCG)	l*HP	0.20
24	POTENCIA NOMINAL MOTOR (PNM)	HP	210
25	FACTOR DE OPERACIÓN MÁQUINA (FOM)	%	70 %
26	POTENCIA DE OPERACIÓN MÁQUINA (POM)	HP	147
27	FACTOR SEGÚN POTENCIA MOTOR (FSP) => 100 HP	l*HP	0.0035
28	FACTOR SEGÚN POTENCIA MOTOR (FSP) < 100 HP	l*HP	0.0030
29	TASA INVERSION ANUAL % (i)	%	20 %
30	PRIMA DE SEGURO (s)	%	3 %
31	CAPACIDAD CARTER (CC) = 0.06 * PNM	litros	12.6
32	HORAS CAMBIO LUBRICANTE (HCL)	horas	100
33	PRECIO COMBUSTIBLE DIESEL (\$CD)	\$/l	5.75
34	PRECIO COMBUSTIBLE GASOLINA (\$CG)	\$/l	6.76
35	PRECIO LUBRICANTE DIESEL (\$LD)	\$/l	38.00
36	PRECIO LUBRICANTE GASOLINA (\$LG)	\$/l	35.00
37	SALARIO REAL OPERADOR (\$SRO)	\$/Jor	145.67
38	SALARIO MERCADO OPERADOR (\$SMO)	\$/Jor	365.00
39	JORNADA DE TRABAJO (JT)	horas	8
40	FACTOR RENDIMIENTO OPERADOR	%	75 %
41	JORNADA EFECTIVA DE TRABAJO (JET)	horas	6
42	I CARGOS FIJOS		
43	A) DEPRECIACIÓN: $D=(Vi-Vr)/(Ve*hr*año)$	\$/hr	27.21
44	B) INVERSIÓN: $I= \{(Vi+Vr)/2*hr*año\}*i$	\$/hr	16.76
45	C) SEGURO: $S=\{(Vi+Vr)/2*hr*año\}*s$	\$/hr	2.51
46	D) MANTENIMIENTO: $M=\$D*(Q)$	\$/hr	21.77
47	SUMA DE CARGOS FIJOS:	\$/hr	68.25
48	II CARGOS POR CONSUMOS		
49	A) COMBUSTIBLES: $CC=FTC*PNM*FOM*\$/l$	\$/hr	169.05
50	B) LUBRICANTES: $CL=(CC/HCL+FSP*PNM*FOM)*\$/l$	\$/hr	24.34
51	C) EQUIPO ADICIONAL (LLANTAS) $CLI=\$LI/HLI$	\$/hr	5.7
52	SUMA DE CARGOS CONSUMOS	\$/hr	199.09
53	III CARGOS POR OPERACIÓN		
54	A) OPERADOR: $CO=\$SMO/JET$	\$/hr	60.83
55	SUMA DE CARGOS POR OPERACIÓN	\$/hr	60.83
56	COSTO DIRECTO (CD)	\$/hr	328.17
57	COSTO INDIRECTO (CI): 30% DEL COSTO DIRECTO	\$/hr	98.45
58	SUMA COSTOS DIRECTOS + INDIRECTOS	\$/hr	426.62
59	UTILIDAD 10%(COSTO DIRECTO + COSTO INDIRECTO)	\$/hr	42.66
60	COSTO HORARIO	\$/hr	469.28

CAPÍTULO V
PROGRAMACIÓN Y COSTOS

Num.	CONCEPTO	UNIDAD	DESCRIPCIÓN
1	MÁQUINA	S/U	REVOLVEDORA PARA CONCRETO
2	MARCA	S/U	CIPSA
3	MODELO	S/U	MAX 10
4	AÑO	S/U	2006
5	FECHA DE COTIZACIÓN	S/U	Mar/2006
6	CARACTERÍSTICAS (CAPACIDAD O MEDIDAS)	S/U	1 SACO
7	DATOS ADICIONALES	S/U	MOTOR HONDA A GASOLINA
8	VALOR DE ADQUISICIÓN (\$Va)	\$	17,825
9	NÚMERO DE LLANTAS	Pza.	2
10	MEDIDA LLANTA	Pulg.	185/70 R14
11	VALOR POR LLANTA	\$	365
12	VALOR JUEGO LLANTAS (\$LI)	\$	730
13	VALOR INICIAL (\$Vi) = (\$Va) - (\$LI)	\$	17,095
14	VALOR DE RESCATE (Vr) en %	%	10 %
15	VALOR DE RESCATE (\$Vr) = % (\$Va)	\$	1,782.50
16	VIDA ECONÓMICA EQUIPO (Ve)	años	2.50
17	HORAS EFECTIVAS POR AÑO (Ha)	hr*año	1,600
18	HORAS EFECTIVAS TOTALES Horas	horas	4,000
19	VIDA ECONÓMICA LLANTAS (HLI)	horas	1,000
20	FACTOR DE MANTENIMIENTO (Q)	%	40 %
21	TIPO MOTOR COMBUSTIBLE	S/U	GASOLINA
22	FACTOR COMBUSTIBLE DIESEL (FCD)	l*HP	0.20
23	FACTOR COMBUSTIBLE GASOLINA (FCG)	l*HP	0.24
24	POTENCIA NOMINAL MOTOR (PNM)	HP	8
25	FACTOR DE OPERACIÓN MÁQUINA (FOM)	%	70 %
26	POTENCIA DE OPERACIÓN MÁQUINA (POM)	HP	5.60
27	FACTOR SEGÚN POTENCIA MOTOR (FSP) => 100 HP	l*HP	0.0035
28	FACTOR SEGÚN POTENCIA MOTOR (FSP) < 100 HP	l*HP	0.0030
29	TASA INVERSIÓN ANUAL % (i)	%	20 %
30	PRIMA DE SEGURO (s)	%	3 %
31	CAPACIDAD CARTER (CC) = 0.06 * PNM	litros	0.50
32	HORAS CAMBIO LUBRICANTE (HCL)	horas	30
33	PRECIO COMBUSTIBLE DIESEL (\$CD)	\$/l	5.75
34	PRECIO COMBUSTIBLE GASOLINA (\$CG)	\$/l	6.76
35	PRECIO LUBRICANTE DIESEL (\$LD)	\$/l	38.00
36	PRECIO LUBRICANTE GASOLINA (\$LG)	\$/l	35.00
37	SALARIO REAL OPERADOR (\$SRO)	\$/Jor	142.65
38	SALARIO MERCADO OPERADOR (\$SMO)	\$/Jor	260.00
39	JORNADA DE TRABAJO (JT)	horas	8
40	FACTOR RENDIMIENTO OPERADOR	%	75 %
41	JORNADA EFECTIVA DE TRABAJO (JET)	horas	6
42	I CARGOS FIJOS		
43	A) DEPRECIACIÓN: $D=(Vi-Vr)/(Ve*hr*año)$	\$/hr	3.83
44	B) INVERSIÓN: $I= \{(Vi+Vr)/2*hr*año\}*i$	\$/hr	1.18
45	C) SEGURO: $S=\{(Vi+Vr)/2*hr*año\}*s$	\$/hr	0.18
46	D) MANTENIMIENTO: $M=\$D*(Q)$	\$/hr	1.53
47	SUMA DE CARGOS FIJOS:	\$/hr	6.72
48	II CARGOS POR CONSUMOS		
49	A) COMBUSTIBLES: $CC=FTC*PNM*FOM*\$/l$	\$/hr	9.09
50	B) LUBRICANTES: $CL=(CC/HCL+FSP*PNM*FOM)*\$/l$	\$/hr	1.17
51	C) EQUIPO ADICIONAL (LLANTAS) $CLI=\$LI/HLI$	\$/hr	0.73
52	SUMA DE CARGOS CONSUMOS	\$/hr	10.99
53	III CARGOS POR OPERACIÓN		
54	A) OPERADOR: $CO=\$SMO/JET$	\$/hr	43.33
55	SUMA DE CARGOS POR OPERACIÓN	\$/hr	43.33
56	COSTO DIRECTO (CD)	\$/hr	61.04
57	COSTO INDIRECTO (CI): 30% DEL COSTO DIRECTO	\$/hr	18.312
58	SUMA COSTOS DIRECTOS + INDIRECTOS	\$/hr	79.35
59	UTILIDAD 10%(COSTO DIRECTO + COSTO INDIRECTO)	\$/hr	7.94
60	COSTO HORARIO	\$/hr	87.29

**PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO PARA LA AMPLIACIÓN
DE LA CAPACIDAD DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO
DE AGUA RESIDUAL DE LA INDUSTRIA ALIMENTICIA**

Num.	CONCEPTO	UNIDAD	DESCRIPCIÓN
1	MÁQUINA	S/U	COMPACTADORA (BAILARINA)
2	MARCA	S/U	MIKASA
3	MODELO	S/U	MT-745
4	AÑO	S/U	2006
5	FECHA DE COTIZACIÓN	S/U	Mar/2006
6	CARACTERÍSTICAS (CAPACIDAD O MEDIDAS)	S/U	MOTOR ROBIN A GASOLINA
7	DATOS ADICIONALES	S/U	BAILARINA
8	VALOR DE ADQUISICIÓN (\$Va)	\$	32,775
9	NÚMERO DE LLANTAS	Pza.	No Aplica
10	MEDIDA LLANTA	Pulg.	No Aplica
11	VALOR POR LLANTA	\$	No Aplica
12	VALOR JUEGO LLANTAS (\$LI)	\$	No Aplica
13	VALOR INICIAL (\$Vi) = (\$Va) - (\$LI)	\$	32,775
14	VALOR DE RESCATE (Vr) en %	%	10 %
15	VALOR DE RESCATE (\$Vr) = % (\$Va)	\$	3,277.50
16	VIDA ECONÓMICA EQUIPO (Ve)	años	1.5
17	HORAS EFECTIVAS POR AÑO (Ha)	hr*año	2,000
18	HORAS EFECTIVAS TOTALES Horas	horas	3,000
19	VIDA ECONÓMICA LLANTAS (HLI)	horas	No Aplica
20	FACTOR DE MANTENIMIENTO (Q)	%	100 %
21	TIPO MOTOR COMBUSTIBLE	S/U	GASOLINA
22	FACTOR COMBUSTIBLE DIESEL (FCD)	l*HP	0.20
23	FACTOR COMBUSTIBLE GASOLINA (FCG)	l*HP	0.24
24	POTENCIA NOMINAL MOTOR (PNM)	HP	3.5
25	FACTOR DE OPERACIÓN MÁQUINA (FOM)	%	80 %
26	POTENCIA DE OPERACIÓN MÁQUINA (POM)	HP	2.8
27	FACTOR SEGÚN POTENCIA MOTOR (FSP) => 100 HP	l*HP	0.0035
28	FACTOR SEGÚN POTENCIA MOTOR (FSP) < 100 HP	l*HP	0.0030
29	TASA INVERSIÓN ANUAL % (i)	%	20 %
30	PRIMA DE SEGURO (s)	%	3 %
31	CAPACIDAD CARTER (CC) = 0.06 * PNM	litros	0.21
32	HORAS CAMBIO LUBRICANTE (HCL)	horas	30
33	PRECIO COMBUSTIBLE DIESEL (\$CD)	\$/l	5.75
34	PRECIO COMBUSTIBLE GASOLINA (\$CG)	\$/l	6.76
35	PRECIO LUBRICANTE DIESEL (\$LD)	\$/l	38.00
36	PRECIO LUBRICANTE GASOLINA (\$LG)	\$/l	35.00
37	SALARIO REAL OPERADOR (\$SRO)	\$/Jor	142.65
38	SALARIO MERCADO OPERADOR (\$SMO)	\$/Jor	260.00
39	JORNADA DE TRABAJO (JT)	horas	8
40	FACTOR RENDIMIENTO OPERADOR	%	75 %
41	JORNADA EFECTIVA DE TRABAJO (JET)	horas	6
42	I CARGOS FIJOS		
43	A) DEPRECIACIÓN: $D=(Vi-Vr)/(Ve*hr*año)$	\$/hr	9.83
44	B) INVERSIÓN: $I= \{(Vi+Vr)/2*hr*año\}*i$	\$/hr	1.80
45	C) SEGURO: $S=\{(Vi+Vr)/2*hr*año\}*s$	\$/hr	0.27
46	D) MANTENIMIENTO: $M=\$D*(Q)$	\$/hr	9.83
47	SUMA DE CARGOS FIJOS:	\$/hr	21.73
48	II CARGOS POR CONSUMOS		
49	A) COMBUSTIBLES: $CC=FTC*PNM*FOM*$/l$	\$/hr	4.54
50	B) LUBRICANTES: $CL=(CC/HCL+FSP*PNM*FOM)*$/l$	\$/hr	0.54
51	C) EQUIPO ADICIONAL (LLANTAS) $CLI=\$LI/HLI$	\$/hr	0.00
52	SUMA DE CARGOS CONSUMOS	\$/hr	5.08
53	III CARGOS POR OPERACIÓN		
54	A) OPERADOR: $CO=\$SMO/JET$	\$/hr	43.33
55	SUMA DE CARGOS POR OPERACIÓN	\$/hr	43.33
56	COSTO DIRECTO (CD)	\$/hr	70.14
57	COSTO INDIRECTO (CI): 30% DEL COSTO DIRECTO	\$/hr	21.04
58	SUMA COSTOS DIRECTOS + INDIRECTOS	\$/hr	91.18
59	UTILIDAD 10%(COSTO DIRECTO + COSTO INDIRECTO)	\$/hr	9.12
60	COSTO HORARIO	\$/hr	100.30

CAPÍTULO V
PROGRAMACIÓN Y COSTOS

Num.	CONCEPTO	UNIDAD	DESCRIPCIÓN
1	MÁQUINA	S/U	VIBRADOR PARA CONCRETO
2	MARCA	S/U	CIPSA
3	MODELO	S/U	MV-K4-C4, RPM 3,600
4	AÑO	S/U	2006
5	FECHA DE COTIZACIÓN	S/U	Mar/2006
6	CARACTERÍSTICAS (CAPACIDAD O MEDIDAS)	S/U	MOTOR HONDA A GASOLINA
7	DATOS ADICIONALES	S/U	CHICOTE DE 4m Y CABEZAL DE 36 mm
8	VALOR DE ADQUISICIÓN (\$Va)	\$	8,625
9	NÚMERO DE LLANTAS	Pza.	No Aplica
10	MEDIDA LLANTA	Pulg.	No Aplica
11	VALOR POR LLANTA	\$	No Aplica
12	VALOR JUEGO LLANTAS (\$LI)	\$	No Aplica
13	VALOR INICIAL (\$Vi) = (\$Va) - (\$LI)	\$	8,625
14	VALOR DE RESCATE (Vr) en %	%	10 %
15	VALOR DE RESCATE (\$Vr) = % (\$Va)	\$	862.50
16	VIDA ECONÓMICA EQUIPO (Ve)	años	1.5
17	HORAS EFECTIVAS POR AÑO (Ha)	hr*año	2,000
18	HORAS EFECTIVAS TOTALES Horas	horas	3,000
19	VIDA ECONÓMICA LLANTAS (HLI)	horas	No Aplica
20	FACTOR DE MANTENIMIENTO (Q)	%	80 %
21	TIPO MOTOR COMBUSTIBLE	S/U	GASOLINA
22	FACTOR COMBUSTIBLE DIESEL (FCD)	l*HP	0.20
23	FACTOR COMBUSTIBLE GASOLINA (FCG)	l*HP	0.24
24	POTENCIA NOMINAL MOTOR (PNM)	HP	5.5
25	FACTOR DE OPERACIÓN MÁQUINA (FOM)	%	80 %
26	POTENCIA DE OPERACIÓN MÁQUINA (POM)	HP	5.5
27	FACTOR SEGÚN POTENCIA MOTOR (FSP) => 100 HP	l*HP	0.0035
28	FACTOR SEGÚN POTENCIA MOTOR (FSP) < 100 HP	l*HP	0.0030
29	TASA INVERSIÓN ANUAL % (i)	%	20 %
30	PRIMA DE SEGURO (s)	%	3 %
31	CAPACIDAD CARTER (CC) = 0.06 * PNM	litros	0.33
32	HORAS CAMBIO LUBRICANTE (HCL)	horas	100
33	PRECIO COMBUSTIBLE DIESEL (\$CD)	\$/l	5.75
34	PRECIO COMBUSTIBLE GASOLINA (\$CG)	\$/l	6.76
35	PRECIO LUBRICANTE DIESEL (\$LD)	\$/l	38.00
36	PRECIO LUBRICANTE GASOLINA (\$LG)	\$/l	35.00
37	SALARIO REAL OPERADOR (\$SRO)	\$/Jor	142.65
38	SALARIO MERCADO OPERADOR (\$SMO)	\$/Jor	260.00
39	JORNADA DE TRABAJO (JT)	horas	8
40	FACTOR RENDIMIENTO OPERADOR	%	75 %
41	JORNADA EFECTIVA DE TRABAJO (JET)	horas	6
42	I CARGOS FIJOS		
43	A) DEPRECIACIÓN: $D=(Vi-Vr)/(Ve*hr*año)$	\$/hr	2.59
44	B) INVERSIÓN: $I= \{(Vi+Vr)/2*hr*año\}*i$	\$/hr	0.47
45	C) SEGURO: $S=\{(Vi+Vr)/2*hr*año\}*s$	\$/hr	0.07
46	D) MANTENIMIENTO: $M=\$D*(Q)$	\$/hr	2.07
47	SUMA DE CARGOS FIJOS:	\$/hr	5.20
48	II CARGOS POR CONSUMOS		
49	A) COMBUSTIBLES: $CC=FTC*PNM*FOM*\$/l$	\$/hr	8.92
50	B) LUBRICANTES: $CL=(CC/HCL+FSP*PNM*FOM)*\$/l$	\$/hr	0.69
51	C) EQUIPO ADICIONAL (LLANTAS) $CLI=\$LI/HLI$	\$/hr	No Aplica
52	SUMA DE CARGOS CONSUMOS	\$/hr	9.61
53	III CARGOS POR OPERACIÓN		
54	A) OPERADOR: $CO=\$SMO/JET$	\$/hr	43.33
55	SUMA DE CARGOS POR OPERACIÓN	\$/hr	43.33
56	COSTO DIRECTO (CD)	\$/hr	58.14
57	COSTO INDIRECTO (CI): 30% DEL COSTO DIRECTO	\$/hr	17.44
58	SUMA COSTOS DIRECTOS + INDIRECTOS	\$/hr	75.58
59	UTILIDAD 10%(COSTO DIRECTO + COSTO INDIRECTO)	\$/hr	7.56
60	COSTO HORARIO	\$/hr	83.14

**PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO PARA LA AMPLIACIÓN
DE LA CAPACIDAD DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO
DE AGUA RESIDUAL DE LA INDUSTRIA ALIMENTICIA**

A manera de ejemplo ilustrativo se calcula el precio por metro lineal de un castillo con sección de 15 x 15 cm armado con 4 varillas del número 3 y estribos de alambón del número dos a cada 20 cm. El análisis se realiza integrando los costos básicos de la cimbra para castillos y el concreto al precio unitario y como ya se ha mencionado los precios utilizados son del año 2006 con la finalidad de hacer una actualización en el presupuesto. Se realiza en primer lugar el cálculo del costo básico de la cimbra, para lo cual se calcula la cimbra para un metro lineal de castillos de 15 cm de ancho y cimbrado por ambas caras, después se divide entre el área de contacto con el concreto y se obtiene la superficie útil de cimbra. El desglose de este cálculo se encuentra en la Tabla V.5 “Costo Básico de la Cimbra”.

