

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**



TRABAJO DE GRADUACIÓN

TEMA:

**“GESTIÓN AMBIENTAL PARA EL MANEJO DE LAS AGUAS RESIDUALES
DOMESTICAS DE LA COLONIA “LA UNIÓN”
DEL MUNICIPIO DE SANTA ANA”**

PARA OPTAR AL GRADO DE:

INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR:

**ALAS CASTRO JOSÉ AGUSTÍN
GUERRA BRIZUELA DAVID DE JESÚS**

DOCENTE DIRECTOR:

ING. MAX ADALBERTO HERNÁNDEZ RIVERA

SEPTIEMBRE, 2009

SANTA ANA

EL SALVADOR

CENTRO AMÉRICA

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE

DECANO

LICDO. JORGE MAURICIO RIVERA

VICE DECANO

LICDO. Y MASTER ELADIO EFRAIN ZACARÍAS ORTEZ

SECRETARIO DE FACULTAD

LICDO. VÍCTOR HUGO MERINO QUEZADA

JEFE DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ING. RAÚL ERNESTO MARTÍNEZ BERMÚDEZ

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR

ING. Y MSC. RUFINO ANTONIO QUEZADA SANCHEZ

VICE-RECTOR ACADÉMICO

ARQ. Y MASTER MIGUEL ANGEL PEREZ RAMOS

VICE-RECTOR ADMINISTRATIVO

LICDO. Y MASTER OSCAR NOE NAVARRETE

SECRETARIO GENERAL

LICDO. DOUGLAS VLADIMIR ALFARO CHAVEZ

FISCAL GENERAL

DR. RENE MADECADEL PERLA JIMENEZ

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	I
CAPITULO 1.GENERALIDADES.....	1
1.1. DESCRIPCIÓN DEL TEMA	2
1.2. ANTECEDENTES	3
1.3. OBJETIVOS.....	6
1.4. ALCANCES GLOBALES	7
1.5. LIMITANTES PARA LA SOLUCIÓN A LA PROBLEMÁTICA	8
1.6. JUSTIFICACIÓN.	9
CAPITULO 2.SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO.....	10
2.1. TEORÍA BÁSICA.....	11
2.1.1.CONCEPTOS BÁSICOS.....	11
2.2. VOLÚMENES DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS.....	12
2.3. INFLUENCIAS EN EL MEDIO RECEPTOR DE LAS DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES.....	13
2.4. ALCANTARILLADO	14
2.4.1 SISTEMAS DE ALCANTARILLADOS.	14
2.5. ESTUDIOS DE POBLACIÓN.....	17
2.5.1.MÉTODO DE INCREMENTO ARITMÉTICO.....	17
2.5.2.MÉTODO DE INCREMENTO GEOMÉTRICO	18
2.6. CLASIFICACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES Y SUS CARACTERÍSTICAS.	19
2.6.1.AGUAS RESIDUALES URBANAS	20
2.7. METODOLOGÍA Y SISTEMA DE DRENAJE EN COLONIA LA UNIÓN.	29
2.7.1.CAUDAL DE DISEÑO PARA SISTEMA DE DRENAJE	29
CAPITULO 3.DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO	44
3.1. SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	45
3.1.1.SISTEMAS MECANIZADOS	46
3.1.2.SISTEMAS NO MECANIZADOS.....	46

3.1.3.ELEMENTOS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO.....	47
3.1.4.CAPTACIÓN Y PRETRATAMIENTO.	53
3.1.5.TRATAMIENTO.	54
3.1.6.FOTOCATÁLISIS.....	74
3.1.7REACTOR SOLAR FOTOCATALITICO.....	91
3.2. DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO.....	110
3.2.1.LOCALIZACIÓN Y UBICACIÓN.....	110
3.2.2.PARÁMETROS DE DISEÑO.....	111
3.2.2.1.COMPOSICIÓN TÍPICA DEL AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA.....	111
3.2.3.COMPONENTES DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO PROPUESTO..	112
3.2.4..... MEMORIA DE CÁLCULO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO..	113
3.2.4.1.DISEÑO DE LA CÁMARA DE REJAS.....	113
3.2.4.2.DISEÑO DE TRAMPA DE GRASAS.....	115
3.2.4.3.DISEÑO DE DESARENADOR (DE FLUJO HORIZONTAL)	116
3.2.4.4.DISEÑO DE MEDIDOR DE CAUDAL TIPO PARSHALL	119
3.2.4.5.DISEÑO DE SEDIMENTADOR PRIMARIO	123
3.2.4.6.DISEÑO DE DIGESTOR DE LODOS.....	125
3.2.4.7.DISEÑO DE LECHOS DE SECADO DE LODOS.....	126
3.2.4.8.DISEÑO DEL REACTOR FOTOCATALITICO.....	127
3.2.4.8.1.ESQUEMA DE TRABAJO DE LA DEGRADACIÓN FOTOCATALÍTICA DE AGUAS RESIDUALES.....	127
3.2.4.8.2.PARTE EXPERIMENTAL.....	127
3.2.4.8.2.1.SONDEO CUALITATIVO DEL TIPO DE AGUA DE LA MUESTRA	127
3.2.4.8.3.ESTUDIO CINÉTICO	128
3.2.4.8.4.PROCEDIMIENTO DEL TRATAMIENTO FOTOCATALÍTICO: ...	128
3.2.4.8.5.SONDEO CUALITATIVO DE MUESTRAS DE AGUA RESIDUAL DE TIPO DOMESTICO.....	129
3.2.4.8.6.DEGRADACIÓN FOTOCATALÍTICA DE AGUA RESIDUAL DE TIPO DOMESTICA.....	130
3.2.4.8.7.ANÁLISIS POSTERIORES.....	135