TABLA V.5 “COSTO BÁSICO DE LA CIMBRA”

Concepto	Unidad	Cantidad	Costo	Importe
Materiales				
Duela 1" x 4" (25.4mm x 101.6mm)	PT ⁽¹⁾	0.94 ⁽²⁾	\$ 10.25	\$ 9.63
Barrote 1 ½" x 3" (38.1mm x 76.2mm)	PT	0.31 ⁽³⁾	\$ 10.25	\$ 3.18
Alambre recocado número18	kg	0.04	\$ 18.00	\$ 0.72
Clavo 1 ½" (38.1mm)	kg	0.02	\$ 40.00	\$ 0.80
Diesel	l	0.16	\$ 5.75	\$ 0.92
Suma				\$ 15.25
Mano de obra				
Carpintero de obra negra + Ayudante	jornal	0.083	\$ 385.71	\$ 32.01
Equipo y herramienta				
Herramienta	% MO	0.03	\$ 32.01	\$ 0.96
Costo básico por metro lineal y 15 cm de ancho:\$ 48.22				

FUENTE: Curso de Edificación, Luis Armando Díaz Infante de la Mora, Editorial Trillas, México (1995).

Costo básico por metro cuadrado de cimbra:

$$\text{Área total} = 0.30 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times 2 \text{ costados} = 0.60 \text{ m}^2$$

$$\text{Costo por metro cuadrado} = \$ 48.22 / 0.60 \text{ m}^2 = 80.37 \$/\text{m}^2$$

⁽¹⁾Pie tablón (PT): Es una unidad inglesa para medir la madera y equivale a 1"x1"x1". En México es frecuente usar una combinación híbrida de unidades, por lo que es conveniente disponer de un factor que permita obtener el resultado en pies tablón (PT) usando longitudes en sistema métrico y secciones en inglés. Un pie tablón en esta forma es igual a:

$$1"x1"x1" = 1"x1"x12 \times 0.305 \text{ m} = 1"x1"x 3.66 \text{ m},$$

$$\text{Cuyo factor es: } 1/(3.66 \text{ m/PT}) = 0.2732 \text{ PT/m}.$$

Ejemplo:

¿Cuántos Pies Tablón (PT) tiene un polín de 4"x4"x8'?

$$4"x4"x2.4 \text{ m} \times 0.2732 \text{ PT/m} = 10.5 \text{ PT}$$

⁽²⁾Cantidad de duela necesaria:

(2 costados x 3 piezas)

$$(2 \times 3 \times 1"x4"x1.00 \text{ m} \times 0.2732 \text{ PT/m}) / 7 \text{ usos} = 0.94 \text{ PT}$$

⁽³⁾Cantidad de barrote:

(con separación entre barrotes de 40 cm/m):

$$[(2.40 \text{ m} / 0.40 \text{ m}) + 1] / 2.40 \text{ m} = 2.9 \text{ Piezas/m}$$

$$(2 \text{ costados} \times 2.9 \text{ piezas} \times 1.5"x3"x0.30 \text{ m} \times 0.2732 \text{ PT/m} / 7 \text{ usos} = 0.31 \text{ PT}$$

FUENTE: Curso de Edificación, Luis Armando Díaz Infante de la Mora, Editorial Trillas, México (1995).

Al igual que para el costo básico de la cimbra se calculará el costo básico del concreto en donde se utilizará el costo horario de la revolvedora de un saco, el cual fue calculado con anterioridad, encostrándose este análisis en la Tabla V.6 "Costo Básico del Concreto".

Es importante hacer notar que para el costo básico del concreto, se considera para el caso del costo horario de la revolvedora, solo el costo directo; de no hacerlo así se estaría duplicando la utilidad, que ya fue considerada en el análisis del costo horario de la revolvedora al igual que el vibrador.

**PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO PARA LA AMPLIACIÓN
DE LA CAPACIDAD DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO
DE AGUA RESIDUAL DE LA INDUSTRIA ALIMENTICIA**

TABLA V.6 “COSTO BÁSICO DEL CONCRETO”

Concepto	Unidad	Cantidad	Costo	Importe
Materiales				
Cemento gris	kg	290.00	\$ 1.80	\$ 522.00
Arena	m ³	0.54	\$ 170.00	\$ 91.80
Grava	m ³	0.65	\$ 170.00	\$ 110.50
Agua	m ³	0.24	\$ 34.41	\$ 8.26
Suma				\$ 732.56
Mano de obra				
Operador con 3 peones	jornal	0.083 ⁽¹⁾	\$ 647.92 ⁽²⁾	\$ 53.78
Equipo y herramienta				
Revolvedora (1 saco)	\$/hora	0.67 ⁽³⁾	\$ 61.04	\$ 40.90
Herramienta	%	0.03 ⁽⁴⁾	\$ 88.94	\$ 2.66
Suma				\$ 97.34
Costo básico por m³:				\$ 829.90

FUENTE: Curso de Edificación, Luis Armando Díaz Infante de la Mora, Editorial Trillas, México (1995).
Costos del 2006

⁽¹⁾Rendimiento de personal:

$$1/(12\text{m}^3/\text{jornal}) = 0.083 \text{ jornal}/\text{m}^3$$

⁽²⁾Salario integrado de la cuadrilla:

$$\text{Operador: } \$ 214.29 \times 1.8623 (*) = \$ 399.07$$

$$\text{Peones: } 3 \times \$ 128.57 \times 1.9355 (*) = \$ 248.85$$

$$\text{Suma} = \$ 647.92$$

(*) 1.8623 y 1.9355: Factores de salario real

⁽³⁾Rendimiento de la revolvedora para 1 m³:

$1/(12\text{m}^3/8\text{h}) = 0.67 \text{ h}$; es decir: se necesita 0.67 de hora para elaborar 1 m³ de concreto.

⁽⁴⁾Herramienta:

Se considera 3 % de la mano de obra.

**TABLA V.7 “ANÁLISIS DEL PRECIO UNITARIO
DE UN CASTILLO DE 15 X 15 cm POR METRO LINEAL”**

Concepto	Unidad	Cantidad	Costo	Importe
Materiales				
Concreto f'c = 150 kg/cm ²	m ³	0.023 ⁽¹⁾	\$ 829.90	\$ 19.09
Acero reforzado número 3	kg	2.916 ⁽²⁾	\$ 9.10	\$ 26.54
Acero reforzado número 2	kg	0.84 ⁽³⁾	\$ 9.10	\$ 7.64
Alambre recocido número 18	kg	0.34	\$ 18.00	\$ 6.12
Suma				\$ 59.39
Mano de obra				
Oficial de albañilería de primera con ayudante	jornal	0.10	\$ 385.71	\$ 38.57
Equipo y herramienta				
Vibrador	\$/h	0.16	\$ 58.14	\$ 9.30
Herramienta	% MO	0.03	\$ 38.57	\$ 1.16
Suma				\$ 49.03
Varios				
Cimbra común	m ²	0.50	\$ 80.37	\$ 40.19
Costo Directo:				\$ 148.61
Costo Indirecto (30% CD):				\$44.58
Suma:				\$193.19
Utilidad 10% (CD + CI):				\$19.32
Precio Unitario:				\$ 212.51

FUENTE: Curso de Edificación, Luis Armando Díaz Infante de la Mora, Editorial Trillas, México (1995).

**PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO PARA LA AMPLIACIÓN
DE LA CAPACIDAD DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO
DE AGUA RESIDUAL DE LA INDUSTRIA ALIMENTICIA**

(1) Volumen de concreto:

$$V = 0.15 \times 0.15 \times 1.05^* = 0.023 \text{ m}^3/\text{m}$$

(2) Acero de refuerzo principal:

Se suponen castillos de 2.70 m de longitud

Se consideran dos dobleces de $(4d \times 3.1416) \times 0.25 + 12$ diámetros

$$c/u = 2.5 + 15 = 17.5 \text{ cm.}$$

Acero principal en peso:

$$\{4 \text{ var} \times [2.4 \text{ m} + 2(0.15 + 0.175 \text{ m})] \times 1.03^* \times 0.557 \text{ kg/m}\} / 2.4 \text{ m} = 2.916 \text{ kg/m}$$

(3) Acero en estribos:

Los estribos estarán a una separación de 20 cm.

Longitud del estribo = Sección exterior del castillo.

Longitud del castillo: 2.40 m.

El acero de los estribos dado en peso, será:

$$\{[1.0^{**} + (2.40 \text{ m} / 0.20 \text{ m}^{***})] \times 0.60 \text{ m}^{****} \times 0.251 \text{ kg/m} \times 1.03\} / 2.4 \text{ m} = 0.84 \text{ kg/m}$$

*Factor de desperdicio, **Por estribo extremo, ***Separación entre estribos,

****Longitud del estribo.

(4) Cimbra común en castillos:

Se consideran 5 cm a cada lado del castillo.

$$A = 2 \text{ costados} \times 0.25 \text{ m} = 0.50 \text{ m}^2/\text{m.}$$

A continuación se presenta el catálogo de precios unitarios para las siguientes estructuras:

- Tanque para Filtro Percolador.
- Tanque de Bombeo de Sedimentador a proceso Biológico.
- Base de desplante para equipo de Flotación por Aire Disuelto (Disolved Air Flotation DAF).

El cual esta basado en el catálogo de conceptos descrito anteriormente aumentado ahora con una columna, la cual corresponde al precio por unidad de obra que concierne a cada actividad o concepto.

Obra: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL				
CATÁLOGO DE PRECIOS UNITARIOS				
CODIGO	ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	P.U
TANQUE PARA FILTRO PERCOLADOR				
TAC0001	Demolición de piso de concreto armado de 0.20 a 0.25 cm de espesor: incluye, acarreo de material.	m ²	38.48	175.11
TAC0003	Trazo y nivelación topográfico del terreno, para estructuras estableciendo ejes y referencias para superficies menores de 300 m ² .	m ²	38.48	31.92
TAC0026	Excavación a mano en material tipo II en seco, para cepas hasta 2 m de profundidad, depositando el producto de excavación, a orilla de cepa.	m ³	30.79	155.65
TAC0005	Afine y compactación de terreno posterior a la excavación como preparación para recibir base hidráulica.	m ²	38.48	81.79
TAC0006	Relleno compactado al 90 % Proctor con equipo mecánico, para mejoramiento de terreno, utilizando material de banco o tepetate en capas de 20 cm de espesor incluye acarreo de material.	m ³	17.32	299.33
TAC0008	Plantilla de concreto hecho en obra resistencia normal agregado máximo ¾" (19 mm) f'c = 100 kg/cm ² de 5 cm de espesor.	m ²	38.48	191.61
TAC0009	Acarreo en camión de material suelto medido en camión; incluye carga mecánica y descarga a volteo.	m ³	40.02	160.43
TAC0076	Acarreo de material tipo I y II a una distancia horizontal de 100 m.	m ³	40.02	87.56
TAC0010	Habilitado y armado de acero de refuerzo en estructuras fy = 4,200 kg/cm ² , con varillas de 3/8" (10 mm) sin incluir ganchos, traslapes anclajes, desperdicios, silletas y acarreos.	ton	3.26	13,864.76
TAC0016	Habilitado y armado de cimbra aparente con triplay, en muros circulares, fronteras; incluyendo: cimbrado y descimbrado, suministro, colocación y acarreo de material.	m ²	326.13	323.73
TAC0017	Habilitado y armado de cimbra aparente con triplay, en chaflán; incluyendo descimbrado, suministro, colocación y acarreo de material.	m ²	4.09	350.00
TAC0071	Habilitado y armado de chaflán en corona de muro; incluyendo material, cimbrado y descimbrado, suministro, colocación y acarreo de material.	m	40.84	13,864.76
TAC0070	Cimbra a base de tubo de construcción forma columnas, incluye: cimbrado y descimbrado, suministro y colocación acarreo de material.	m	7.31	156.72

**PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO PARA LA AMPLIACIÓN
DE LA CAPACIDAD DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO
DE AGUA RESIDUAL DE LA INDUSTRIA ALIMENTICIA**

Obra: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL				
CATÁLOGO DE PRECIOS UNITARIOS				
CODIGO	ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	P.U
TANQUE PARA FILTRO PERCOLADOR				
TAC0019	Concreto premezclado resistencia normal, vaciado con bomba pluma f'c = 250 kg/cm ² , agregado máximo ¾" (19 mm) en muros, trabes y losas, incluye: vibrado, curado con curacreto y acarreo de material.	m ³	63.50	3,034.92
TAC0021	Pulido de losa-fondo a llana metálica con el fraguado natural del concreto, dando tiempo al endurecimiento del concreto.	m ²	30.19	35.56
TAC0022	Suministro y colocación de banda de PVC, tricolastic o similar en junta de colado de 6" (152 mm)	m	40.84	115.61
TAC0023	Descabezado de muro en junta de colado, sobre el nivel de la junta fría.	m	40.84	35.02
TAC0024	Resane e impermeabilización de detalles de la cimbra a base de Aquaplug y una mano de sellotex.	m ²	338.54	78.92
TAC0072	Suministro y colocación de tubo para carrete cedula 40, con placa de ¼" (6 mm), incluye material para su correcta terminación y acarreo.	pza	1	629.29
TAC0075	Colocación de anclas de acero para soporte de brazo distribuidor.	lote	1	215.23
TAC0077	Suministro y colocación de tubo de acero al carbón cédula 40, de 6" (152 mm) de diámetro, incluye; soldadura, mano de obra y acarreo de material	tramo	2	6,201.65
TAC0078	Suministro y colocación de codo de acero al carbón cédula 40, de 6" (152 mm) de diámetro incluye; soldadura, mano de obra y acarreo de material.	pza	1	1,010.19
TAC0079	Suministro y colocación de reducción de acero al carbón cédula 40, de 6" a 3" (152 mm a 76 mm) de diámetro, incluye; soldadura, mano de obra y acarreo de material.	pza	1	789.17
TANQUE DE BOMBEO DE SEDIMENTADOR A BIOLÓGICO				
TAC0001	Demolición de piso de concreto armado de 0.20 a 0.25 cm de espesor: incluye, acarreo de material.	m ²	19.36	175.11
TAC0003	Trazo y nivelación topográfico del terreno, para estructuras estableciendo ejes y referencias, para superficies menores de 300 m ² .	m ²	19.36	31.92
TAC0026	Excavación a mano en material tipo II en seco, para cepas hasta 2 m de profundidad depositando el producto de excavación, a orilla de cepa.	m ³	47.43	175.11

Obra: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL				
CATÁLOGO DE PRECIOS UNITARIOS				
CODIGO	ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	P.U
TANQUE DE BOMBEO DE SEDIMENTADOR A BIOLÓGICO				
TAC0005	Afine y compactación de terreno posterior a la excavación como preparación para recibir base hidráulica.	m ²	19.36	81.79
TAC0007	Relleno compactado al 90 %. Proctor con equipo mecánico con material producto de la excavación en capas de 20 cm de espesor incluye, acarreo de material	m ³	19.11	299.33
TAC0008	Plantilla de concreto hecho en obra resistencia normal, agregado máximo ¾" (19 mm) f'c = 100 kg/cm ² de 5 cm de espesor	m ²	12.25	191.61
TAC0009	Acarreo en camión de material suelto medido en camión; incluye carga mecánica y descarga a volteo.	m ³	36.82	160.43
TAC0076	Acarreo de material tipo I y II a una distancia horizontal de 100 m.	m ³	36.82	87.56
TAC0010	Habilitado y armado de acero de refuerzo en estructuras fy = 4,200 kg/cm ² , con varillas de 3/8" (10 mm) sin incluir ganchos, traslapes anclajes, desperdicios, silletas y acarreo.	Ton	0.54	13,864.76
TAC0011	Habilitado y armado de acero de refuerzo en estructuras fy = 4,200 kg/cm ² , con varillas de ½" (13 mm) sin incluir ganchos, traslapes anclajes, desperdicios, silletas y acarreo.	Ton	0.39	13,298.99
TAC0015	Habilitado y armado de cimbra aparente con triplay, en losa, muros, fronteras; incluyendo: descimbrado, suministro, colocación y acarreo de material.	m ²	71.81	323.73
TAC0017	Habilitado y armado de cimbra aparente con triplay, en chaflán; incluyendo descimbrado, suministro, colocación y acarreo de material.	m ²	4.45	350.00
TAC0019	Concreto premezclado resistencia normal, vaciado con bomba pluma f'c = 250 kg/cm ² , agregado máximo ¾" (19 mm) en muros, trabes y losas, incluye: vibrado, curado con curacreto y acarreo de material.	m ³	12.03	3,034.92
TAC0021	Pulido de losa-fondo a llana metálica con el fraguado natural del concreto, dando tiempo al endurecimiento, del concreto.	m ²	6.76	62.23
TAC0022	Suministro y colocación de banda de PVC, tricolastic o similar en junta de colado de 6" (152 mm).	m	12.40	128.92
TAC0023	Descabezado de muro en junta de colado, sobre el nivel de la junta fría.	m	12.40	35.02

**PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO PARA LA AMPLIACIÓN
DE LA CAPACIDAD DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO
DE AGUA RESIDUAL DE LA INDUSTRIA ALIMENTICIA**

Obra: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL				
CATÁLOGO DE PRECIOS UNITARIOS				
CODIGO	ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	P.U
TANQUE DE BOMBEO DE SEDIMENTADOR A BIÓLOGICO				
TAC0024	Resane e impermeabilización de detalles de la cimbra a base de Aquaplug y una mano de sellotex.	m ²	42.44	78.92
TAC0072	Suministro y colocación de tubo para carrete cédula 40, con placa de ¼" (6 mm) Incluye el material necesario para su correcta terminación y acarreo de material.	pza	1	629.29
TAC0037	Firme de concreto f'c = 150 kg/cm ² de 10 cm de espesor con concreto resistencia normal, agregado máximo ¾" (19 mm) fabricado en obra, reforzado con malla electro soldada 6:6/10 10 sin incluir acabado, acarreo de material.	m ²	7.80	251.27
BASE PARA EQUIPO DE FLOTACION POR AIRE DISUELTO				
TAC0001	Demolición de piso de concreto armado de 0.20 a 0.25 cm de espesor: incluye, acarreo de material.	m ²	24.00	175.11
TAC0003	Trazo y nivelación topográfico del terreno, para estructuras estableciendo ejes y referencias, para superficies menores de 300 m ² .	m ²	24.00	31.92
TAC0026	Excavación a mano en material tipo II en seco, para cepas hasta 2.00 m de profundidad depositando el producto de excavación a orilla de cepa.	m ³	7.20	175.11
TAC0008	Plantilla de concreto hecho en obra resistencia normal, agregado máximo ¾" (19 mm) f'c = 100 kg/cm ² de 5 cm de espesor.	m ²	19.24	191.61
TAC0009	Acarreo en camión de material suelto medido en camión; incluye carga mecánica y descarga a volteo.	m ³	9.36	160.43
TAC0076	Acarreo de material tipo I y II a una distancia horizontal de 100 m.	m ³	9.36	87.56
TAC0010	Habilitado y armado de acero de refuerzo en estructuras fy = 4,200 kg/cm ² de 3/8" de diámetro (10 mm) sin incluir ganchos, traslapes, anclaje, desperdicios, silletas y acarreos.	ton	0.39	13,864.76
TAC0011	Habilitado y armado de acero de refuerzo en estructuras fy = 4,200 kg/cm ² de ½" de diámetro, (13 mm) sin incluir ganchos, traslapes, anclaje, desperdicios, silletas y acarreos.	ton	0.10	13,298.99

Obra: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL				
CATÁLOGO DE PRECIOS UNITARIOS				
CODIGO	ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	P.U
BASE PARA EQUIPO DE FLOTACION POR AIRE DISUELTO				
TAC0015	Habilitado y armado de cimbra aparente, con triplay, en contratraves, fronteras; incluyendo descimbrado suministro y colocación acarreo de material.	m ²	11.96	323.73
TAC0020	Concreto premezclado resistencia normal, vaciado con bomba pluma f'c = 250 kg/cm ² , agregado máximo ¾" (19 mm) en contratraves y losa, incluye, vibrado y curado con curacreto, acarreo de material.	m ³	6.23	2,934.05
TAC0021	Pulido de losa a llana metálica con el fraguado natural del concreto, dando tiempo al endurecimiento, del concreto.	m ²	24.00	62.23
TAC0071	Habilitado y armado de chaflán en corona de muro; incluyendo material, cimbrado y descimbrado, suministro, colocación y acarreo de material.	m	22.00	49.07

V.4 PRESUPUESTO

Realizando una breve descripción acerca de los orígenes del Presupuesto se tiene que siempre ha existido en la mente de la humanidad la idea de presupuestar, lo demuestra el hecho de que los Egipcios hacían estimaciones para pronosticar los resultados de sus cosechas de trigo, con el objeto de prevenir los años de escasez, y que los romanos estimaban las posibilidades de pago de los pueblos conquistados, para exigirles el tributo correspondiente.