3.2.4.8.8.PRESENTACIÓN DEL PROYECTO DE DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS DE LA COLONIA LA UNION.....	137
CAPITULO4.EVALUACIÓN RÁPIDA DE IMPACTO AMBIENTAL.....	138
4.1.DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES DEL PROYECTO POTENCIALMENTE IMPACTANTES.....	139
4.2. IDENTIFICACIÓN DE FUENTES DE IMPACTO AMBIENTAL	139
4.3. IDENTIFICACIÓN DE LOS EFECTOS POTENCIALES.....	141
4.4. DESCRIPCIÓN DE LOS EFECTOS POTENCIALES	142
4.4.1.EFECTOS POTENCIALES SOBRE EL SUELO.....	142
4.4.2EFECTOS POTENCIALES SOBRE EL AGUA.....	143
4.4.3.EFECTOS POTENCIALES SOBRE LA ATMÓSFERA.....	144
4.4.4.EFECTOS POTENCIALES SOBRE LA FLORA	145
4.4.5 EFECTOS POTENCIALES SOBRE LA FAUNA.....	145
4.4.6.EFECTOS POTENCIALES SOBRE EL MEDIO SOCIOECONÓMICO	145
4.4.7.IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE IMPACTOS	147
CONCLUSIONES.....	160
RECOMENDACIONES.....	162
BILIOGRAFIA	164
ANEXOS	

INTRODUCCIÓN

Las aguas residuales por su naturaleza y composición misma requieren de una renovada visión para un uso alternativo. El aprovechamiento apropiado de este recurso está sujeto a encontrar soluciones congruentes y de largo plazo, encaminadas a resolver una problemática multifacética y compleja, que va de lo urbano a lo rural; que desde lo económico incide en lo social e impacta en lo político. El natural crecimiento demográfico de El Salvador y la generación de aguas residuales, particularmente en las zonas urbanas, están provocando serias alteraciones ecológicas, deteriorando paulatinamente los recursos naturales del entorno. Adicionalmente a lo anterior, la precaria, obsoleta e insuficiente infraestructura con que se cuenta para el tratamiento de las Aguas Residuales, aunado al inadecuado manejo de aguas crudas representa un serio riesgo no solo a los habitantes de las zonas marginales, por donde circulan estas aguas, sino a la sociedad en su conjunto. La contaminación del medio ambiente por medio del manejo inadecuado de las aguas residuales es una de las razones que mantienen a un país en condiciones sociales deplorables, la cual se da en muchos casos por la falta de infraestructura adecuada que posibilite tener condiciones higiénicas aceptables.

En la actualidad en nuestro país todavía existen muchas comunidades que no tienen acceso a sistemas adecuados de disposición de aguas residuales de uso doméstico por lo que esta se convierte en un medio de contaminación de los mantos acuíferos y proliferación de zancudos, moscas y otros insectos que generan enfermedades virales y gastrointestinales, atentando contra la salud de la población.

Es así como en el desarrollo del capítulo I , muestra la problemática de la colonia con respecto al manejo de las aguas residuales, y la necesidad de implementación del diseño del sistema de alcantarillado la cual no cuenta con el mismo, buscando la solución que mas se adapte a las necesidades de la misma, mostrando los

argumentos en el planteamiento del problema y los objetivos que se persiguen para su solución; así como los alcances que tendrá el presente estudio plasmado en el documento, el cual es la parte esencial del presente documento.

El capítulo II, consiste en la teoría básica para que se pueda vislumbrar cada concepto y darle validez lógica mediante el concepto de cada uno de ellos; En el capítulo II, se detalla el diseño hidráulico de la red a proyectar, se muestran planimetrías, perfiles y hojas de cálculo de los colectores a diseñar; así como planos de la ciudad conteniendo el plano general de la red de alcantarillado; en el capítulo III se desarrolla la memoria de cálculo del diseño de la planta de tratamiento con sus respectivos planos de diseño además comprende el presupuesto de las obras civiles de red de alcantarillado y la planta de tratamiento.

El capítulo IV, se despliega una evaluación rápida de impacto ambiental del proyecto que se pretende llevar a cabo, lo cual sirve para garantizar que las actividades que se realicen dentro del proyecto no ocasionen daños lamentables al ecosistema en el área de influencia así como a las personas que se encuentran aguas debajo de la quebrada “El Chaparral”.

En este capítulo se presentara además las conclusiones y recomendaciones respectivas del proyecto.

CAPITULO I

1.GENERALIDADES

1.1. DESCRIPCIÓN DEL TEMA

La falta de la recolección, canalización y tratamiento de las aguas residuales de tipo doméstico que son generadas por los habitantes de la Colonia La Unión, cantón primavera, municipio de Santa Ana, es una de las fuentes de contaminación de los diferentes componentes ambientales: recursos hídricos, flora y la salud de los habitantes en el área y zonas aledañas.

El problema es debido a que esta colonia no cuenta con un sistema de drenaje sanitario para las aguas residuales, y solo existen dos formas de evacuación inadecuadas. Una, por medio de letrinas del tipo fosa séptica y otra, la tradicional de hoyo; las cuales han sido construidas sin tomar en cuenta las recomendaciones de los expertos en este tipo de sistema.

Es por esto que al no existir ningún colector de agua de La Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados, ANDA, se realizan descargas hacia las cunetas las cuales desembocan directamente en la quebrada “El Chaparral”, ubicada en el costado oriente de la zona de estudio, y esta a su vez desemboca en el río El Molino, receptor de descargas de aguas residenciales sin tratamiento de otras colonias aledañas.

Esta quebrada de invierno, podría ser una buena opción para verter las aguas residuales provenientes de la colonia “La Unión” siempre y cuando se realice un previo tratamiento, ya que en la actualidad se vierten las aguas jabonosas contaminando los recursos naturales del lugar.

A partir de esta situación, existe la necesidad de crear una planta de tratamiento de aguas residuales de tipo doméstico que se apegue a la Ley del Medio Ambiente y sus reglamentos, los cuales no permiten realizar directamente este tipo de descarga.

Es por ello, que se implementará el sistema de tratamiento llamado “FOTOCATALÍTICO” producto de investigación de la “UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR” en la “FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA” en la tesis

“PROPUESTA DE UN TRATAMIENTO FOTOCATALÍTICO DE AGUAS RESIDUALES DE UNA INDUSTRIA FARMACÉUTICA”.

Este sistema, será exclusivo para la colonia “La Unión” como plan piloto, el cual funcionara por gravedad, contribuyendo así a una menor contaminación de la quebrada “El Chaparral” y el río “El Molino”.

1.2. ANTECEDENTES

La colonia “La UNIÓN”, ubicada en el cantón PRIMAVERA, caserío primaverita jurisdicción de Santa Ana, fue fundada en febrero del año de 1984. Esta, se construyo debido a la necesidad de vivienda para las personas desplazadas de su lugar de origen debido al conflicto armado que se vivía en el país en esa época década de los años 80'-90'.

La mayoría de su población es originaria de la zona norte del país, quienes al ver amenazadas sus vidas fueron obligadas a dejar sus pertenencias y buscar refugio en zonas menos conflictivas.

Ante toda adversidad, estas personas tuvieron que iniciar su vida sin más apoyo que el de la iglesia Católica, ya que fue esta la que compro el terreno donde está fundada dicha colonia y luego lo parcelo para donar a cada familia su respectivo lote.

En los inicios de la comunidad, las personas fueron víctimas de marginación por parte de las colonias vecinas. Sin embargo, con el paso del tiempo y través de su directiva comunal la colonia ha venido solicitando a diferentes ONG'S el apoyo para poder tener en la actualidad algunos servicios básicos como agua potable, energía eléctrica.; logrando así un desarrollo igual al de las colonias vecinas.

La Colonia “La Unión” está localizada en el kilómetro 62.5 sobre la Carretera Antigua que conduce de Santa Ana a San Salvador, en la ciudad de Santa Ana

(ver anexo 1), con un área de cinco manzanas aproximadamente. Se encuentra ubicada a una altura media de 725 metros sobre el nivel del mar. Sus coordenadas geodésicas centrales son las siguientes: *longitud= N13° 57' 57.6"*; *latitud= W89° 32' 44.0"*.

Esta colonia no cuenta con un sistema de distribución de calles y avenidas reglamentado, ya que no cumplen con anchos mínimos de calle y Avenida, según el reglamento de Urbanismo, los cuales debieron tomarse en cuenta al inicio del diseño de construcción de la zona habitacional.

Por otro lado, la Colonia La Unión cuenta con los servicios básicos de agua potable, transporte público, recolección de desechos sólidos, telefonía, accesos viales y energía eléctrica.

Así mismo, la flora en la colonia es abundante, en ella se encuentran una cantidad de árboles tales como: conacaste y almendros entre otras clases. Estas zonas verdes se expanden hasta la quebrada el chaparral.

Los proyectos de carácter social generan beneficios para la población, estos mejoran considerablemente la calidad de vida de las personas. Un Sistema de alcantarillado sanitario es un proyecto de este tipo, pues este contribuye a que existan las condiciones básicas de salubridad.

Entre los problemas de mayor interés que se pueden mencionar es la contaminación a las aguas subterráneas que genera toda la descarga de aguas residuales de la comunidad ya que todo el sistema es de letrina de hoyo en el mejor de los casos.

La colonia presenta un alto grado de crecimiento desordenado de la población contribuyendo a la generación de más agua residual, para luego estas ser descargadas directamente a los mantos acuíferos.

La contaminación que se genera por estas aguas residuales acarrea problemas, como la proliferación de enfermedades, pues estas no son tratadas y el sistema de vertido es bastante rudimentario. A la vez, este tipo de suelo donde se elaboran las fosas sépticas presenta altos contenidos de arcilla ocasionando concentraciones de agua residual generando una gran proliferación de vectores, malos olores y descomposición de los desechos.

Así mismo, los terrenos en esta comunidad son de una extensión bastante reducida por lo que las personas están en una gran cercanía con las letrinas de depósito de estos desechos.

A la vez, se pudo identificar con la visita a esta comunidad, las constantes enfermedades intestinales de las que sufren esta población por el mismo hecho de no poseer un sistema de drenaje sanitario adecuado.