Sin embargo, no fue sino hasta fines del siglo XVIII cuando el Presupuesto comenzó a utilizarse como ayuda en la Administración Pública, al someterse el ministro de Finanzas de Inglaterra a la consideración del parlamento, sus planes de gastos para el período fiscal inmediato siguiente, incluyendo un resumen de gastos del año anterior, y un programa de impuestos y recomendaciones para su aplicación.

En 1820 Francia y otros países europeos: Adoptan un procedimiento de presupuesto para la base gubernamental.

PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO PARA LA AMPLIACIÓN DE LA CAPACIDAD DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL DE LA INDUSTRIA ALIMENTICIA

De 1912 a 1925 en Estados Unidos de América se inicia la evolución y madurez de los presupuestos, ya que la iniciativa privada comienza a observar que puede utilizar los presupuestos, para controlar mejor sus gastos, en concordancia con el rápido crecimiento económico y de las nuevas formas de organización propias de la creciente industria; aprobándose la ley del presupuesto nacional, y estableciéndolo como instrumento de la administración oficial.

Se inicia, ya en forma, la aplicación de un buen método de planeación empresarial cuya eficacia pronto se hizo patente, habiéndose integrado, con el correr del tiempo, un cuerpo doctrinal conocido como control presupuestal.

A partir de esta época se exportó de América a Europa, básicamente a Francia y Alemania.

En 1931 Aparece por primera vez en México, empresas de origen norteamericano, como la General Motors Company y después la Ford Motors Company, que establecieron la técnica presupuestal.

Dentro de la etimología se tiene que la palabra presupuesto se compone de dos raíces latinas:

pre = que significa antes de, o delante de y:

	Latín	Español
Suponer	facio	hacer
Supuesto	fictus	hecho o formando

Por lo tanto presupuesto significa antes de lo hecho.

Como concepto la palabra presupuesto es adoptada por la economía industrial, en donde se define como: “La técnica de planeación y predeterminación de cifras sobre bases estadísticas y apreciaciones de hechos y fenómenos aleatorios”.

Como herramienta de la Administración significa: “La estimación programada, en forma sistemática, de las condiciones de operación y de los resultados a obtener por un organismo, en un periodo determinado”.

Se tiene entonces que presupuesto es un conjunto de pronósticos referentes a un período precisado.

Para elaborar un presupuesto lo primero es tener el plano a escala (no una reducción ni ampliación), y con la ayuda de un escalímetro tomar todas las

medidas necesarias que luego serán corroboradas en obra para su respectiva cuantificación de volúmenes de obra. Posteriormente se tendrán a la mano los costos necesarios de los proveedores que participarán en la construcción o remodelación de la planta de tratamiento.

También es necesario definir los elementos que conforman un presupuesto, siendo uno de ellos, las partidas (nombre que designa las distintas etapas de una obra).

Las partidas permiten la organización y formación de una idea del costo aproximado de la obra.

En cada partida, se tomarán en cuenta los siguientes elementos:

- Costo de mano de obra.
- Costo de materiales.
- Cuantificación de volúmenes de obra.

Costo de mano de obra: en este punto se considera el costo del trabajo que realizan los diferentes trabajadores que intervienen en una determinada obra, ya sea ésta parcial o total.

Costo de materiales: es el factor más importante, pues implica entre el 55 % y 70 % del costo total de la obra. Un adecuado control en la compra y en el consumo de los materiales marca la diferencia entre la rentabilidad y la pérdida. En el momento de escoger a los proveedores con quienes se trabajará, se debe considerar la garantía que pueda ofrecer el establecimiento o la persona elegida. Éstos deben disponer de suficiente abasto de los materiales necesarios; unidades de transporte para trasladar el material a la obra sin que ello signifique un costo adicional, e incluso brindar cierto tipo de financiamiento en caso de ser requerido.

Cuantificación de volúmenes de obra: es el análisis cuantitativo de lo que se desea presupuestar. La unidad de medida variará según las partidas. Las cantidades han de ser lo más exactas posibles. Esto facilitará saber cuanto cuesta la obra.

Para la obtención del presupuesto se agregará la columna de importe al catálogo de precios unitarios, la cual es el resultado del producto del precio unitario y la cantidad, quedando como se muestra en las siguientes tablas, el presupuesto lo

**PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO PARA LA AMPLIACIÓN
DE LA CAPACIDAD DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO
DE AGUA RESIDUAL DE LA INDUSTRIA ALIMENTICIA**

tendremos al sumar el total de las partidas del Tanque para el Filtro Percolador, el Tanque de Bombeo de Sedimentador a Reactor Biológico y la base para el desplante del equipo de Flotación por Aire Disuelto (Disolved Air Flotation DAF).

Obra: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL					
PRESUPUESTO					
CODIGO	ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE
TANQUE PARA FILTRO PERCOLADOR					
TAC0001	Demolición de piso de concreto armado de 0.20 a 0.25 cm de espesor: incluye, acarreo de material.	m ²	38.48	175.11	6,738.23
TAC0003	Trazo y nivelación topográfico del terreno, para estructuras estableciendo ejes y referencias para superficies menores de 300 m ² .	m ²	38.48	31.92	1,228.28
TAC0026	Excavación a mano en material tipo II en seco, para cepas hasta 2 m de profundidad, depositando el producto de excavación, a orilla de cepa.	m ³	30.79	155.65	4,792.46
TAC0005	Afine y compactación de terreno posterior a la excavación como preparación para recibir base hidráulica.	m ²	38.48	81.79	3,147.28
TAC0006	Relleno compactado al 90 % Proctor con equipo mecánico, para mejoramiento de terreno, utilizando material de banco o tepetate en capas de 20 cm de espesor incluye acarreo de material.	m ³	17.32	299.33	5,184.40
TAC0008	Plantilla de concreto hecho en obra resistencia normal agregado máximo ¾" (19 mm) f'c = 100 kg/cm ² . de 5 cm de espesor.	m ²	38.48	191.61	7,373.15
TAC0009	Acarreo en camión de material suelto medido en camión; incluye carga mecánica y descarga a volteo.	m ³	40.02	160.43	6,420.41
TAC0076	Acarreo de material tipo I y II a una distancia horizontal de 100 m.	m ³	40.02	87.56	3,504.15
TAC0010	Habilitado y armado de acero de refuerzo en estructuras fy = 4,200 kg/cm ² , con varillas de 3/8" (10 mm) sin incluir ganchos, traslapes anclajes, desperdicios, silletas y acarreos.	ton	3.26	13,864.76	45,199.12
TAC0016	Habilitado y armado de cimbra aparente con triplay, en muros circulares, fronteras; incluyendo: cimbrado y descimbrado, suministro, colocación y acarreo de material.	m ²	326.13	323.73	105,578.06
TAC0017	Habilitado y armado de cimbra aparente con triplay, en chaflán; incluyendo descimbrado, suministro, colocación y acarreo de material.	m ²	4.09	350.00	1,431.50
TAC0071	Habilitado y armado de chaflán en corona de muro; incluyendo material, cimbrado y descimbrado, suministro, colocación y acarreo de material.	m	40.84	49.07	2,004.02
TAC0070	Cimbra a base de tubo de construcción forma columnas, incluye: cimbrado y descimbrado, suministro y colocación acarreo de material.	m	7.31	156.72	1,145.62
TAC0019	Concreto premezclado resistencia normal, vaciado con bomba pluma f'c = 250 kg/cm ² , agregado máximo ¾" (19 mm) en muros, trabes y losas, incluye: vibrado, curado con curacreto y acarreo de material.	m ³	63.50	3,034.92	192,717.42

Obra: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL					
PRESUPUESTO					
CODIGO	ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE
TANQUE PARA FILTRO PERCOLADOR					
TAC0021	Pulido de losa-fondo a llana metálica con el fraguado natural del concreto, dando tiempo al endurecimiento del concreto.	m ²	30.19	35.56	1,073.56
TAC0022	Suministro y colocación de banda de PVC, tricolastic o similar en junta de colado de 6" (152 mm)	m	40.84	115.61	4,721.51
TAC0023	Descabezado de muro en junta de colado, sobre el nivel de la junta fría.	m	40.84	35.02	1,430.22
TAC0024	Resane e impermeabilización de detalles de la cimbra a base de Aquaplug y una mano de sellotex.	m ²	338.54	78.92	26,717.58
TAC0072	Suministro y colocación de tubo para carrete cédula 40, con placa de ¼" (6 mm), incluye material para su correcta terminación y acarreo.	pza	1	629.29	629.29
TAC0075	Colocación de anclas de acero para soporte de brazo distribuidor.	lote	1	215.23	215.23
TAC0077	Suministro y colocación de tubo de acero al carbón cédula 40, de 6" (152 mm) de diámetro, incluye; soldadura, mano de obra y acarreo de material	tramo	2	6,201.65	12,403.30
TAC0078	Suministro y colocación de codo de acero al carbón cédula 40, de 6" (152 mm) de diámetro incluye; soldadura, mano de obra y acarreo de material.	pza	1	1,010.19	1,010.19
TAC0079	Suministro y colocación de reducción de acero al carbón cédula 40, de 6" a 3" (152 mm a 76 mm) de diámetro, incluye; soldadura, mano de obra y acarreo de material.	pza	1	789.17	789.17
TOTAL TANQUE PARA FILTRO PERCOLADOR					435,454.15
TANQUE DE BOMBEO DE SEDIMENTADOR A BIOLÓGICO					
TAC0001	Demolición de piso de concreto armado de 0.20 a 0.25 cm de espesor: incluye, acarreo de material.	m ²	19.36	175.11	3,390.13
TAC0003	Trazo y nivelación topográfico del terreno, para estructuras estableciendo ejes y referencias, para superficies menores de 300 m ² .	m ²	19.36	31.92	617.97
TAC0026	Excavación a mano en material tipo II en seco, para cepas hasta 2 m de profundidad depositando el producto de excavación, a orilla de cepa.	m ³	47.43	175.11	8,305.47
TAC0005	Afine y compactación de terreno posterior a la excavación como preparación para recibir base hidráulica.	m ²	19.36	81.79	1,583.45
TAC0007	Relleno compactado al 90 % Proctor con equipo mecánico con material producto de la excavación en capas de 20 cm de espesor incluye, acarreo de material	m ³	19.11	299.33	5,720.20
TAC0008	Plantilla de concreto hecho en obra resistencia normal, agregado máximo ¾" (19 mm) f'c = 100 kg/cm ² de 5 cm de espesor	m ²	12.25	191.61	2,347.22
TAC0009	Acarreo en camión de material suelto medido en camión; incluye carga mecánica y descarga a volteo.	m ³	36.82	160.43	5,907.03
TAC0076	Acarreo de material tipo I y II a una distancia horizontal de 100 m.	m ³	36.82	87.56	3,223.96

**PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO PARA LA AMPLIACIÓN
DE LA CAPACIDAD DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO
DE AGUA RESIDUAL DE LA INDUSTRIA ALIMENTICIA**

Obra: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL					
PRESUPUESTO					
CODIGO	ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE
TANQUE DE BOMBEO DE SEDIMENTADOR A BIOLOGICO					
TAC0010	Habilitado y armado de acero de refuerzo en estructuras $f_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$, con varillas de 3/8" (10 mm) sin incluir ganchos, traslapes anclajes, desperdicios, silletas y acarreo.	ton	0.54	13,864.76	7,486.97
TAC0011	Habilitado y armado de acero de refuerzo en estructuras $f_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$, con varillas de 1/2" (13 mm) sin incluir ganchos, traslapes anclajes, desperdicios, silletas y acarreo.	ton	0.39	13,298.99	5,186.61
TAC0015	Habilitado y armado de cimbra aparente con triplay, en losa, muros, fronteras; incluyendo: descimbrado, suministro, colocación y acarreo de material.	m ²	71.81	323.73	23,247.05
TAC0017	Habilitado y armado de cimbra aparente con triplay, en chafflán; incluyendo descimbrado, suministro, colocación y acarreo de material.	m ²	4.45	350.00	1,557.50
TAC0019	Concreto premezclado resistencia normal, vaciado con bomba pluma $f_c = 250 \text{ kg/cm}^2$, agregado máximo 3/4" (19 mm) en muros, trabes y losas, incluye: vibrado, curado con curacreto y acarreo de material.	m ³	12.03	3,034.92	36,510.09
TAC0021	Pulido de losa-fondo a llana metálica con el fraguado natural del concreto, dando tiempo al endurecimiento, del concreto.	m ²	6.76	62.23	420.67
TAC0022	Suministro y colocación de banda de PVC, tricolastic o similar en junta de colado de 6" (152 mm)	m	12.40	128.92	1,598.61
TAC0023	Descabezado de muro en junta de colado, sobre el nivel de la junta fría.	m	12.40	35.02	434.25
TAC0024	Resane e impermeabilización de detalles de la cimbra a base de Aquaplug y una mano de sellotex.	m ²	42.44	78.92	3,349.36
TAC0072	Suministro y colocación de tubo para carrete célula 40, con placa de 1/4" (6 mm) Incluye el material necesario para su correcta terminación y acarreo de material.	pza	1	629.29	629.29
TAC0037	Firme de concreto $f_c = 150 \text{ kg/cm}^2$ de 10 cm de espesor con concreto resistencia normal, agregado máximo 3/4" (19 mm) fabricado en obra, reforzado con malla electro soldada 6:6/10 10 sin incluir acabado, acarreo de material.	m ²	7.80	251.27	1,959.91
TOTAL TANQUE DE BOMBEO DE SEDIMENTADOR A BIOLOGICO					113,475.74
BASE PARA EQUIPO DE FLOTACION POR AIRE DISUELTO (DISOLVED AIR FLOTATION DAF)					
TAC0001	Demolición de piso de concreto armado de 0.20 a 0.25 cm de espesor: incluye, acarreo de material.	m ²	24.00	175.11	4,202.64
TAC0003	Trazo y nivelación topográfico del terreno, para estructuras estableciendo ejes y referencias, para superficies menores de 300 m ² .	m ²	24.00	31.92	766.08
TAC0026	Excavación a mano en material tipo II en seco, para cepas hasta 2.00 m de profundidad depositando el producto de excavación a orilla de cepa.	m ³	7.20	175.11	1,260.79
TAC0008	Plantilla de concreto hecho en obra resistencia normal, agregado máximo 3/4" (19 mm) $f_c = 100 \text{ kg/cm}^2$ de 5 cm de espesor.	m ²	19.24	191.61	3,686.58

Obra: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL					
PRESUPUESTO					
CODIGO	ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE
BASE PARA EQUIPO DE FLOTACION POR AIRE DISUELTO (DISOLVED AIR FLOTATION DAF)					
TAC0009	Acarreo en camión de material suelto medido en camión; incluye carga mecánica y descarga a volteo.	m ³	9.36	160.43	1,501.62
TAC0076	Acarreo de material tipo I y II a una distancia horizontal de 100 m.	m ³	9.36	87.56	819.56
TAC0010	Habilitado y armado de acero de refuerzo en estructuras fy = 4,200 kg/cm ² de 3/8" de diámetro (10 mm) sin incluir ganchos, traslapes, anclaje, desperdicios, silletas y acarreo.	ton	0.39	13,864.76	5,407.26
TAC0011	Habilitado y armado de acero de refuerzo en estructuras fy = 4,200 kg/cm ² de 1/2" de diámetro, (13 mm) sin incluir ganchos, traslapes, anclaje, desperdicios, silletas y acarreo.	ton	0.10	13,298.99	1,329.90
TAC0015	Habilitado y armado de cimbra aparente, con triplay, en contratrabes, fronteras; incluyendo descimbrado suministro y colocación acarreo de material.	m ²	11.96	323.73	3,871.81
TAC0020	Concreto premezclado resistencia normal, vaciado con bomba pluma f'c = 250 kg/cm ² , agregado máximo 3/4" (19 mm) en contratrabes y losa, incluye, vibrado y curado con curacreto, acarreo de material.	m ³	6.23	2,934.05	18,279.13
TAC0021	Pulido de losa a llana metálica con el fraguado natural del concreto, dando tiempo al endurecimiento, del concreto.	m ²	24.00	62.23	1,493.52
TAC0071	Habilitado y armado de chaflán en corona de muro; incluyendo material, cimbrado y descimbrado, suministro, colocación y acarreo de material.	m	22.00	49.07	1,079.54
TOTAL BASE PARA EQUIPO DE FLOTACION POR AIRE DISUELTO (DISOLVED AIR FLOTATION DAF)					43,698.43

RESUMEN DEL PRESUPUESTO:

Total Tanque para Filtro Percolador	Subtotal	\$435,454.15
Total Tanque de Bombeo de Sedimentador a Biológico	Subtotal	\$113,475.74
Total Base para equipo de Flotación por Aire Disuelto (Disolved Air Flotation DAF)	Subtotal	\$43,698.43
	TOTAL	\$592,628.32

Se hace énfasis que este presupuesto corresponde solamente a las estructuras mencionadas anteriormente y se aclara que los precios utilizados son del 2006 con la finalidad de hacer una actualización en el presupuesto.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES

Como en cualquier obra de Ingeniería, la construcción de la ampliación de la planta de tratamiento presenta una serie de dificultades a las que tienen que hacer frente los ingenieros constructores, es por eso la importancia de realizar estudios y análisis que permitan anticipar las complicaciones durante el desarrollo de la obra y buscarles solución de manera correcta. Debido a la situación económica que se presenta en la República Mexicana hoy en día no da lugar a errores considerables en cuanto al uso del capital de ahí la importancia de la selección precisa de maquinaria, equipo de construcción y la planeación correcta de la construcción.