Igualmente habrá la necesidad de implementar un sistema de tratamiento de las aguas residuales. Así, posteriormente depositarlas a la quebrada “El Chaparral” aledaña a esta comunidad para efectos de cumplimiento de la “Ley del Medio Ambiente” que entro en vigencia a partir del año de 1998 como parte del “Programa de Adecuación Ambiental” el cual consiste en la protección del medio ambiente haciendo cumplir una serie de requisitos para implementación de nuevos proyectos para el caso el sistema de alcantarillado Sanitario de de La colonia La Unión.

Es por ello, que si no existe un sistema de tratamiento de estas aguas residuales, y se descargan así a la quebrada antes mencionada, no se estaría siendo amigable con el medio ambiente ya que se estaría contribuyendo a la contaminación de toda la vida vegetal y animal a los alrededores de esta quebrada.

Esto mismo, contribuiría a la proliferación de insectos y estaríamos trasladando el problema a las personas que viven a la rivera de esta quebrada y aguas abajo.

1.3. OBJETIVOS.

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Contribuir a la mejora de la calidad de vida de los habitantes de la colonia “La Unión” por medio del diseño de su Sistema de Alcantarillado Sanitario y Planta de Tratamiento.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Realizar todos los cálculos que sean necesarios para el diseño del alcantarillado sanitario y la planta de tratamiento.

Elaborar el diseño del alcantarillado sanitario, tomando en cuenta todos los lineamientos establecidos por las normas técnicas de ANDA para que este sea funcional y económico.

Elaborar el diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales por medio del sistema foto catalítico, tomando en cuenta todos los lineamientos establecidos por las normas técnicas de ANDA.

Hacer el levantamiento topográfico de la de la Colonia la Unión junto con el terreno donde se pretende construir la planta de tratamiento.

1.4. ALCANCES GLOBALES

La implementación de un sistema de alcantarillado sanitario para la Colonia la Unión tendría grandes aportes para sus habitantes, entre ellos se puede mencionar facilidad y economía para disponer de las aguas residuales; protección del medio ambiente; protección de la salud; mejoramiento de la estética y el paisaje de la colonia; para ello a continuación detallaremos una serie de alcances.

- Se realizara un Levantamiento altimétrico y planimétrico de la colonia “LA UNIÓN” y del Terreno donde se construirá la planta de tratamiento.
- Se Diseñará el sistema de drenaje de aguas residuales y tratamiento de las mismas provenientes de toda la Colonia La Unión.
- Elaboración de planos de distribución de el sistema de alcantarillado y ubicación de la Planta de tratamiento
- Implementar el método de tratamiento de Aguas Residuales, el cual se denomina “FOTOCATÁLISIS” para la planta de tratamiento de la colonia.
- Presupuesto total para la ejecución del proyecto de alcantarillado sanitario y la planta de tratamiento.
- Realizar un Estudio rápido de Impacto Ambiental del proyecto.
- Aplicación de los reglamentos y normativas salvadoreñas en la realización de los diseños.

1.5. LIMITANTES PARA LA SOLUCIÓN A LA PROBLEMÁTICA

Los aspectos culturales son de mucha importancia para una población ya que una población educada asimila rápidamente los problemas en los que se ven inmersos, y por ende contribuyen a la solución, en la colonia la unión la mayoría de su población no cuentan con una educación de nivel básico por lo tanto eso puede generar algunas limitantes para la implementación del proyecto “GESTION AMBIENTAL PARA EL MANEJO DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS DE LA COLONIA “LA UNIÓN” DEL MUNICIPIO DE SANTA ANA”

- Topografía del terreno: por la topografía del terreno no es posible conectar a colectores de Anda ubicados en la zona poniente de la comunidad en comunidades vecinas.
- Factibilidad de Anda: no se pudo obtener factibilidad de Anda para conectar en un colector ubicado en la colonia Vella Vista, ya que ahí se era favorable las condiciones topograficas, pero Anda dijo que ese colector ya estaba trabajado a tubo lleno.
- Aspecto Economico: Al querer conectar en un colector ubicado en la zona poniente de la colonia la Union, ubicado en las comunidad vecina el proyecto se hacia muy caro ya que habria que bomear el agua a dicho colector.

1.6. JUSTIFICACIÓN.

Toda actividad realizada por el hombre debe ser amigable con el medio ambiente, es por ello que la recolección, conducción y disposición final de las aguas residuales es indispensable en todo proyecto urbanístico, en el caso de la colonia “LA UNIÓN” es una necesidad, ya que es una forma de reducir el impacto al medio ambiente en el que habitamos todos y si no hacemos algo para mejorar la calidad de vida seremos los causantes de una catástrofe mundial del aniquilamiento de los seres humanos.

El tratamiento de las aguas residuales ayudará a reducir los índices de contaminación existentes en las aguas superficiales, a la disminución de enfermedades en la población, a mejorar la calidad de vida de los habitantes de la colonia “LA UNIÓN”, reducir las enfermedades intestinales ya que algunos casos particulares utilizan agua de pozos artesanales como de consumo.

Con este tipo de proyecto se pretende beneficiar a la población de la comunidad de una manera directa así como también al medio ambiente ya que con una adecuada recolección y sobre todo, tratamiento y disposición final de las aguas residuales, se pretende minimizar el impacto ecológico actual en la zona provocado por efecto de dichas aguas, ya que la infiltración de las mismas provoca la diversidad de impactos negativos mencionados anteriormente.

CAPITULO II

2. SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO

2.1. TEORÍA BÁSICA.

En el contenido de este capítulo se presentan algunas definiciones relacionadas con los sistemas de alcantarillado sanitario y el tratamiento de las aguas residuales a través del sistema fotocátalisis, con el objetivo de poseer un conocimiento teórico que pueda servir para comprender muchos conceptos que manejamos referente a este tipo de sistemas y que nos son de utilidad para la vida pero que en realidad no se tiene una definición adecuada.

2.1.1. CONCEPTOS BÁSICOS.

Definiciones de interés para el lector sobre el tema relacionado a las aguas residuales.

2.1.1.1. Aguas Residuales*

Es el residuo líquido transportado por una alcantarilla, el cual puede incluir descargas domésticas industriales, así como también aguas lluvias, infiltraciones y flujos de entrada; Agua que ha recibido un uso y cuya calidad ha sido degradada por la incorporación de agentes contaminantes. Más comúnmente utilizado en plural, aguas negras, define un tipo de agua que está contaminada con sustancias fecales y orina, procedentes de desechos orgánicos humanos o animales. Su importancia es tal que requiere sistemas de canalización, tratamiento y desalojo. Su tratamiento nulo o indebido genera graves problemas de contaminación.

2.1.1.2. Aguas Residuales Domesticas*

El agua residual doméstica está compuesta de constituyentes física, química y biológica. Es una mezcla de sustancias orgánicas e inorgánicas, suspendidas o disueltas. La mayor parte de la materia orgánica consiste en residuos alimenticios, excretas, materia vegetal, sales minerales y materiales diversos como jabones y detergentes sintéticos.

* METCALF & EDDY, Ingeniería Sanitaria. redes de alcantarillado y bombeo de aguas residuales

La fracción orgánica corresponde al 70% de la cantidad de materia sólida el 30% restante es inorgánico.

2.1.1.3. Las aguas Pluviales*

Son aquellas formadas por el escurrimiento superficial de las lluvias, que fluyen desde los techos, pavimentos y otras superficies naturales del terreno.

2.1.1.4. Aguas de Filtración*

Son las que penetran en las alcantarillas por filtración en el terreno, de forma no controlada.

2.1.1.5. Agente Contaminante *

Toda aquella sustancia cuya incorporación a un cuerpo de agua conlleve el deterioro de la calidad física, química o biológica de este.

2.2. VOLÚMENES DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS.

La cantidad de aguas residuales domésticas es igual al agua consumida del sistema de abastecimiento menos el agua utilizada para cocinar, beber, regar el césped y el jardín. Según las normas técnicas de A.N.D.A. (anexo 2) mencionan que el caudal de diseño para aguas negras tendrá como base el consumo máximo horario total determinado para el abastecimiento de agua potable.

Se considera que solo el 80% del consumo máximo horario total correrá por la alcantarilla, junto con el caudal provocado por infiltración a lo largo de la tubería y cuyo valor será de 0.2 lts/seg/hectárea, para tubería de cemento y de 0.1 lts/seg./ hectárea para tuberías de PVC debiéndose afectar el caudal resultante por un factor (k), que esta sobre la base del diámetro de la tubería utilizada, establecidas por normas técnicas de ANDA (ver anexo 2). Lo anterior se resume con:

$$Q_d = (0.8 Q_{maxh} + 0.2 \text{ lts/seg/ha.}) k \text{ (tubería de cemento)} \quad \text{Ec. 2.1}$$

* Fuente: METCALF & EDDY, Ingeniería Sanitaria. redes de alcan Alcantarillado y bombeo de aguas residuales

$$Q_d = (0.8 Q_{maxh} + 0.1 \text{ lts/seg./ha.}) k \text{ (tubería de PVC)} \quad (\text{Ec. 2.2})$$

Las variaciones horarias de los caudales de agua residual observados en las plantas de tratamiento, tienden a seguir una cierta pauta diaria, Los caudales mínimos se producen durante las primeras horas de la mañana, cuando el consumo de agua es más bajo y el caudal circulante se debe, principalmente, a escapes, infiltraciones y pequeñas cantidades de agua residual. El Primer pico del caudal se presenta, en general, inmediatamente después del máximo uso del agua, producido a última hora de la mañana. Un segundo pico se presenta, normalmente, en las últimas horas de la tarde, entre las 7:00pm y las 9:00pm, aunque es muy variable según el tamaño de la población servida y la longitud de la red de alcantarillado

Cuando los caudales de agua extraña a la red (infiltración y conexiones incontroladas) son mínimos, los cursos de descarga de agua residual son prácticamente paralelos a los de consumo de agua.

2.3. INFLUENCIAS EN EL MEDIO RECEPTOR DE LAS DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES.

Uno de los contaminantes más dañinos para las aguas naturales es el descargar aguas residuales, ya sea domesticas o industriales. Produciendo es estas modificación de las propiedades del agua natural.

Efectos negativos que produce el descargar las aguas residuales en los cuerpos receptores:

1. Vertido de sustancias orgánicas degradables: producen una disminución del oxígeno disuelto, ya que los microorganismos que degradan la materia orgánica consumen oxígeno para su oxidación. Si la demanda de oxígeno es superior a la aireación por disolución de oxígeno atmosférico, se puede llegar a un ciclo

anaerobio: se consume oxígeno combinado en lugar de molecular, creándose un ambiente reductor, con la aparición de amoníaco, nitrógeno y ácido sulfhídrico, y la reducción de sulfatos a sulfuros; el agua se torna oscura, de olor desagradable y con gérmenes patógenos. El método más usado es el de la demanda biológica de oxígeno, que se simboliza DBO. La DBO se define como la cantidad de oxígeno usada por la materia orgánica en la estabilización del agua residual o servida en un período de 5 días a 20° C. El concepto de DBO es muy usado y, por lo tanto, se requiere una especial comprensión del mismo.