El uso irracional del agua potable por la acción del ser humano ha causado la contaminación de los cuerpos de agua natural, llevando a la necesidad de buscar alternativas para combatir la contaminación del agua mediante procesos especializados de tratamiento de agua residual y así al mismo tiempo poder combatir la escasez del agua, de esta manera con el tratamiento del agua residual se pretende evitar el impacto ambiental adverso a los medios circundantes como los cuerpos de agua receptores, por otra parte la puesta en marcha del proyecto de la ampliación de la capacidad de la planta de tratamiento de agua residual de la industria alimenticia que se esta tratando en este tema de Tesis no necesita de la elaboración del estudio de impacto ambiental para presentarse ante las autoridades de acuerdo a la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental (LGEEPA) como se mencionó en el Capítulo II Impacto Ambiental de acuerdo al artículo 6° de la LGEEPA el cual dice que no requerirán de la autorización en materia de impacto ambiental para la ampliación de proyectos que cuenten con la autorización previa ó cuando no requiriera de esta, que las acciones a realizar no tengan que ver con el proceso de producción y que la ampliación no sea en zona urbana, ya que el proyecto de la ampliación de la capacidad de la planta de tratamiento de agua residual cumple con los requisitos antes mencionados, por lo que queda exenta de realizar un estudio de

impacto ambiental, el proyecto de la ampliación de la capacidad de tratamiento de la planta contribuirá a evitar que se descargue agua residual cruda al cuerpo receptor de acuerdo con las Normas Ecológicas Vigentes (NOM-ECOL-001, NOM-ECOL-002 y NOM-ECOL-003) y como ya se ha hecho mención principalmente se tienen como acciones de mitigación que el 20 % del volumen agua tratada por la planta se empleará para la limpieza de los patios de la planta de tratamiento y para el riego de áreas verdes de la planta de producción alimenticia, con estas acciones se reduce el volumen empleado de agua potable en los procesos que no requieren de agua con la calidad de consumo humano, siendo así el 80 % restante del volumen tratado se vierte al cuerpo receptor bajo los límites máximo permisibles.

El aprovechamiento de las instalaciones existentes para la ampliación de la planta de tratamiento de agua residual, es fundamental para reducir los costos de inversión, además de facilitar la operación por la cercanía entre los equipos existentes y los nuevos. Por otro lado, al cumplir con la normatividad vigente de descarga de agua residual al cuerpo receptor, se asegura la continuidad de la conciencia ética y moral de trabajar como industria limpia y la reducción de gastos generados anualmente por el pago de multas a la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) y por consiguiente evitar el cierre de la industria alimenticia que se está analizando.

El procedimiento constructivo para la ampliación de la capacidad de la planta de tratamiento de agua residual se describe el procedimiento para la construcción de las tres estructuras que servirán para esta ampliación, que son:

- 1) El filtro percolador que dará tratamiento biológico al agua residual.
- 2) La base para soportar el equipo de Flotación por Aire Disuelto (Disolved Air Flotation DAF) usado en la separación de grasas.
- 3) El tanque de bombeo que permite mover el flujo de agua en el tren de tratamiento. Como las tres estructuras son de concreto reforzado, el procedimiento constructivo es el mismo en las partes correspondientes, solamente con variaciones debido al tamaño de los elementos.

De las necesidades de cada una de las estructuras se procedió al modelado de las estructuras para el cálculo estructural. El cálculo estructural se llevó a cabo con el

programa de cómputo denominado Computación para Análisis y Diseño de Sistemas Estructurales (CADSE) (que por no considerarse dentro de los alcances de esta tesis, no se profundiza en su desarrollo), con resultados analizados, tanto por el responsable del cálculo como de la ejecución de la obra (Director Responsable de Obra DRO). Tomando como base estos resultados y con la aprobación del ingeniero estructurista, se diseñan los planos estructurales que indican las especificaciones de los materiales y la forma en que se va a construir cada estructura.

En la cimentación de las tres estructuras que se tratan en el Capítulo IV Procedimiento Constructivo, se decidió el empleo de losas de cimentación para optimizar y uniformizar la transmisión de esfuerzos de las cargas de la estructura al suelo. Adicionalmente, se trataron con amplitud los temas de Cimentación y Diseño estructural para ayudar a la comprensión de estos temas, conceptos de suma importancia en el proceso constructivo.

Las especificaciones de los materiales empleados en la construcción de las estructuras complementarias del tren de actividades de tratamiento de la planta se pueden consultar en los planos estructurales del Anexo “A” Planos.

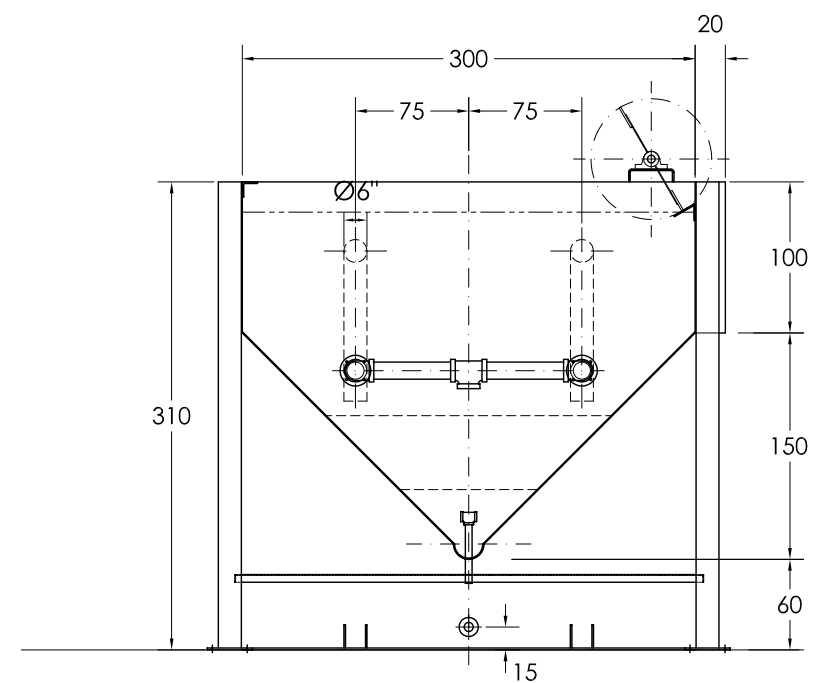
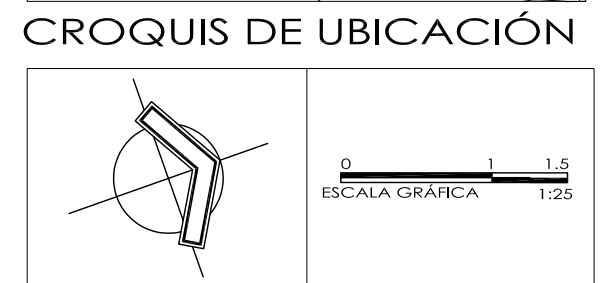
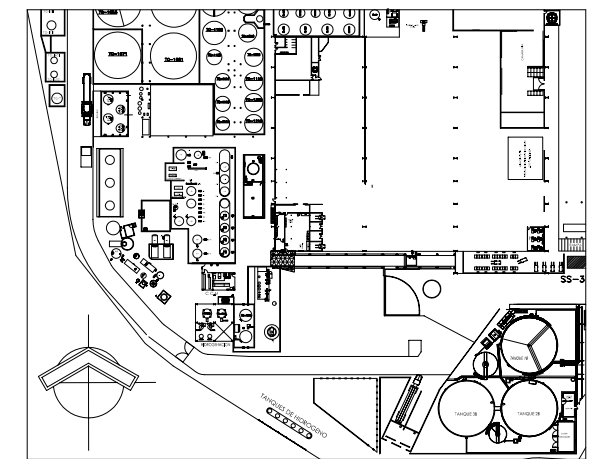
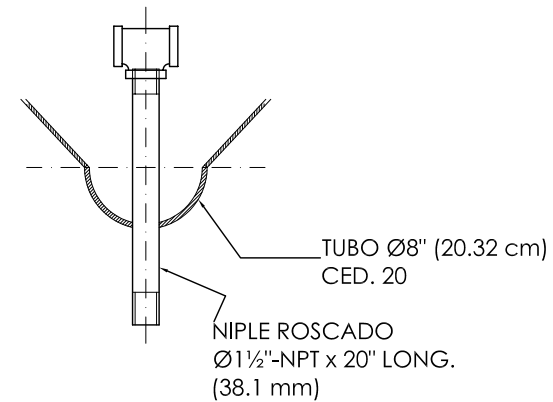
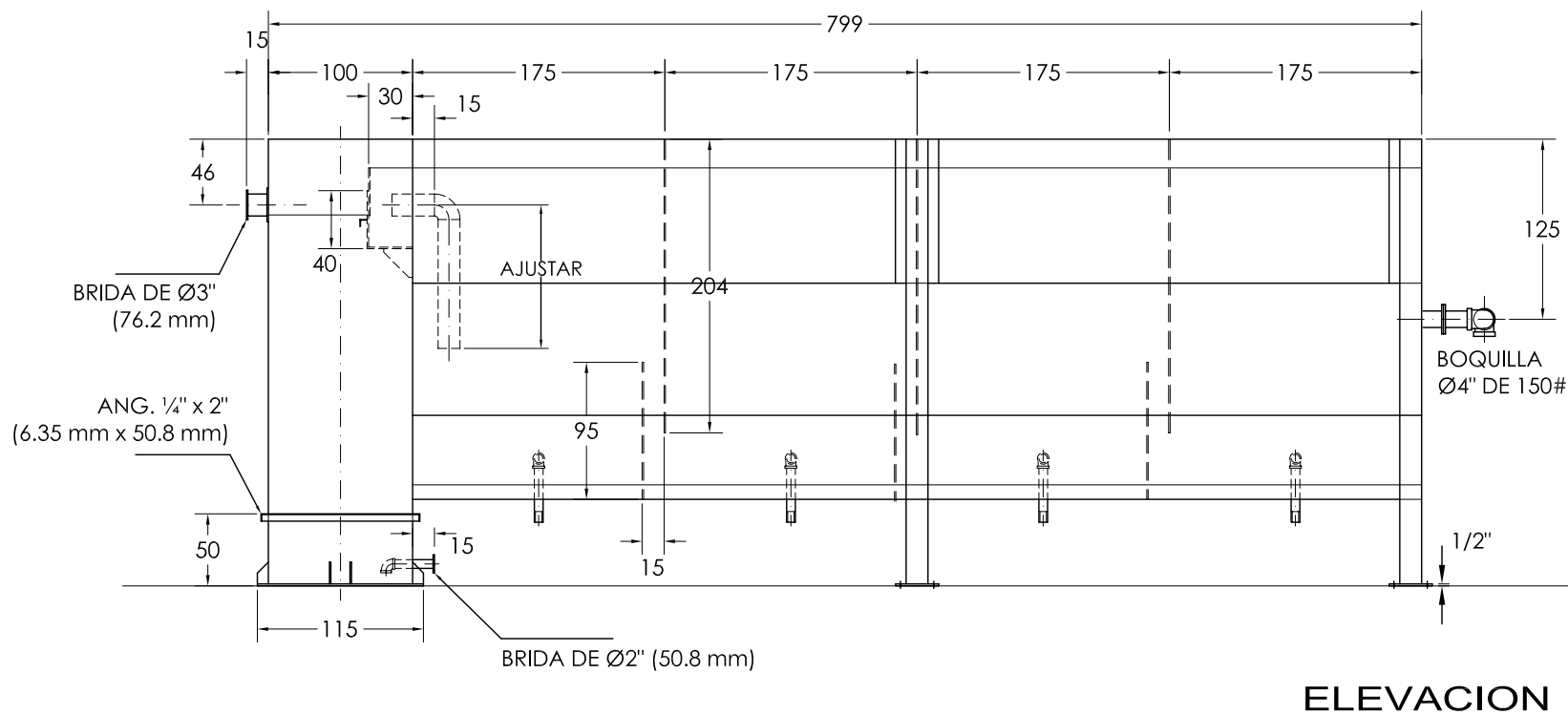
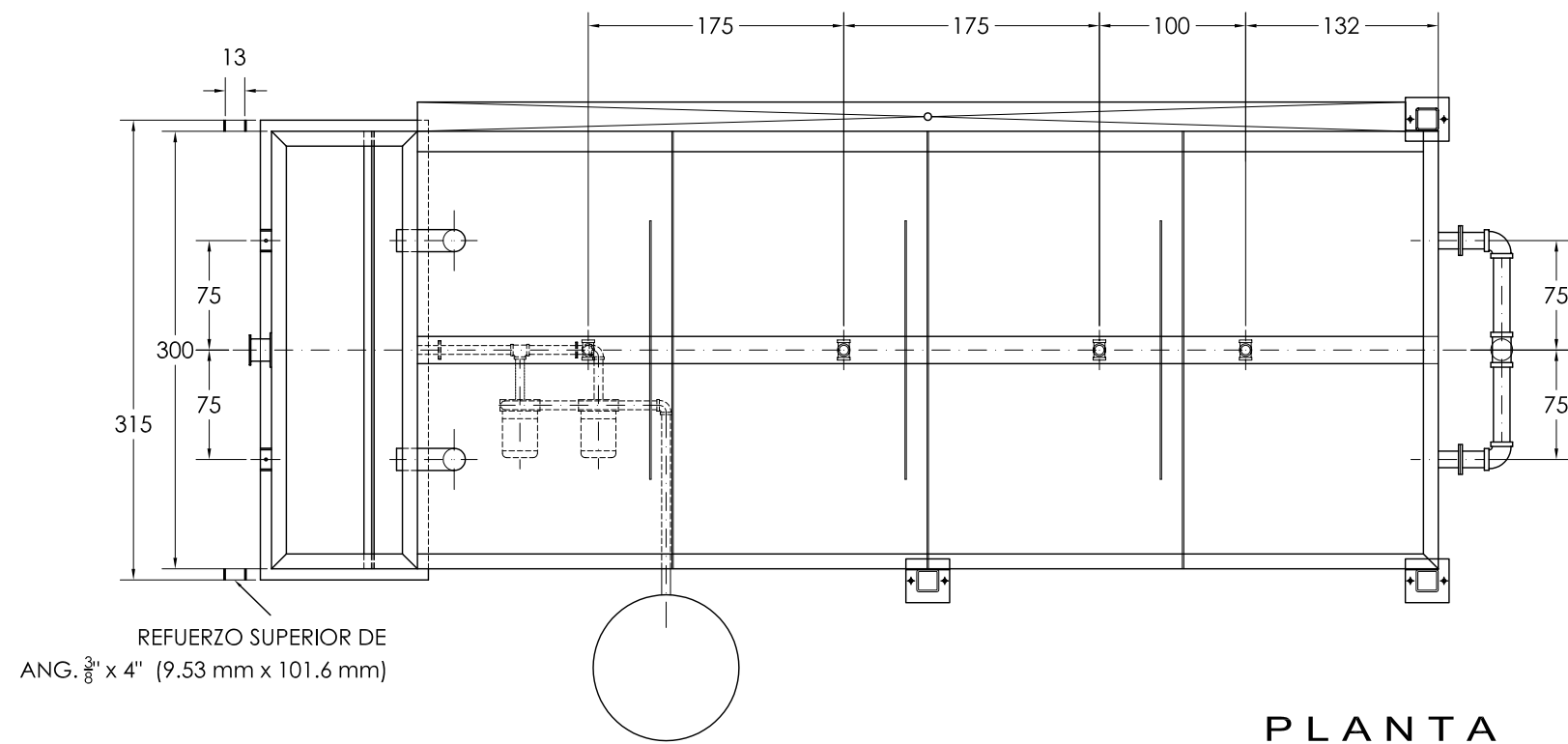
La importancia del proceso constructivo radica en que manifiesta la secuencia de la elaboración de los trabajos para la construcción de las estructuras de la planta de tratamiento, esto a su vez, auxilia en la elaboración de los presupuestos y los programas de obra.

Finalmente el presupuesto de **\$592,628.32** que corresponde a la cantidad de dinero que es necesario para llevar a cabo las actividades trazadas, que obligan a pensar rigurosamente sobre las consecuencias de la programación de actividades, las decisiones tomadas en la programación impactarán directamente al costo total de la obra, como es sabido una de las virtudes con que debe contar un ingeniero es el hacer más con menos y que mejor que reflejar esto desde la planeación, en donde se determinó la mejor opción para el “Procedimiento Constructivo para la Ampliación de la Capacidad de una Planta de Tratamiento de Agua Residual de la Industria Alimenticia” con la finalidad asegurar que toda el agua residual que se genera de la producción de alimentos reciba tratamiento.