2. Incorporación de compuestos tóxicos, tanto orgánicos como inorgánicos. Eliminan los organismos depuradores, o bien inhiben su desarrollo impidiendo reacciones enzimáticas. Intoxican también el pene a varios niveles de la cadena trófica, desde microorganismos hasta animales superiores.

3. Incorporación de materia en suspensión, que reduce la entrada de luz y atasca los órganos respiratorios y filtradores de muchos animales.

4. Alteración del equilibrio salino (balance en sodio, calcio, etc...) y del pH.

2.4. ALCANTARILLADO

2.4.1 Sistemas de Alcantarillados.***

Alcantarilla pluvial, Transporta aguas lluvias y cualquier otro residuo puede ser descargada en las calles o sobre la superficie del suelo.

Un sistema de alcantarillado, es el conjunto de obras e instalaciones destinadas a propiciar la recolección, evacuación, acondicionamiento (depuración cuando sea necesaria) y disposición final desde el punto de vista sanitario de las aguas residuales de una comunidad.

* Fuente: METCALF & EDDY, Ingeniería Sanitaria. redes de alcan Alcantarillado y bombeo de aguas residuales

Red de alcantarillado, conjunto de tuberías comprendiendo colectores secundarios, colectores troncales, interceptores, emisores, estaciones elevadoras, sifones invertidos y equipo accesorio.

Caja de inspección domiciliaria: Cámara localizada en el límite de la red pública y privada, la cual recoge los desagües internos sanitarios, pluviales o combinados provenientes del inmueble.

Conexión domiciliaria o acometida de alcantarillado: Conducto que recoge y transporta las aguas negras, lluvias o combinadas, desde la caja de inspección domiciliaria hasta la red local de alcantarillado que la recibe.

Red pública: conjunto de redes matrices y locales que conforman el sistema de alcantarillado.

Alcantarillado combinado: sistemas compuestos por todas las obras destinadas a la recolección y transporte, tanto de las aguas residuales como de las aguas lluvias.

Alcantarillado separado: sistema de alcantarillado de un mismo sector, que transporta en forma independiente la aguas lluvias y residuales. Dependiendo del tipo de agua que transporte el alcantarillado separado, se denominará sanitario o pluvial.

Tramos iniciales: como su nombre lo indica, corresponde a los tramos que dan comienzo al sistema de alcantarillado, los cuales generalmente reciben las conexiones domiciliarias en forma directa de las edificaciones.

Tramos secundarios: reciben caudales de aporte de uno (1) o más tramos iniciales.

Alcantarillados o colectores principales: reciben los caudales de los anteriores, pero siguiendo líneas directas de evacuación de un determinado sector.

Emisario final: corresponde a colectores que llevan parte o la totalidad de las aguas lluvias, sanitarias o combinadas de una localidad hasta el sitio de vertimiento o a las plantas de tratamiento de aguas residuales.

Estructura-pozo: estructura en concreto reforzado construida para la unión de uno (1) o más colectores, con el fin de permitir cambios de alineamiento horizontal y vertical en el sistema de alcantarillado.

Pozo de inspección: estructura en ladrillo y concreto reforzado, de forma cilíndrica, que remata generalmente en su parte superior en forma troncocónica, y con tapa removible, la cual se construye con el objeto de permitir el acceso y mantenimiento de la estructura - pozo y en general del sistema de alcantarillado. (También puede ser prefabricado)

Pozo de alcantarillado: denominación dada a la estructura típica de intersección de colectores, comprendida por la estructura - pozo y el pozo de inspección. En general, se utiliza el término pozo de alcantarillado o pozo de inspección de alcantarillado.

Cámaras de caída: Estructura adicional al pozo de inspección, que se construye con un sifón de caída, cuando la diferencia de los niveles de llegada y salida en la estructura - pozo son generalmente superiores a 0.80 metros, y su función es dar continuidad al flujo en forma suave y regulada, para entregar las aguas mínimas directamente al fondo del pozo.

Plantas de bombeo, instalaciones electromecánicas y obras civiles destinadas a elevar las aguas, evitando de esa forma, la profundidad excesiva de las tuberías y en otros casos para posibilitar la entrada en las estaciones de depuración o descarga final en el cuerpo de agua receptor.

Equipo accesorio, obras e instalaciones complementarias del sistema de alcantarillado sanitario. Comprenden pozos de inspección, tanques de lavado.

2.5. ESTUDIOS DE POBLACIÓN**

Método estadístico para estimar población futura En Ingeniería Sanitaria, los métodos estadísticos más usados para la estimación de poblaciones futuras se pueden clasificar en analíticos y gráficos.

En este proyecto, se tratarán únicamente los analíticos, los cuales son:

- Incremento aritmético
- Incremento geométrico

2.5.1. MÉTODO DE INCREMENTO ARITMÉTICO

Es un método que proporciona un buen criterio para comparación; se caracteriza en que para períodos iguales, el incremento es constante y gráficamente se comporta como una recta. Como cualquier método, tiene desventajas; en el caso de este método, se necesita mucha información para poder tener un resultado, de acuerdo con el aumento poblacional real.