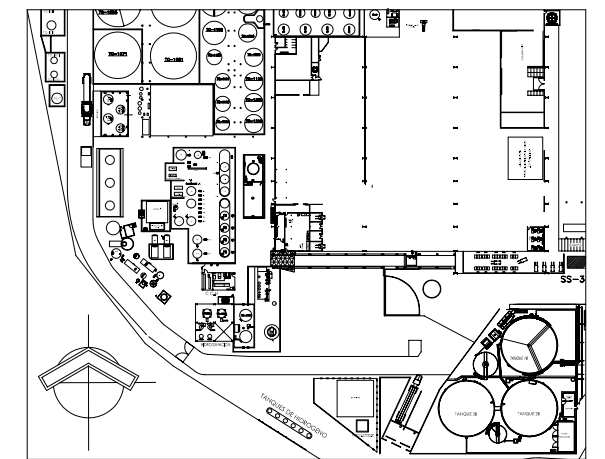
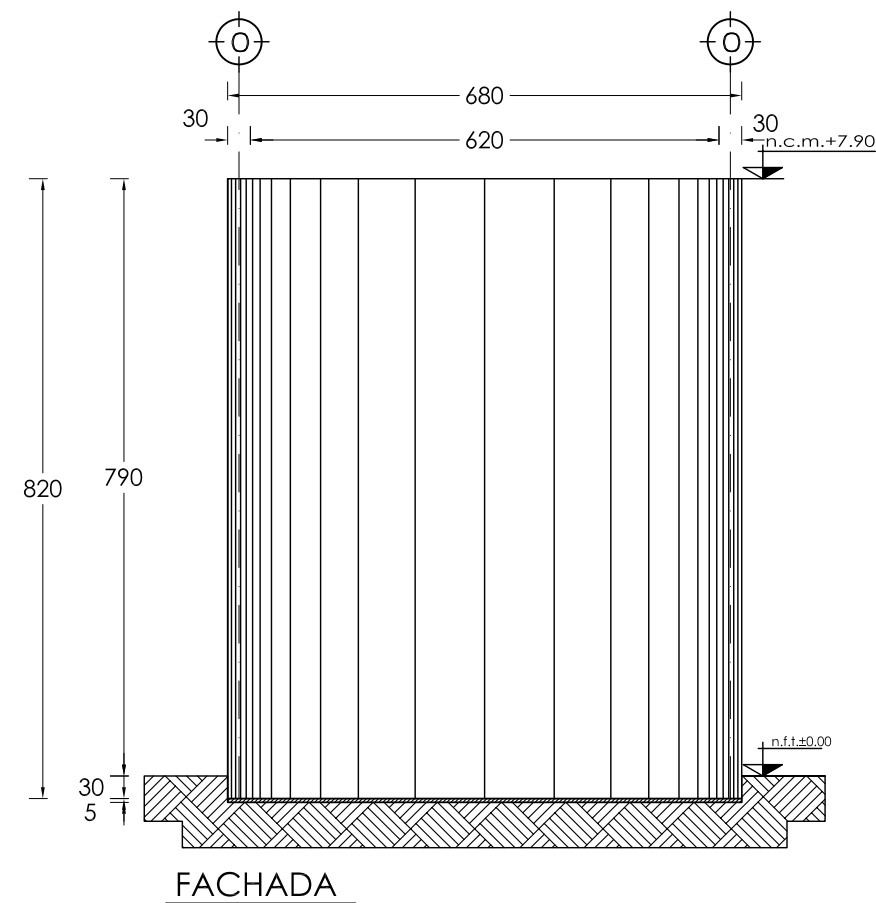
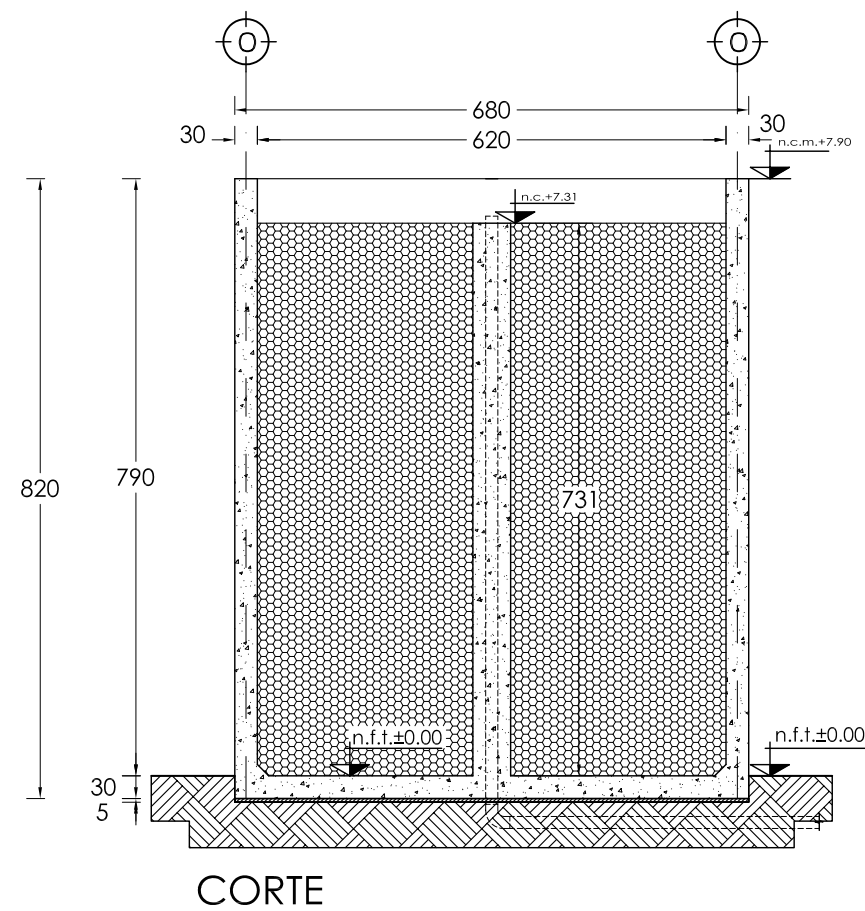
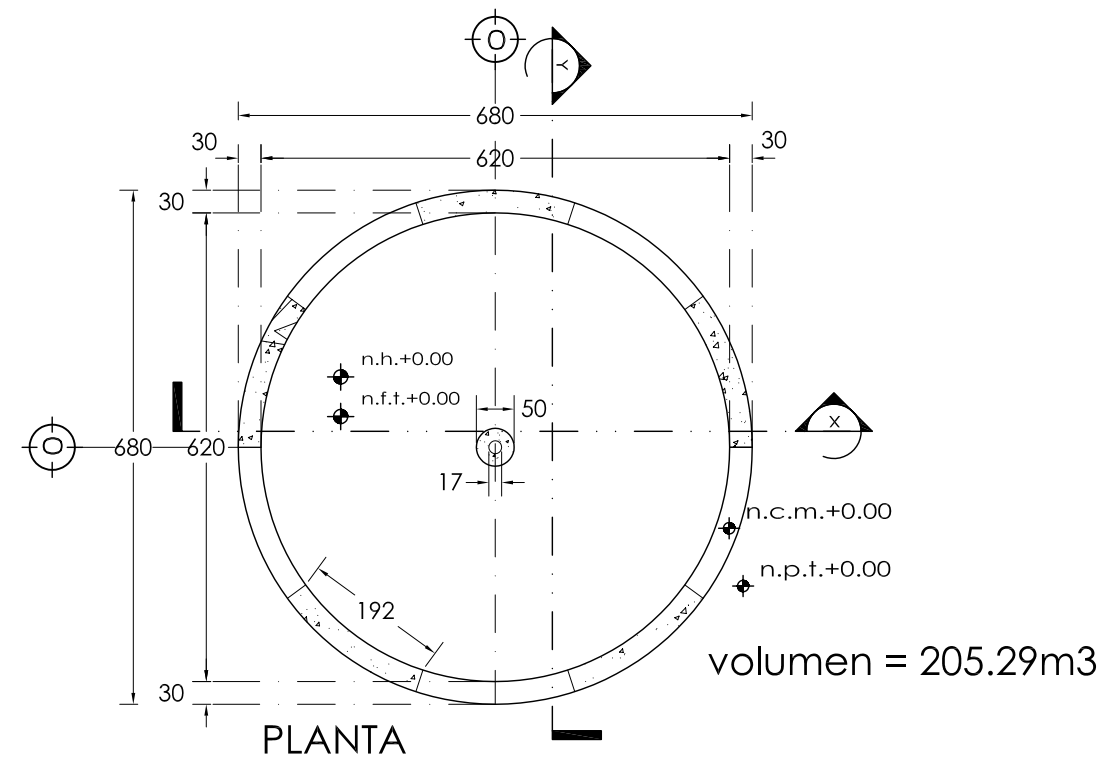
ANEXOS

ANEXO “A”

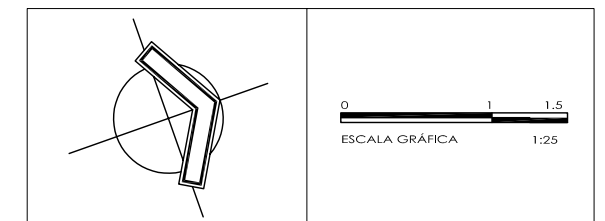
PLANOS



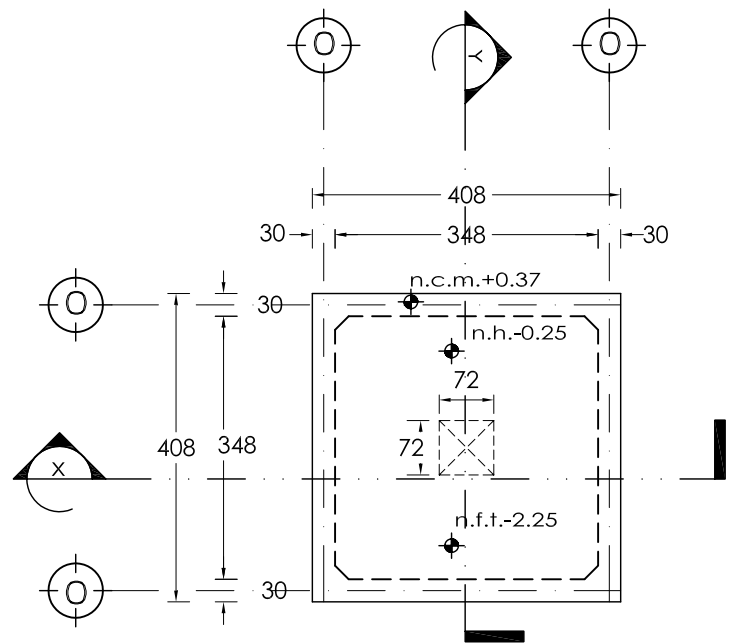
	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO FACULTAD DE INGENIERÍA	
	PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO PARA LA AMPLIACIÓN DE LA CAPACIDAD DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL DE LA INDUSTRIA ALIMENTICIA	
PLANO: ARQUITECTÓNICO, EQUIPO DE FLOTACIÓN CON AIRE DISUELTO (DISOLVED AIR FLOTATION DAF)		clave: A-01
Cortés Martínez Juan Carlos Medellín Santín Jorge Esteban Ordóñez Lago José Emilio Santiago Vargas Jorge		fecha Abril 2007
		plano No. 01 de 06



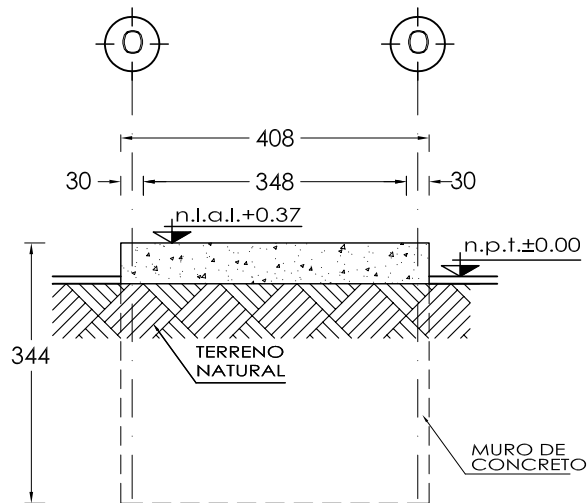
CROQUIS DE UBICACIÓN



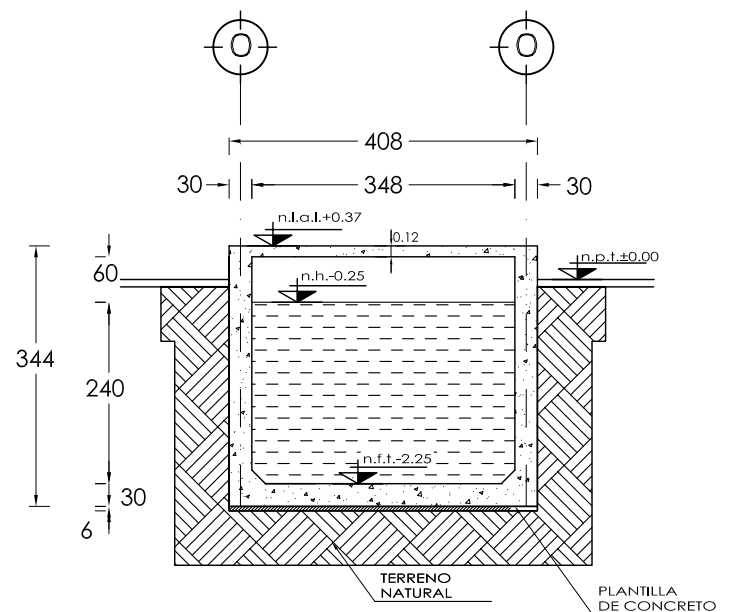
	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO FACULTAD DE INGENIERÍA	
	PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO PARA LA AMPLIACIÓN DE LA CAPACIDAD DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL DE LA INDUSTRIA ALIMENTICIA	
PLANO: ARQUITECTÓNICO, FILTRO PERCOLADOR		clave: A-02
Cortés Martínez Juan Carlos Medellín Santín Jorge Esteban Ordóñez Lago José Emilio Santiago Vargas Jorge		fecha Abril 2007
		02 de 06



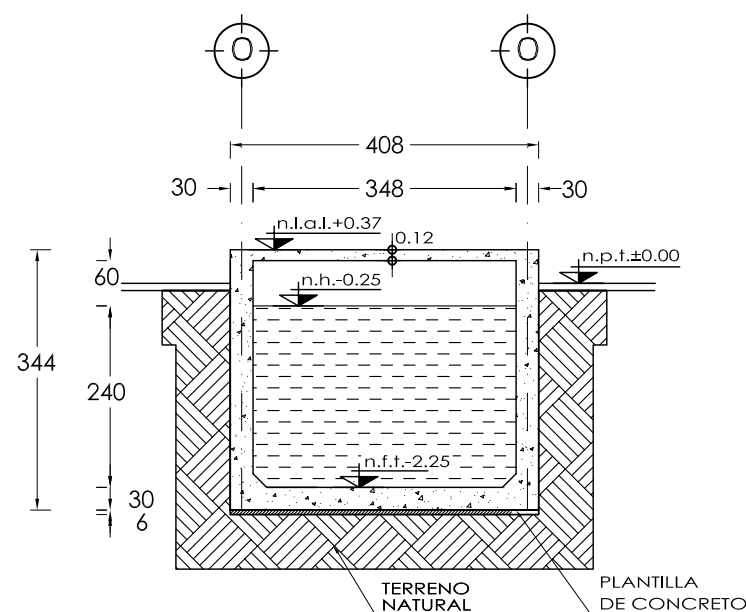
PLANTA



FACHADA

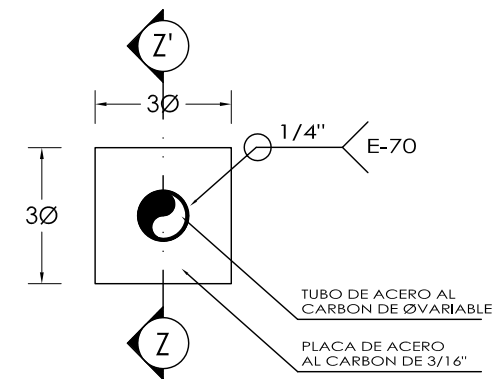


CORTE X-X'

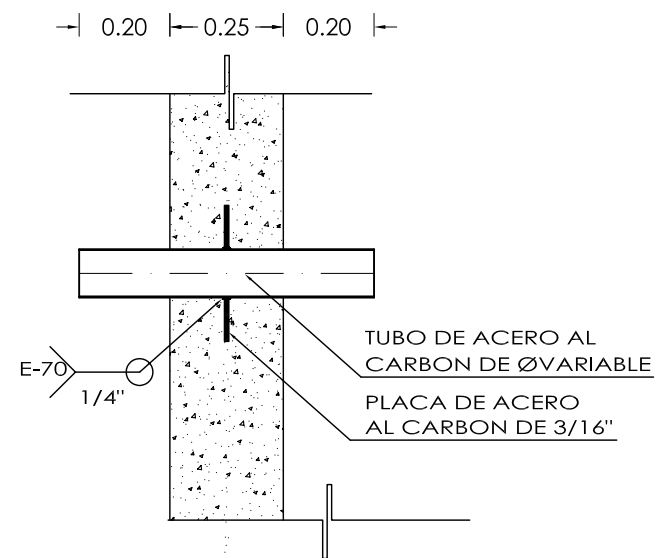


CORTE Y-Y'

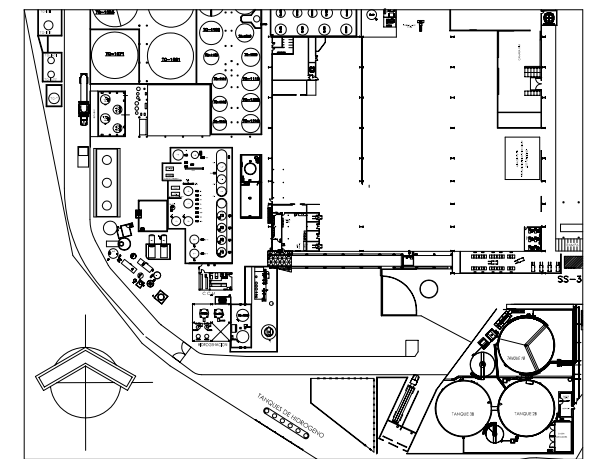
volumen= 20.28 m³



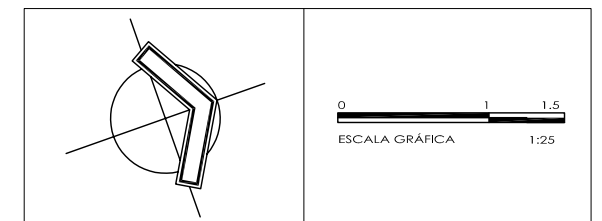
DETALLE TIPO



CORTE Z-Z'



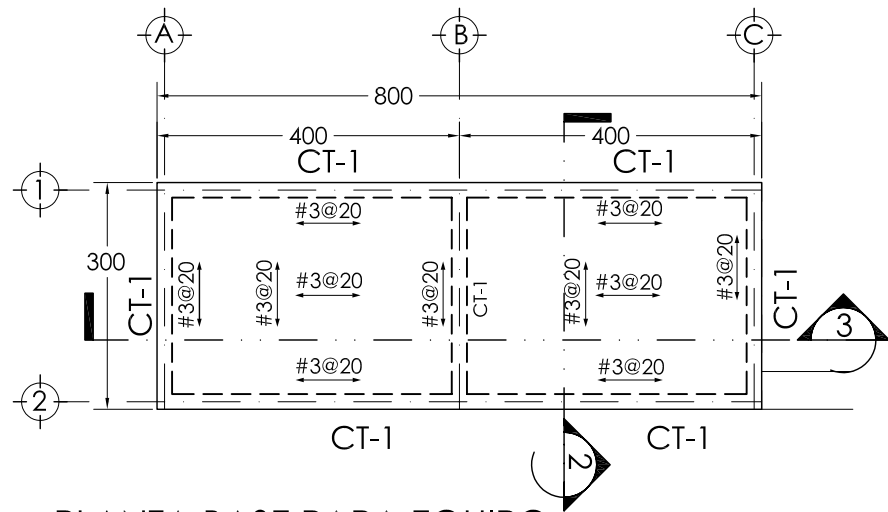
CROQUIS DE UBICACIÓN



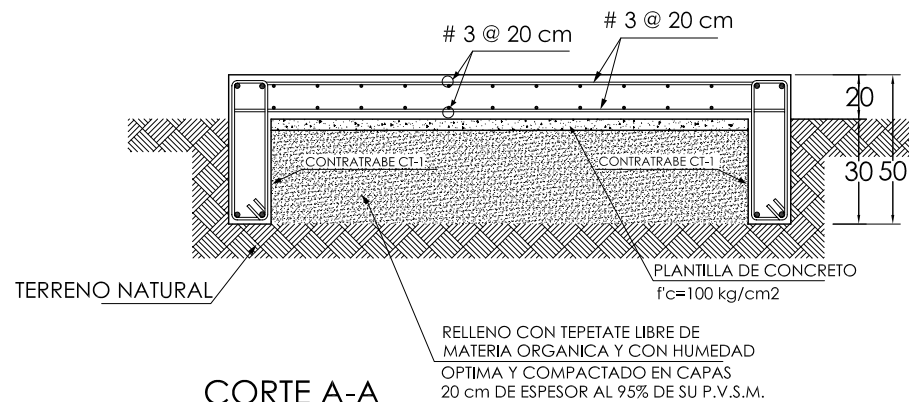
SIMBOLOGÍA:

- INDICA LÍNEA DE CORTE
- INDICA LÍNEA DE EJE
- INDICA CORTE
- INDICA NIVEL DE CORONA DE MURO
- INDICA NIVEL DE PISO TERMINADO
- INDICA NIVEL HIDRÁULICO
- INDICA NIVEL FONDO DE TANQUE
- INDICA NIVEL DE CORONA DE MURO
- INDICA NIVEL DE PISO TERMINADO
- INDICA NIVEL HIDRÁULICO
- INDICA NIVEL LECHO ALTO DE LOSA

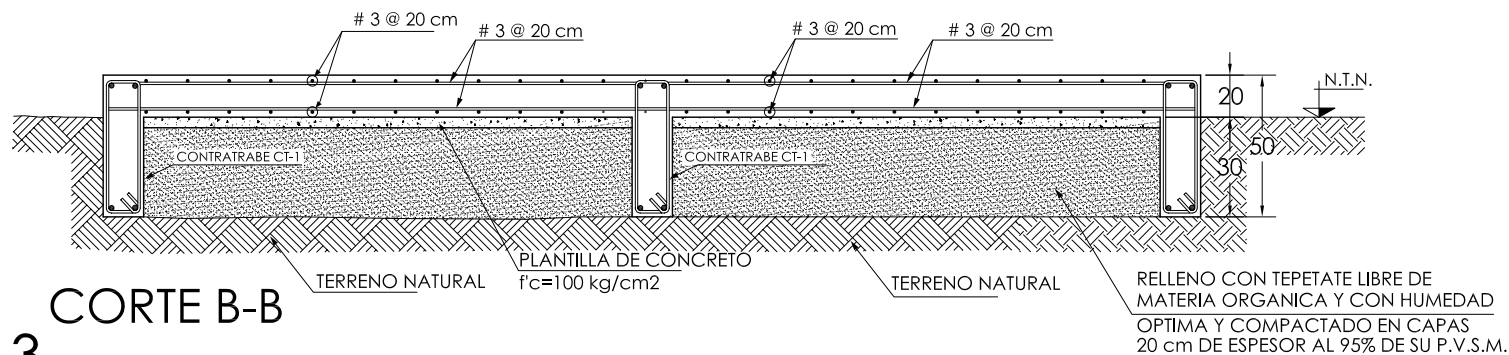
	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO FACULTAD DE INGENIERÍA	
	PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO PARA LA AMPLIACIÓN DE LA CAPACIDAD DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL DE LA INDUSTRIA ALIMENTICIA	
PLANO: ARQUITECTÓNICO, TANQUE DE BOMBEO		clave: A-03
Cortés Martínez Juan Carlos Medellín Santín Jorge Esteban Ordóñez Lago José Emilio Santiago Vargas Jorge		fecha Abril 2007
		plano No. 03 de 06



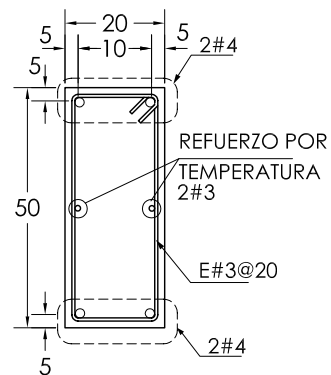
1 PLANTA BASE PARA EQUIPO



2 CORTE A-A



3 CORTE B-B



4 CONTRATRABE CT-1

NOTAS ARMADO LOSAS :

PARA GARANTIZAR EL BUEN COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE LA LOSA DE CIMENTACION ES MUY IMPORTANTE SEGUIR LAS SIGUIENTES RECOMENDACIONES:

- 1.- CALZAR ADECUADAMENTE EL REFUERZO DEL LECHO SUPERIOR MEDIANTE "SILETAS" RESPETANDO SIEMPRE LOS RECURRIMIENTOS INDICADOS Y EVITAR QUE ESTE REFUERZO SE BAJE DURANTE LA OPERACION DE COLADO, ASI COMO EL BUEN VIBRADO DEL CONCRETO A LA HORA DEL COLADO.
- 2.- CALZAR ADECUADAMENTE EL REFUERZO DEL LECHO INFERIOR MEDIANTE "POYOS" RESPETANDO SIEMPRE LOS RECURRIMIENTOS INDICADOS Y EVITAR QUE ESTE REFUERZO SE BAJE DURANTE LA OPERACION DE COLADO.
- 3.- PROCEDER A "APISONAR" LAS LOSAS UNA VEZ QUE SE ALCANCE EL FRAGUADO INICIAL.
- 4.- PARA LA FABRICACION DE LOS CONCRETOS SE DEBERA UTILIZAR UN ADITIVO IMPERMEABILIZANTE INTEGRAL DE ACUERDO A LA DOSIFICACION Y MODO DE USO DETERMINADO POR EL FABRICANTE DEL PRODUCTO
- 5.- "CURAR" MEDIANTE UNA MEMBRANA HUMEDA AL MENOS LAS 72 HORAS POSTERIORES AL COLADO

DATOS GENERALES PARA LA CONSTRUCCION DE LA LOSA DE CIMENTACION

PERALTE TOTAL DE LA LOSA	LOSA FONDO
RECUBRIMIENTO LIBRE	D = 20 cm
CONCRETO	R = 4.00 cm
RESISTENCIA NOMINAL A LA COMPRESION :	f'c = 250 Kg/cm ² CONCRETO CLASE I CON PESO VOLUMETRICO MINIMO DE 2.30 TON/m ³ TAMAÑO MAXIMO DEL AGREGADO TMA = 19 mm
ACERO DE REFUERZO :	RESISTENCIA NORMAL REVENIMIENTO 11-14 (CONSULTAR PARA BOMBEO) USAR ADITIVO IMPERMEABILIZANTE INTEGRAL
EL ACERO DE REFUERZO POR UTILIZARSE DEBERA CUMPLIR CON LAS NORMAS NOM B6 o NOM B294.	f _y = 4200 Kg/cm ²
ESFUERZO DE FLUENCIA MINIMO	

TODOS LOS MATERIALES DEBERAN SOMETERSE AL CONTROL DE CALIDAD ESTABLECIDO EN EL CAPITULO 11 DE LAS NORMAS TECNICAS COMPLEMENTARIAS PARA DISEÑO Y CONSTRUCCION DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO DEL R C D F 6 DEL REGLAMENTO DE CONSTRUCCION LOCAL

DATOS DE LOSA

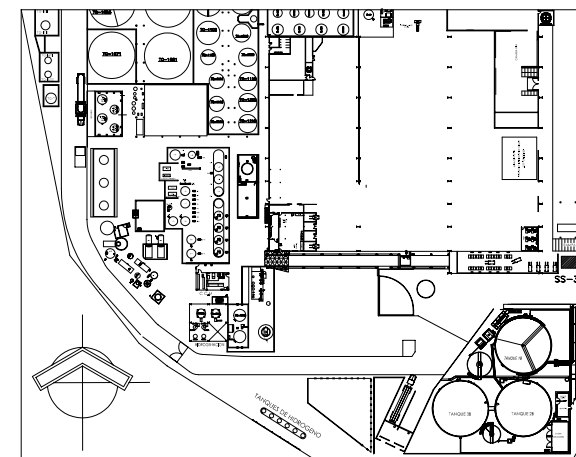
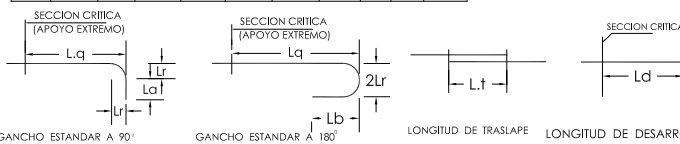
PERALTE TOTAL	h = 20.0 cm
RECUBRIMIENTO LIBRE	r = 4.0 cm
CONCRETO	f'c = 250 Kg/cm ²
ACERO	Fy = 4200 Kg/cm ²
VAR # 3	(Ø = 3/8")

LONGITUDES DE DESAROLLO, TRASLAPE Y ANCLAJES EN ELEMENTOS DE CONCRETO (VER SECCION 3 NTC DEL R.C.D.F.)

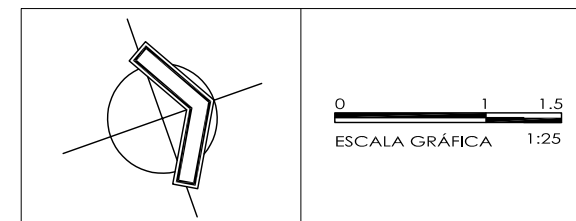
TABLA DE LONGITUDES (EN CM) PARA f'c = 250 Kg/cm ² Y f _y = 4200 Kg/cm ²											
VAR.	#	DIAMETRO	AS	Ld (INF)	Li (INF)	Ld (SUP)	Li (SUP)	Lq	Ld	Lb	Lr
3	0.95	0.71	30	40	42	56	19	11	4	4	4
4	1.27	1.27	32	43	45	60	26	15	5	6	6
5	1.59	1.98	40	55	56	75	32	19	8	8	8
6	1.91	2.85	48	65	67	90	38	25	8	8	8
8	2.54	5.07	81	108	113	151	51	30	10	11	11
10	3.18	7.92	126	SOLDAR	177	SOLDAR	64	40	13	14	14
12	3.81	11.40	182	SOLDAR	254	SOLDAR	72	50	15	17	17

SIMBOLOGIA :

Ld = LONGITUD DE DESAROLLO
Li = LONGITUD DE TRASLAPE
Lq = LONGITUD DE ANCLAJE
Ld = LONGITUD DE TRAMO RECTO EN GANCHOS 90°
Lb = LONGITUD DE TRAMO RECTO EN GANCHO 180°
Lr = RADIO PARA CURVATURA



CROQUIS DE UBICACIÓN



SIMBOLOGÍA:

- INDICA LÍNEA DE CORTE
- INDICA LÍNEA DE EJE
- INDICA CORTE
- n.c.m.+0.00 INDICA NIVEL DE CORONA DE MURO
- n.p.t.+0.00 INDICA NIVEL DE PISO TERMINADO
- n.h.+0.00 INDICA NIVEL HIDRÁULICO
- n.f.t.+0.00 INDICA NIVEL FONDO DE TANQUE
- n.c.m.+0.00 INDICA NIVEL DE CORONA DE MURO
- n.p.t.+0.00 INDICA NIVEL DE PISO TERMINADO
- n.h.+0.00 INDICA NIVEL HIDRÁULICO
- n.l.a.l.+0.00 INDICA NIVEL LECHO ALTO DE LOSA



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE INGENIERÍA

PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO PARA LA AMPLIACIÓN DE LA CAPACIDAD DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL DE LA INDUSTRIA ALIMENTICIA

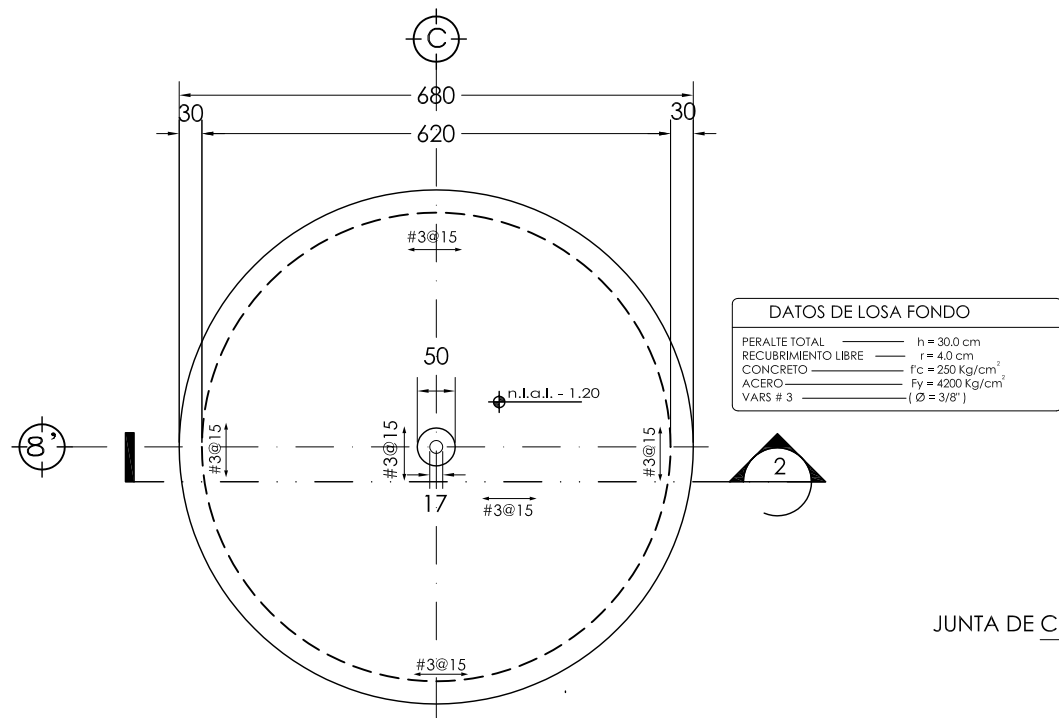
PLANO: ESTRUCTURAL, BASE PARA EQUIPO DE FLOTACIÓN CON AIRE DISUELTO (DISOLVED AIR FLOTATION DAF)

Cortés Martínez Juan Carlos
Medellín Santin Jorge Esteban
Ordóñez Lago José Emilio
Santiago Vargas Jorge

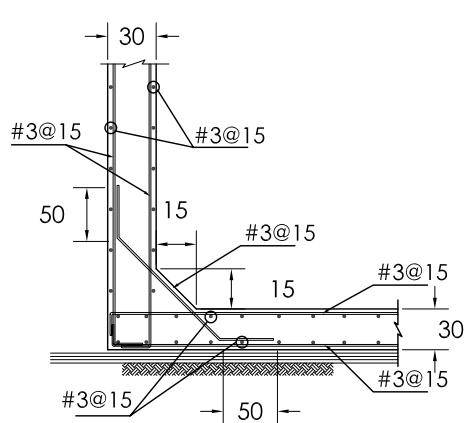


clave:
ES-01

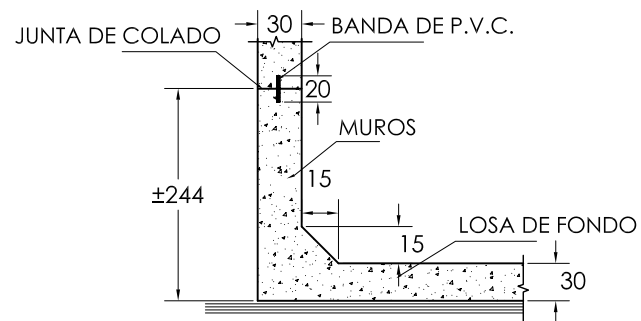
fecha
Abril 2007
plano No.
04 de 06



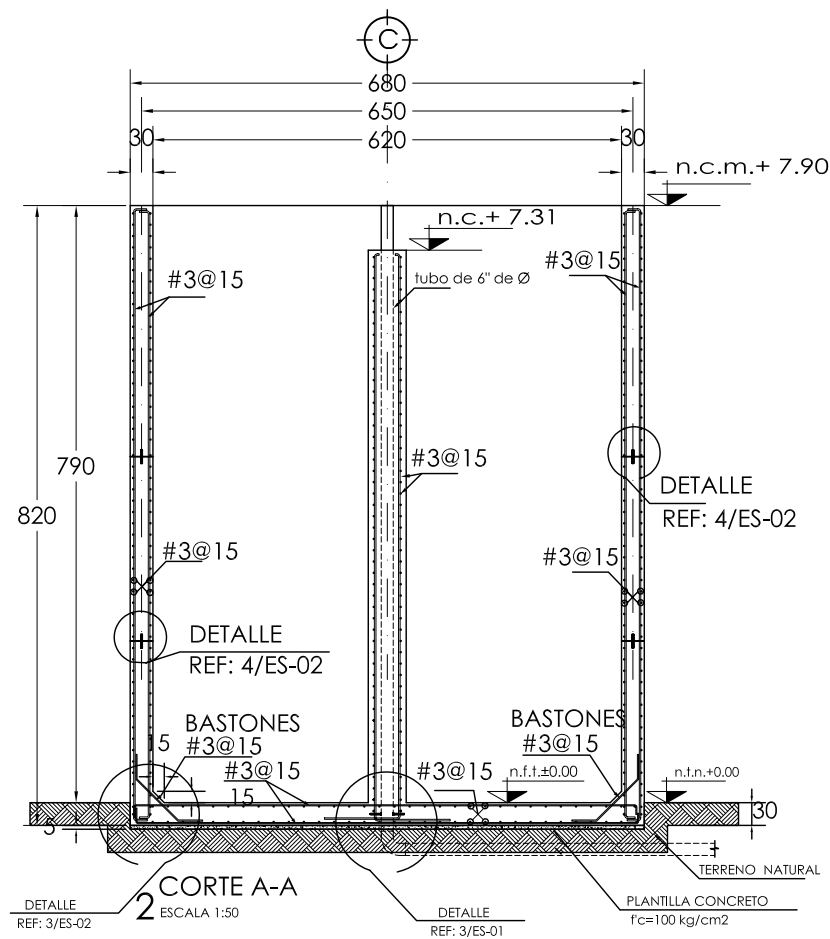
1 PLANTA LOSA DE FONDO
ESCALA 1:50



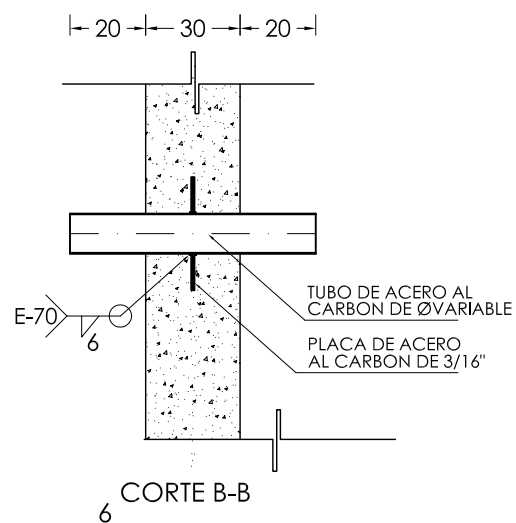
3 ESQUINA LOSA FONDO - MURO



4 DETALLE JUNTA DE COLADO



2 CORTE A-A
ESCALA 1:50



6 CORTE B-B

LONGITUDES DE DESARROLLO, TRASLAPE Y ANCLAJES EN ELEMENTOS DE CONCRETO (VER SECCION 3 NTC DEL R.C.D.F.)

VAR. #	DIAMETRO AS	Ld (INF)	Li (INF)	Ld (SUP)	Li (SUP)	Lq	La	Lb	Lr
3	0.95	0.71	30	40	42	56	19	11	4
4	1.27	1.27	32	43	45	60	26	15	5
5	1.59	1.98	40	55	56	75	32	19	8
6	1.91	2.85	48	65	67	90	38	25	8
8	2.54	5.07	81	108	113	151	51	30	10
10	3.18	7.92	126	SOLDAR	177	SOLDAR	64	40	13
12	3.81	11.40	182	SOLDAR	254	SOLDAR	72	50	15

SECCION CRITICA (APOYO EXTREMO)

GANCHO ESTANDAR A 90°

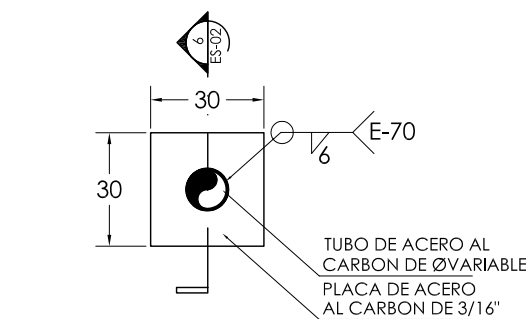
SECCION CRITICA (APOYO EXTREMO)

GANCHO ESTANDAR A 180°

SECCION CRITICA

LONGITUD DE TRASLAPE

LONGITUD DE DESARROLLO



5 DETALLE DE PLACA EN MURO

NOTAS ARMADO LOSAS :

PARA GARANTIZAR EL BUEN COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE LA LOSA DE FONDO Y TAPA DE LA CISTERNA ASI COMO DE LOS MUROS LATERALES ES MUY IMPORTANTE SEGUIR LAS SIGUIENTES RECOMENDACIONES :

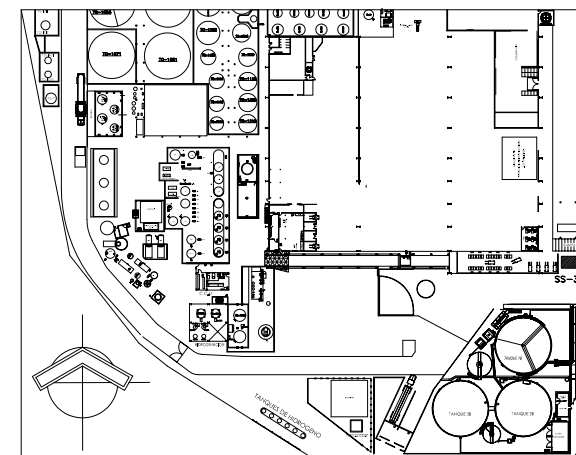
- 1.- CALZAR ADECUADAMENTE EL REFUERZO DEL LECHO SUPERIOR MEDIANTE "SILLETAS" RESPETANDO SIEMPRE LOS RECUBRIMIENTOS INDICADOS Y EVITAR QUE ESTE REFUERZO SE BAJE DURANTE LA OPERACION DE COLADO.
- 2.- CALZAR ADECUADAMENTE EL REFUERZO DEL LECHO INFERIOR MEDIANTE "POYOS" RESPETANDO SIEMPRE LOS RECUBRIMIENTOS INDICADOS Y EVITAR QUE ESTE REFUERZO SE BAJE DURANTE LA OPERACION DE COLADO.
- 3.- PROCEDER A "APISONAR" LAS LOSAS UNA VEZ QUE SE ALCANCE EL FRAGUADO INICIAL.
- 4.- PARA LA FABRICACION DE LOS CONCRETOS SE DEBERA UTILIZAR UN ADITIVO IMPERMEABILIZANTE INTEGRAL DE ACUERDO A LA DOSIFICACION Y MODO DE USO DETERMINADO POR EL FABRICANTE DEL PRODUCTO.
- 5.- "CURAR" MEDIANTE UNA MEMBRANA HUMEDA AL MENOS LAS 72 HORAS POSTERIORES AL COLADO.
- 6.- EN CASO DE NO SER POSIBLE UN COLADO MONOLITICO DE LA LOSA DE FONDO CON LOS MUROS PERIMETRALES Y/O DE NO SER POSIBLE UN COLADO INTEGRAL DE TODA LA LOSA DE FONDO SE DEBERA PREVER EL USO DE BANDAS DE PVC DE UN ANCHO DE 8" EVITANDO SU PERFORACION.