Su fórmula se describe a continuación:

$$Y_m = Y_1 + (Y_1 - Y_e) \left(\frac{T_m - T_1}{T_1 - T_e} \right) \quad ** \quad \text{Ec.2.3}$$

**Fuente: Hidráulica Samuel Trueba Coronel, editorial continental Séptima edición.

En donde:

Y_m = Población futura

Y_1 = Población del último censo

Y_e = Población del penúltimo censo

T_m = Fecha de diseño

T_1 = Fecha del último censo

T_e = Fecha del penúltimo censo

2.5.2 MÉTODO DE INCREMENTO GEOMÉTRICO**

Este método es apropiado para poblaciones pequeñas con poca probabilidad de crecimiento, cuya gráfica se comporta como una curva. Tiene la ventaja de que no necesita muchos datos de información, pero su desventaja es que se puede estimar demasía la población.

Su fórmula se describe a continuación:

$$Y_m = Y_1(1 + r)^{T_m - T_1}$$

Ec.2.4

En esta, la notación es la misma al método anterior; salvo la razón geométrica (r), que se calcula de la siguiente fórmula:

$$r = (T_1 - T_e) \sqrt{\left(\frac{Y_1}{Y_e}\right)} - 1$$

Ec. 2.5

En el presente trabajo, la población futura de la Colonia “LA UNIÓN”, será calculada por los métodos Aritmético y Geométrico para posteriormente, evaluar los resultados obtenidos y tomar una decisión respecto. A la población definitiva a considerar en el estudio.

Otra forma de expresar las formulas es la siguiente:

Aritmético

$$P_n = P_o (1+rn) \quad ((P_2 - P_1)/P_1) * 100 = r \quad \text{Ec. 2.6}$$

Geométrico

$$P_n = P_o (1+r)^n \quad r = (P_2/P_1)^{(1/n)} - 1 \quad \text{Ec. 2.7}$$

2.6. CLASIFICACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES Y SUS CARACTERÍSTICAS.

La procedencia de las aguas residuales se analiza para determinar aquellos constituyentes de las mismas que pueden causar contaminación y para facilitar la elección del tipo de tratamiento más adecuado; en este sentido contaminar un cuerpo hídrico significa alterar sus características físicas, químicas y biológicas empeorando su calidad, ya que resultan ser menos aptas para usos benéficos, afectando directamente a sus usuarios.

A causa de los vertidos líquidos a los cursos de aguas naturales, surgen cambios en las concentraciones de materia orgánica que modifican la temperatura, nutrientes y oxígeno disuelto en el medio acuático. Además estas alteraciones favorecen el crecimiento de unas especies a causa de otras de menor valor, produciendo de esta manera cambios en el ecosistema.

Agua Residual (A.R.), es aquella que procede de haber utilizado un agua natural, o de la red, en un uso determinado. Las A.R. cuando se desaguan se denominan vertidos y éstos pueden clasificarse en función:

Del uso prioritario u origen: Aguas Residuales Urbanas (A.R.U.) o Aguas Residuales Industriales (A.R.I.)

De su contenido en determinados contaminantes los vertidos residuales arrastran compuestos con los que las aguas han estado en contacto. Estos compuestos pueden ser:

Según su Naturaleza:

i) Conservativos: Su concentración en el río depende exactamente de la ley de la dilución del caudal del vertido al del río. Generalmente: Compuestos Inorgánicos y estables (Cl, SO₄).

ii.) No Conservativos: Su concentración en el río no está ligada directamente a la del vertido. Son todos los compuestos orgánicos e inorgánicos que pueden alterarse en el río por vía Física, Química o Biológica (NH₄, Fenoles, Materia Orgánica)

2.6.1. AGUAS RESIDUALES URBANAS***

Procedencia de la contaminación en los núcleos urbanos:

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

Tipos de contaminantes:

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

2.6.1.1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.

Las aguas residuales en su mayoría contienen grandes cantidades de sólidos, estos pueden estar disueltos, suspendidos o flotando y su determinación

**Fuente: TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, R.S Ramalho, Faculty of Science and Engineering, Laval University, Quebec, Canada

es importante en las obras de ingeniería sanitaria, porque indica la concentración de las aguas negras en un determinado caudal y la intensidad como índice de su potenciabilidad para causar prejuicios, y además permite estimaciones en cuanto a la reducción de los sólidos que se puede llevar a cabo en las distintas etapas del proceso de tratamiento.

A) Sólidos Totales**

En su totalidad los constituyen la materia orgánica e inorgánica presente en las aguas residuales. Las aguas negras pueden ser diluidas o concentradas, dependiendo de la cantidad de agua en la cual se encuentran en suspensión o en solución, y la cantidad de sólidos contenidos; estos son importantes como indicio de la concentración de aguas negras, y de la intensidad del tratamiento necesario.

B) Sólidos Suspendidos**

En las aguas negras se encuentran presentes una cantidad de impurezas que han sido clasificadas de acuerdo a su grado de dispersión o del tamaño de sus partículas; entre éstas impurezas se encuentran los sólidos suspendidos, que son todos aquellos que se encuentran en suspensión y que algunos son perceptibles a simple vista en el agua, por lo general son materias sólidas y gruesas como: polvo, arcillas, astillas de madera, papel, partículas de alimento, materias fecales, basuras y otros materiales semejantes. Estos sólidos pueden separarse del agua por medios físicos y químicos, como sedimentación, filtración y adición de coagulantes.