DATOS GENERALES PARA LA CONSTRUCCION DE LAS LOSAS DE LA CISTERNA

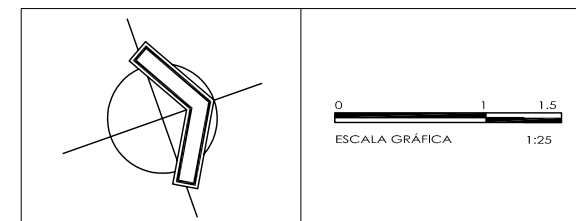
PERALTE TOTAL DE LA LOSA	LOSA FONDO
RECUBRIMIENTO LIBRE	D = 40 cm
	R = 4.00 cm
CONCRETO	
RESISTENCIA NOMINAL	f'c = 250 Kg/cm² CONCRETO CLASE I CON PESO VOLUMETRICO MINIMO DE 2.30 TON/m³
A LA COMPRESION :	TAMAÑO MAXIMO DEL AGREGADO TMA = 19 mm
	RESISTENCIA NORMAL REVENIMIENTO 11-14 (CONSULTAR PARA BOMBEO)
	USAR ADITIVO IMPERMEABILIZANTE INTEGRAL
	fy = 4200 Kg/cm²

ACERO DE REFUERZO : EL ACERO DE REFUERZO POR UTILIZARSE DEBERA CUMPLIR CON LAS NORMAS NOM. 86 o NOM. 8294. ESFUERZO DE FLUENCIA MINIMO fy = 4200 Kg/cm²

TODOS LOS MATERIALES DEBERAN SOMETERSE AL CONTROL DE CALIDAD ESTABLECIDO EN EL CAPITULO 11 DE LAS NORMAS TECNICAS COMPLEMENTARIAS PARA DISEÑO Y CONSTRUCCION DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO DEL R.C.D.F. 6 DEL REGLAMENTO DE CONSTRUCCION LOCAL.



CROQUIS DE UBICACIÓN



SIMBOLOGÍA:

- INDICA LÍNEA DE CORTE
- INDICA LÍNEA DE EJE
- INDICA CORTE
- n.c.m.+0.00 INDICA NIVEL DE CORONA DE MURO
- n.p.t.+0.00 INDICA NIVEL DE PISO TERMINADO
- n.h.+0.00 INDICA NIVEL HIDRÁULICO
- n.f.t.+0.00 INDICA NIVEL FONDO DE TANQUE
- n.c.+0.00 INDICA NIVEL DE COLUMNA
- n.c.m.+0.00 INDICA NIVEL DE CORONA DE MURO
- n.p.t.+0.00 INDICA NIVEL DE PISO TERMINADO
- n.h.+0.00 INDICA NIVEL HIDRÁULICO
- n.l.a.l.+0.00 INDICA NIVEL LECHO ALTO DE LOSA

PROCEDIMIENTO PARA LAS PRUEBAS HIDROSTATICAS

PARA GARANTIZAR EL BUEN COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE LA LOSA DE FONDO ASI COMO DE LOS MUROS LATERALES ES MUY IMPORTANTE SEGUIR LAS SIGUIENTES RECOMENDACIONES :

- 1.- LAS PRUEBAS HIDROSTATICAS SE DEBERAN REALIZAR CUANDO EL CONCRETO DE LOS MUROS Y LOSA DE FONDO HAYA ALCANZADO AL MENOS EL 90 % DE LA RESISTENCIA DE PROYECTO.
- 2.- SE LLENARA EL TANQUE HASTA UN TIRANTE DE AGUA DE APROXIMADAMENTE 1.20 m (NIV. + 0.00) MANTENIENDO ESTE NIVEL POR UN TIEMPO MINIMO DE 48 HRS. Y SE VERIFICARA QUE NO EXISTAN FUGAS .



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE INGENIERÍA

PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO PARA LA AMPLIACIÓN
DE LA CAPACIDAD DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE
AGUA RESIDUAL DE LA INDUSTRIA ALIMENTICIA

PLANO: ESTRUCTURAL, FILTRO PERCOLADOR

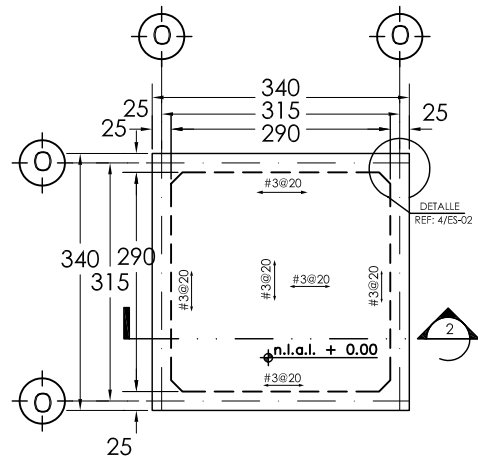
Cortés Martínez Juan Carlos
Medellín Santín Jorge Esteban
Ordóñez Lago José Emilio
Santiago Vargas Jorge



clave:
ES-02

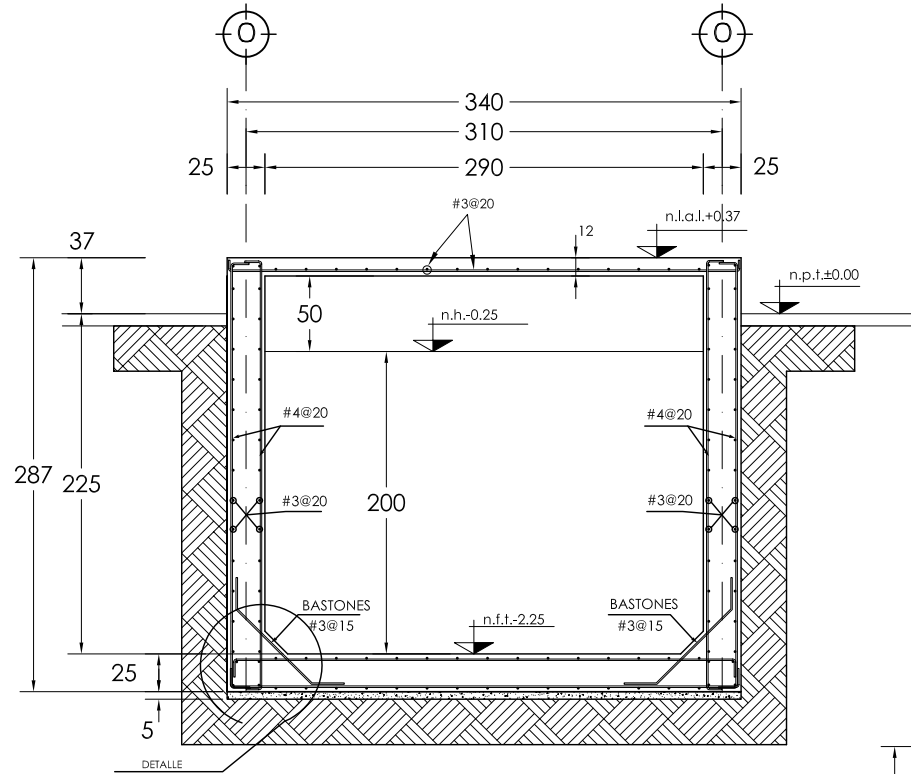
fecha
Abril 2007

plano No.
05 de 06

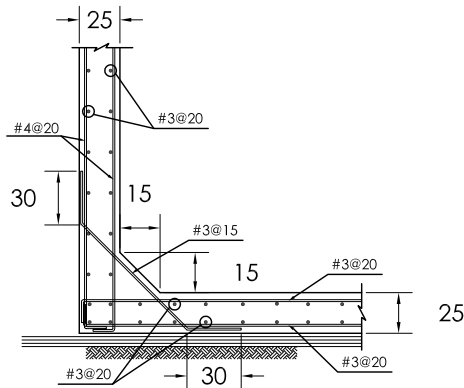


1 PLANTA LOSA DE FONDO

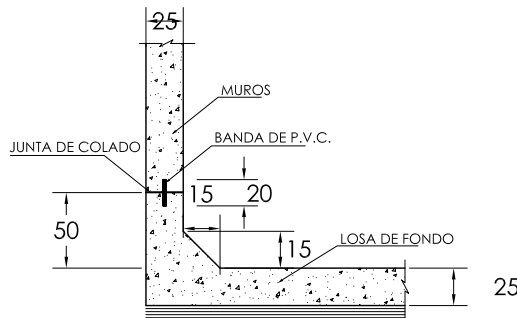
DATOS DE LOSA FONDO	
PERALTE TOTAL	h = 25.0 cm
RECUBRIMIENTO LIBRE	r = 4.0 cm
CONCRETO	f _c = 250 Kg/cm ²
ACERO	F _y = 4200 Kg/cm ²
VAR # 3	(Ø = 3/8")



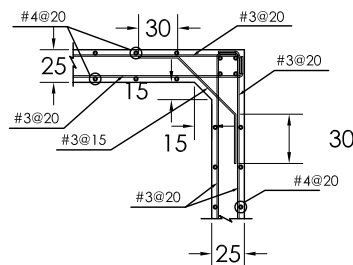
2 CORTE A-A



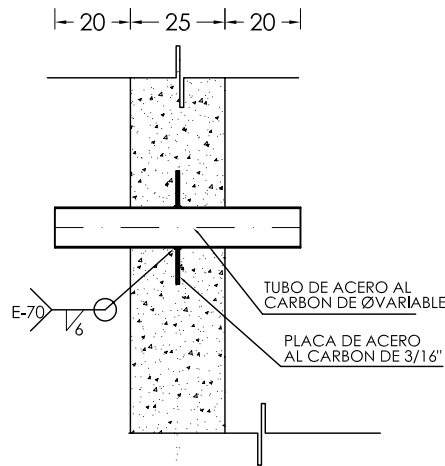
3 ESQUINA LOSA FONDO - MURO SIN ESCALA



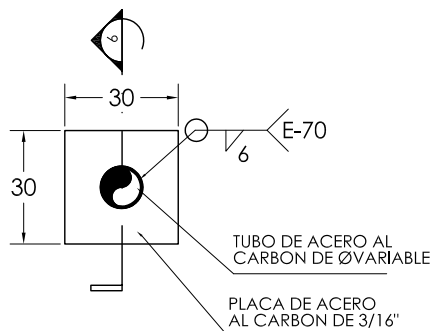
5 DETALLE JUNTA DE COLADO SIN ESCALA



4 DETALLE ESQUINA DE MUROS SIN ESCALA



6 CORTE B-B



5 DETALLE DE PLACA EN MURO

NOTAS ARMADO LOSAS :

PARA GARANTIZAR EL BUEN COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE LA LOSA DE CIMENTACION ES MUY IMPORTANTE SEGUIR LAS SIGUIENTES RECOMENDACIONES:

- 1.- CALZAR ADECUADAMENTE EL REFUERZO DEL LECHO SUPERIOR MEDIANTE "SILLEAS" RESPETANDO SIEMPRE LOS RECUBRIMIENTOS INDICADOS Y EVITAR QUE ESTE REFUERZO SE BAJE DURANTE LA OPERACION DE COLADO, ASI COMO EL BUEN VIBRADO DEL CONCRETO A LA HORA DEL COLADO.
- 2.- CALZAR ADECUADAMENTE EL REFUERZO DEL LECHO INFERIOR MEDIANTE "POYOS" RESPETANDO SIEMPRE LOS RECUBRIMIENTOS INDICADOS Y EVITAR QUE ESTE REFUERZO SE BAJE DURANTE LA OPERACION DE COLADO.
- 3.- PROCEDER A "APISONAR" LAS LOSAS UNA VEZ QUE SE ALCANCE EL FRAGUADO INICIAL.
- 4.- PARA LA FABRICACION DE LOS CONCRETOS SE DEBERA UTILIZAR UN ADITIVO IMPERMEABILIZANTE INTEGRAL DE ACUERDO A LA DOSIFICACION Y MODO DE USO DETERMINADO POR EL FABRICANTE DEL PRODUCTO
- 5.- "CURAR" MEDIANTE UNA MEMBRANA HUMEDA AL MENOS LAS 72 HORAS POSTERIORES AL COLADO

DATOS GENERALES PARA LA CONSTRUCCION DE LA LOSA DE CIMENTACION

PERALTE TOTAL DE LA LOSA	LOSA FONDO
RECUBRIMIENTO LIBRE	D = 20 cm
CONCRETO	R = 4.00 cm
RESISTENCIA NOMINAL A LA COMPRESION :	f _c = 250 Kg/cm ² CONCRETO CLASE I CON PESO VOLUMETRICO MINIMO DE ρ = 2.30 TON/m ³ TAMAÑO MAXIMO DEL AGREGADO TMA = 19 mm RESISTENCIA NORMAL REVENIMIENTO 11-14 [CONSULTAR PARA BOMBEO]
ACERO DE REFUERZO :	USAR ADITIVO IMPERMEABILIZANTE INTEGRAL
EL ACERO DE REFUERZO POR UTILIZARSE DEBERA CUMPLIR CON LAS NORMAS NOM B6 o NOM B294, ESFUERZO DE FLUENCIA MINIMO	f _y = 4200 Kg/cm ²

TODOS LOS MATERIALES DEBERAN SOMETERSE AL CONTROL DE CALIDAD ESTABLECIDO EN EL CAPITULO 11 DE LAS NORMAS TECNICAS COMPLEMENTARIAS PARA DISEÑO Y CONSTRUCCION DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO DEL R C D F.6 DEL REGLAMENTO DE CONSTRUCCION LOCAL

PROCEDIMIENTO PARA LAS PRUEBAS HIDROSTATICAS

PARA GARANTIZAR EL BUEN COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE LA LOSA DE FONDO ASI COMO DE LOS MUROS LATERALES ES MUY IMPORTANTE SEGUIR LAS SIGUIENTES RECOMENDACIONES :

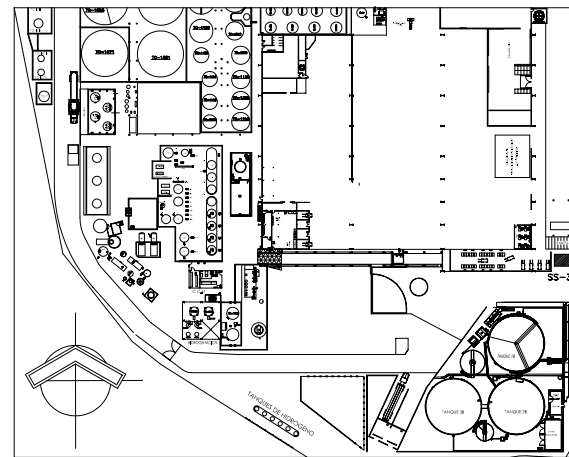
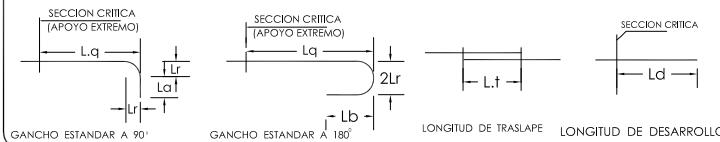
- 1.- LAS PRUEBAS HIDROSTATICAS SE DEBERAN REALIZAR CUANDO EL CONCRETO DE LOS MUROS Y LOSA DE FONDO HAYA ALCANZADO AL MENOS EL 90 % DE LA RESISTENCIA DE PROYECTO.
- 2.- SE LLENARA EL TANQUE HASTA UN TIRANTE DE AGUA DE APROXIMADAMENTE 1.50 m (NIV. + 0.30) MANTENIENDO ESTE NIVEL POR UN TIEMPO MINIMO DE 48 HRS.
- 3.- SE VERIFICARA QUE NO EXISTE NINGUNA FUGA Y SE PROCEDERA AL LLENADO DEL TANQUE HASTA ALCANZAR EL NIVEL HIDRAULICO DE + 1.40 m Y MANTENIENDO ESTE NIVEL NUEVAMENTE POR UN TIEMPO MINIMO DE 48 HRS.

LONGITUDES DE DESARROLLO, TRASLAPE Y ANCLAJES EN ELEMENTOS DE CONCRETO (VER SECCION 3 NTC DEL R.C.D.F.)

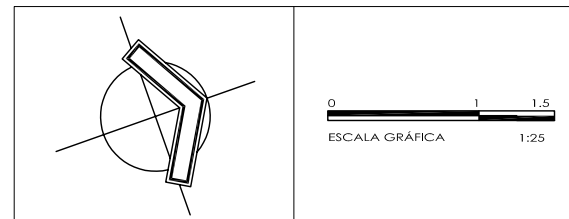
TABLA DE LONGITUDES [EN CM] PARA f _c = 250 Kg/cm ² Y f _y = 4200 Kg/cm ²													
VAR.	#	DIAMETRO AS	Ld (INF)	LI (INF)	Ld (SUP)	LI (SUP)	Lq	La	Lb	Lr			
3		0.95	0.71	30	40	42	56	19	11	4	4	4	4
4		1.27	1.27	32	43	45	60	26	15	5	6	6	6
5		1.59	1.98	40	55	56	75	32	19	8	8	8	8
6		1.91	2.85	48	65	67	90	38	25	8	8	8	8
8		2.54	5.07	81	108	113	151	51	30	10	11	11	11
10		3.18	7.92	126	SOLDAR	177	SOLDAR	64	40	13	14	14	14
12		3.81	11.40	182	SOLDAR	254	SOLDAR	72	50	15	17	17	17

SIMBOLOGIA :

Ld = LONGITUD DE DESARROLLO
Lt = LONGITUD DE TRASLAPE
Lq = LONGITUD DE ANCLAJE
La = LONGITUD DE TRAMO RECTO EN GANCHOS 90
Lb = LONGITUD DE TRAMO RECTO EN GANCHO 180
Lr = RADIO PARA CURVATURA



CROQUIS DE UBICACIÓN



SIMBOLOGÍA:

- INDICA LÍNEA DE CORTE
- INDICA LÍNEA DE EJE
- INDICA CORTE
- n.c.m.+0.00 INDICA NIVEL DE CORONA DE MURO
- n.p.t.+0.00 INDICA NIVEL DE PISO TERMINADO
- n.h.+0.00 INDICA NIVEL HIDRÁULICO
- n.f.t.+0.00 INDICA NIVEL FONDO DE TANQUE
- n.c.m.+0.00 INDICA NIVEL DE CORONA DE MURO
- n.p.t.+0.00 INDICA NIVEL DE PISO TERMINADO
- n.h.+0.00 INDICA NIVEL HIDRÁULICO
- n.l.a.l.+0.00 INDICA NIVEL LECHO ALTO DE LOSA



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE INGENIERÍA

PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO PARA LA AMPLIACIÓN
DE LA CAPACIDAD DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE
AGUA RESIDUAL DE LA INDUSTRIA ALIMENTICIA

PLANO: ESTRUCTURAL, TANQUE DE BOMBEO

Cortés Martínez Juan Carlos
Medellín Santín Jorge Esteban
Ordóñez Lago José Emilio
Santiago Vargas Jorge



clave:
ES-03

fecha
Abril 2007

plano No.
06 de 06

ANEXO “B”

GLOSARIO DE TÉRMINOS

ANEXO “B”

GLOSARIO DE TÉRMINOS

A

- Abrevadero: También conocido como bebedero, sirve para almacenar agua para proporcionar agua al ganado.
- Aerobio: Un proceso que ocurre en presencia del oxígeno, tal como la digestión de la materia orgánica por las bacterias en una charca de oxidación.
- [Aireación](#): Técnica que se utiliza en el tratamiento de aguas que exige una fuente de oxígeno, conocida comúnmente como purificación biológica aeróbica del agua. El agua es traída para ponerla en contacto con las gotitas de aire o rociando el aire se trae en contacto con agua por medio de instalaciones de la aireación. El aire es presionado a través de la superficie del agua, este burbujea y el agua se provee de oxígeno.
- Agua dura: Agua que contiene un gran número de iones positivos. La dureza está determinada por el número de átomos de calcio y magnesio presentes. El jabón generalmente se disuelve malamente en las aguas duras.
- Aguas pluviales: Agua procedentes de la precipitación pluvial
- Aguas residuales domésticas: Conjunto de líquidos resultado del uso primario doméstico y comercial, por el que haya sufrido degradación original.
- Aguas residuales municipales: Aguas procedentes de un sistema de agua municipal.
- Anaerobio: Un proceso que ocurre en ausencia de oxígeno.

B

- Bacterias: Es el nombre que reciben ciertos organismos unicelulares visibles solo a través del microscopio y que constituyen uno de los tres dominios en que se dividen los seres vivos. Carecen de núcleo diferenciado y se reproducen por división celular sencilla. Las bacterias son tan pequeñas que solo pueden observarse con ayuda de un microscopio que las amplíe al menos quinientas

veces su tamaño real. Algunas se hacen visibles solo si se amplían mil veces.

- Bacteria coliforme: Bacteria que sirve como indicador de contaminantes y patógenos cuando son encontradas en las aguas. Estas son usualmente encontradas en el tracto intestinal de los seres humanos y otros animales de sangre caliente.
- Bacteria facultativa: Bacteria que puede vivir bajo condiciones aeróbicas o anaeróbicas
- Biosfera: Espacio de la tierra en el que se desarrollan, viven, crecen y mueren toda clase de seres vivos. Este espacio comprende la atmósfera (capa de aire que rodea la tierra); la litosfera (los continentes); la hidrosfera (mares, océanos, etc).

C

- Caducifolio: Árboles y plantas cuyas hojas caen al empezar la estación que le es desfavorable. Su antónimo es perennifolio.
- Ciclo: Longitud de tiempo que un filtro puede ser usado antes de que necesite limpieza, usualmente se incluye el tiempo de limpieza.
- Colector: Tubería que recoge los caudales de las atarjeas en los pozos de visita, pueden ser simples o ramificados. Las ramas se denominan subcolectores.
- Concreto Clase 1: Es un concreto empleado para fines estructurales con peso volumétrico en estado fresco superior a 22 kN/m^3 (2.2 t/m^3) El concreto clase 1 se fabrica con agregados gruesos con peso específico superior a 2.6 (peso específico del agua = 1 Ton/m^3), como las calizas, y el basalto. Los concretos clase 1 tendrán una resistencia especificada ($f'c$) igual o mayor a 25 MPa (250 kg/cm^2),
- Concreto Clase 2: Se utilizan agregados con peso específico superior a 2.3, como la andesita, los concretos clase 2 la resistencia es menor a 20 MPa (200 kg/cm^2).
- Contaminante: Un compuesto que a concentración suficientemente alta causa daños en la vida de los organismos.

- Contaminantes biológicos: Organismos vivos tales como virus, bacterias, hongos, y antígenos de mamíferos y de pájaros que pueden causar efectos dañinos sobre la salud de los seres humanos.

D

- Demanda Biológica de Oxígeno (DBO): La cantidad de oxígeno (medido en mg/l) que es requerido para la descomposición de la materia orgánica por los organismos unicelulares, bajo condiciones de prueba. Se utiliza para medir la cantidad de contaminación orgánica en aguas residuales.
- DBO₅: La cantidad de oxígeno disuelto consumido en cinco días por las bacterias que realizan la degradación biológica de la materia orgánica.
- Densidad: El peso de una cierta cantidad de agua. Esta es usualmente expresada en kilogramos por metro cúbico.
- Descarga municipal: Descarga de efluentes procedentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales, el cual recibe agua residuales de las casas, de establecimientos comerciales, e industrias en cuencas de drenaje costeras.
- Desinfección: La descontaminación de fluidos y superficies. Para desinfectar un fluido o una superficie una variedad de técnica están disponibles, como desinfección por ozono. A menudo desinfección significa eliminación de la presencia de microorganismo con un biocida.
- Digestor: Tanque cerrado para el tratamiento de aguas residuales, en el cual las bacterias actúan induciendo la ruptura de la materia orgánica.
- Demanda Química de Oxígeno (DQO): Cantidad de oxígeno (medido en mg/l) que es consumido en la oxidación de materia orgánica y materia inorgánica oxidable, bajo condiciones de prueba. Es usado para medir la cantidad total de contaminantes orgánicos presentes en aguas residuales. En contraposición a la Demanda Biológica de oxígeno (DBO), con la Demanda Química de Oxígeno (DQO) prácticamente todos los compuestos son oxidados.

E

- Efluente: La salida o flujos salientes de cualquier sistema que despacha flujos

de agua, a un tanque de oxidación, a un tanque para un proceso de depuración biológica del agua, etc. Este es el agua producto dada por el sistema.

- Estuario: Desembocadura de un río caudaloso en el mar, caracterizada por tener la forma de un embudo, producto del choque de las mareas.
- Eutrofización: Es la acción de crear espuma y añadir fosfato al agua debido a los detergentes.

F

- Filtrado: Un líquido que ha sido pasado a través de un medio de filtro.
- Flotación: Proceso de separación sólido-líquido o líquido-líquido, el cual es aplicado para partículas cuya densidad es más pequeña que la densidad del líquido que las contiene. Hay tres tipos: flotación natural, ayudada e inducida.
- Flotación por Aire Disuelto (Disolved Air Flotation DAF): Un proceso donde se induce la flotación con muchas burbujas de aire o 'micro burbujas', de 40 a 70 micras.
- Flujo: El ratio del caudal de un recurso, expresado en volumen por unidad de tiempo.

H

- Humedad: Un área que está cubierta por agua superficial o subterránea, con vegetación adaptada para vivir bajo esta clase de condiciones del suelo.
- Humedales: Éstos actúan como sistemas de filtración que estabilizan las capas freáticas embalsando la lluvia y liberando el agua lentamente, y también como depósitos naturales para el control de las inundaciones

I

- Indicador: Cualquier entidad biológica, proceso, o comunidad cuyas características muestren la presencia de las condiciones ambientales específicas o contaminación.
- Inyección: La introducción de una sustancia química o un medio en un proceso del agua para alterar su química o filtrar compuestos específicos.

J

- Jagüeyes: Son embalses someros con profundidades entre uno y seis metros; la máxima profundidad, en época de lluvias y la menor, en época de estiaje. Se clasifican como embalses permanentes porque conservan un volumen remanente de agua constante en el año.

L

- Lodos: Residuo semisólido, que contiene microorganismos y sus productos, de cualquier sistema de tratamiento de aguas.

M

- Magnetotelúrico: Es una estación que al apoyarse en tres sensores magnéticos (dos de componente horizontal y uno de componente vertical) y dos dipolos eléctricos para el registro de los campos geoelectrónicos integrados en un sistema magneto telúrico posibilita tener observaciones magnéticas eléctricas y ambientales en diferentes sitios de interés.
- Manglar: Población del árbol llamado "mangle", principalmente confinados al norte de la costa peruana desde el delta del Río Tumbes hasta Punta Capones, frente a las islas ecuatoriana.
- Materia orgánica: Sustancias de material de plantas y animales muertos, con estructura de carbono e hidrógeno.
- Matorral Xerófilo: Presente en aquellos lugares pedregosos originados por el derrame de lava. Se distribuye a modo de pequeños manchones discontinuos ligados a enclaves edáficos donde la meteorización física y química ha favorecido la formación de una capa delgada de suelo que se intercala con la estructura pétreo formada por cascajos de basalto.
- Mezcla: Varios elementos, compuestos o ambos, que son mezclados.
- Microorganismos: Organismos que son tan pequeños que sólo pueden ser observado a través del microscopio, por ejemplo bacterias, fungí, levaduras, etc.
- Muestra compuesta: Una serie de muestras de agua adquirida en un periodo de

tiempo dado y ponderada por un ratio de flujo.

P

- **Parámetro:** Una variable, propiedad medible cuyo valor está determinado por las características del sistema en el caso del agua por ejemplo, estas pueden ser la temperatura, la presión, la densidad, etc.
- **pH:** El valor que determina si una sustancia es ácida, neutra o básica, calculado por el número de iones de hidrógeno presente. Es medido en una escala desde 0 a 14, en la cual 7 significa que la sustancia es neutra. Valores de pH por debajo de 7 indica que la sustancia es ácida y valores por encima de 7 indican que la sustancia es básica.
- **Planta de tratamiento:** Es una estructura construida para tratar el agua residual antes de ser descargada al medio ambiente.
- **Prueba Proctor:** Método para reproducir en laboratorio las condiciones de compactación en terreno. El primer método, respecto a la técnica que se utiliza actualmente, es el debido a Proctor y que es conocido como Prueba Proctor estándar. El más empleado, actualmente, es la denominada prueba Proctor modificado en el que se aplica mayor energía de compactación que el estándar siendo el que esta más de acuerdo con las solicitudes que las modernas estructuras imponen al suelo.

R

- **Reciclaje del agua residual:** Se entiende por reciclaje como la actividad que las industrias llevan a cabo internamente con el fin de reducir su consumo de agua mediante sistemas de recuperación y tratamientos. Así, por ejemplo, una industria papelera que recupera su agua residual y la trata para su uso nuevamente de esta forma esta reciclando esas aguas.
- **Red de Muestreo:** Conjunto de sitios seleccionados para tomar las muestras.
- **Reuso del agua residual:** Consiste en tomar aguas residuales de alguna fuente externa a la industria y tratarla para ser reutilizada en ésta. Por ejemplo, esto se cumple al tomar agua residual de origen municipal y tratarla con el fin de usarla

en la industria para torres de enfriamiento, riego de áreas verdes, limpieza de patios entre otros usos.

S

- Sedimentación: Asentamiento de partículas sólidas en un sistema líquido debido a la gravedad.
- Sólidos disueltos: Materiales sólidos que se disuelven totalmente en agua y pueden ser eliminados por filtración.
- Sólidos sedimentables: Producto sedimentables y son eliminados en ese camino. Aquellos sólidos suspendidos en las aguas residuales que se depositan después de un cierto periodo de tiempo.
- Sólidos suspendidos: Partículas sólidas orgánicas o inorgánicas que se mantienen en suspensión en una solución.
- Sólidos totales: Todos los sólidos en el agua residual o aguas de deshecho, incluyendo sólidos suspendidos y sólidos filtrables.

T

- Temporal Tecnificado: Se llama temporal tecnificado a los cultivos que cuentan con tecnología para su irrigación como sistemas de riego y equipo como tractores para aumentar su producción.

V

- Vertido: Lugar en que un emisor o interceptor entrega las aguas residuales municipales tratadas, para su disposición final, también se denomina desfogue.
- Variedades Transgénicas: Animales o vegetales cuya dotación genética ha sido modificada para contener un gen adicional y sus descendientes heredan este gen del mismo modo que los propios. Un organismo transgénico se consigue tras inyectar el gen ajeno en el huevo fertilizado o en las células embrionarias que se generan en los primeros estadios del desarrollo.

ANEXO “C”

INFORME FOTOGRÁFICO

ANEXO “C”

INFORME FOTOGRÁFICO



Figura C.1 Demolición de piso de concreto armado de 20 a 25 cm. de espesor.



Figura C.2 Relleno y compactación al 90% de la prueba Proctor estándar en base de filtro percolador.



Figura C.3 Retiro y acarreo de escombros fuera de obra.



Figura C.4 Plantilla y armado de la parrilla de la base del
filtro percolador.



Figura C.5 Habilitado de cimbra y colocación de banda de PVC de 152 mm (6 pulgadas).

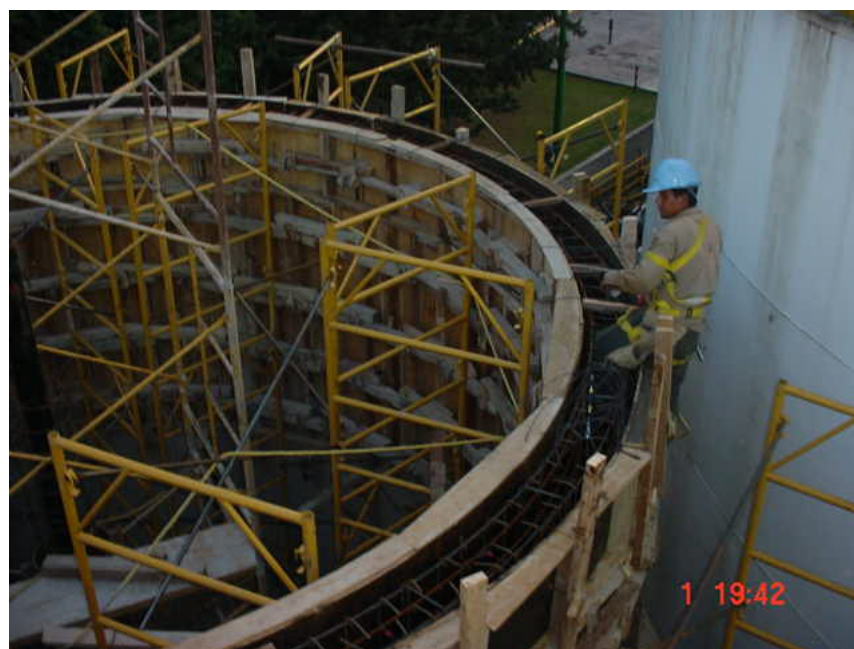


Figura C.6 Colado de elementos del filtro percolador y pulido de losa-fondo con llana metálica.



Figura C.7 Colado de elementos del filtro percolador.



Figura C.8 Colado de elementos del filtro percolador y
colocación de banda de PVC de 152 mm (6 pulgadas) en
juntas frías.



Figura C.9 Colocación de tubo de acero al carbón cédula 40, de 152 mm (6 pulgadas) de diámetro.



Figura C.10 Excavación en material Tipo II para construcción de Tanque de Bombeo.



Figura C.11 Habilitado de cimbra y acero de refuerzo para construcción de tanque de bombeo.



Figura C.12 Demolición de piso de concreto armado para desplante de Base del Sistema de Flotación por Aire Disuelto (Dissolved Air Flotation DAF)



Figura C.13 Habilitado de cimbra y acero de refuerzo para base del Sistema de Flotación por Aire Disuelto (Dissolved Air Flotation DAF)



Figura C.14 Concreto premezclado para base del Sistema de Flotación por Aire Disuelto (Dissolved Air Flotation DAF)



Figura C.15 Sistema de Flotación por Aire Disuelto (Dissolved Air Flotation DAF)



Figura C.16 Agua residual después de la separación de grasas
en el Sistema de Flotación por Aire Disuelto (Dissolved Air
Flotation DAF)



Figura C.17 Tanque de Bombeo en funcionamiento.



Figura C.18 Filtro Sedimentador en funcionamiento.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

Project Management for Engineering and Construction.

Garol D. Oberlender

McGraw Hill

Estados Unidos de América

1993

Método de la Ruta Critica y sus Aplicaciones a la Construcción.

Antill & Woodhead

Editorial Limusa

México

1995

Project Management-Techniques in Planning and Controlling

Ahuja

Wiley Series

Estados Unidos de América

1983

Informe de la Situación General en Materia de Equilibrio Ecológico y Protección al
Ambiente.

SEDESOL/INE

México

1992

Aprovechamiento de Aguas Residuales en la Agricultura: Situación Actual en
México, Cuernavaca.

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA)

México

1993

**PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO PARA LA AMPLIACIÓN
DE LA CAPACIDAD DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO
DE AGUA RESIDUAL DE LA INDUSTRIA ALIMENTICIA**

Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal, 5a edición

Arnal Simón Luis,

Editorial Trillas

México

2005

Diseño Estructural, 2ª edición

Piralla Meli

Editorial Limusa

México

2002

Ingeniería de Cimentaciones, Fundamentos e Introducción al Análisis Geotécnico

Delgado Vargas Manuel

Editorial AlfaOmega

Colombia

2000

Ingeniería de Cimentaciones

Peck Ralph B., Hanson Walter E., Thornburn Thomas H.

Editorial Limusa

México

1995

DIRECCIONES ELECTRÓNICAS

Proceso biológico (Tratamiento Secundario de Aguas Residuales):

<http://www.monografias.com/trabajos10/tratamie/tratamie.shtml>

Lodos Activados:

<http://html.rincondelvago.com/lodos-activados.html>

Tratamiento de Agua Residual:

[http://www.expreso.com.mx/PortalNovo/sitio/nota.php?cod_idioma=3&cod
_conteudo=6101&cod=273&tipoINICIO=&codconteudoINICIO=6101](http://www.expreso.com.mx/PortalNovo/sitio/nota.php?cod_idioma=3&cod_conteudo=6101&cod=273&tipoINICIO=&codconteudoINICIO=6101)

Información General sobre Agua Residual:

http://www.respyn.uanl.mx/i/3/ensayos/aguas_residuales.html

Reglamentación del Impacto Ambiental:

http://www.semarnat.gob.mx/marco_juridico/reglamentos/impacto.shtml

<http://www.worldbank.org/ogsimpact/esimoverviewsp.htm>

Ley de Aguas Nacionales:

[http://www.cna.gob.mx/eCNA/Espaniol/MarcoNormativo/Leyes/LeydeAguasNacion
ales.pdf](http://www.cna.gob.mx/eCNA/Espaniol/MarcoNormativo/Leyes/LeydeAguasNacionales.pdf)

Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos:

<http://www.cddhcu.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/1.pdf>

Normas Ecológicas:

<http://www.semarnat.gob.mx/leyesynormas>

Prueba Proctor Normal:

<http://www.semarnat.gob.mx/leyesynormas>

Prueba Proctor:

<http://www.demecanica.com/Geotecnia/geotecnia.htm>