C) Sólidos Disueltos**

Los sólidos disueltos propiamente dichos de las aguas residuales se componen de moléculas orgánicas e inorgánicas, que se encuentran en disolución en el agua.

**Fuente: TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES , R.S Ramalho, Faculty of Science and Engineering, Laval University, Quebec, Canada

D) Sólidos Sedimentables**

Los sólidos sedimentables definen aproximadamente la cantidad de materia orgánica en suspensión y sedimentable que se obtiene en el agua tratada a través del proceso físico de sedimentación. Son una parte de los sólidos suspendidos con tamaño y peso necesario para su sedimentación, cuyo periodo generalmente es una hora.

E) Color**

Es la impresión ocular producida por las materias en el agua, como el hierro y el manganeso. Es preciso distinguir el color verdadero con el color aparente, el primero es debido a las sustancias minerales disueltas, especialmente sales de hierro, manganeso y materias coloidales de naturaleza orgánica, el segundo es debido a partículas muy finas que se encuentran en suspensión y desaparecen después que las mismas se sedimentan.

El color puede proporcionar una idea preliminar de los contaminantes presentes y además es un elemento de gran ayuda para determinar el origen de la contaminación.

En el agua residual reciente su color es gris-blanco y tienen un olor no desagradable, a medida que pasa por el estado de descomposición realizado por bacterias, el oxígeno disuelto se reduce a cero, y su color cambia gradualmente de gris a negro, desarrollando un olor ofensivo y desagradable; es cuando los sólidos negros aparecen flotando en la superficie y en todo el líquido, denominándose en este momento aguas sépticas.

En el laboratorio se determina el color por medio de análisis colorimétricos o espectrofotométricos, cuyos resultados se expresan en UCV (Unidades de Color Verdadero) en la escala platino-cobalto (Pt-Co)

**Fuente: TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES , R.S Ramalho, Faculty of Science and Engineering, Laval University, Quebec, Canada

F) Turbiedad**

La turbiedad Se debe al contenido de materias en suspensión como: arcilla, limo, materia orgánica finamente dividida, bacterias similares y organismos microscópicos, que en caso de alta concentración provocan problemas al paso de la luz solar y por consiguiente los fenómenos de fotosíntesis.

Este parámetro puede ser medido en el laboratorio con un aparato llamado turbidímetro y el resultado respectivo expresado en UTN (Unidad Nefelométrica de Turbiedad)

G) Olor**

Es la impresión producida en el olfato por las materias volátiles contenidas en el agua.

Los olores putrefactos indican que las aguas negras están alteradas o son sépticas. Dichos olores provienen de la descomposición de la materia orgánica lo cual produce gases. El control de olor del agua residual suele conseguirse mediante procesos de preaireación y precloración y también existen fuertes agentes oxidantes como el ozono para tratar sustancias causantes de olor en los afluentes de los tratamientos preliminares. El control de olor en las áreas de secado de lodos es raramente necesario, si éstos están bien estabilizados o mineralizados.

H) Potencial de Hidrógeno (pH) **

Es un parámetro que mide la intensidad ácida o alcalina del agua. Los valores de potencial de hidrogeno (pH) van de 0 a 14; los valores por debajo de 7 denotan acidez creciente, el valor de 7 indica la neutralidad y los valores por encima de 7 indican alcalinidad creciente.

I) Temperatura**

La temperatura del agua es un parámetro muy importante por su efecto en la vida acuática; pues un cambio repentino de ésta puede repercutir en un alto

**Fuente: TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES , R.S Ramalho, Faculty of Science and Engineering, Laval University, Quebec, Canada

porcentaje de mortalidad de la vida acuática y el crecimiento acelerado de algas y hongos. La temperatura de las aguas residuales varía ligeramente con las estaciones. Las temperaturas superiores a la normal indican residuos industriales calientes, y temperaturas menores a la normal, indican la incorporación de aguas subterráneas y superficiales.

2.6.1.2. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

Las aguas residuales contienen materia orgánica e inorgánica, provenientes de los residuos animales, vegetales y de actividades humanas, así como los diferentes desechos que no son degradables, lo cual altera las características químicas de las aguas en presencia de ciertos compuestos tales como: nitrógeno total, fósforo total, aceites y grasas. En este sentido existen parámetros que miden el grado de contaminación relacionado con el oxígeno consumido. En las pruebas conocidas como: **Demanda Química de Oxígeno (DQO)** y **Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)** considerados de mayor importancia dentro del proceso de tratamiento de aguas residuales.

A) Nitrógeno Total

Constituye uno de los principales elementos nutritivos en la descarga, ya que sirven de alimento a los microorganismos responsables de la estabilización de la materia orgánica, dándole energía para sus actividades y su desarrollo en una planta de tratamiento de aguas residuales por medios biológicos. Cuando el contenido de nitrógeno sea insuficiente se necesitará la adición del mismo para hacer tratable el agua residual.

B) Fósforo Total

El fósforo al igual que el nitrógeno es uno de los principales nutrientes en una descarga, ya que sirve de alimento a los microorganismos, normalmente Se

encuentran presentes en las descargas urbanas (detergentes, heces, orinas, entre otras).

Este elemento propicia el crecimiento acelerado de las algas en las aguas residuales, produciendo eutrofización, o sea un intenso desarrollo de la flora acuática, lo que conlleva a un elevado consumo de oxígeno que es sustraído del cuerpo hídrico.

C) Grasas y Aceites**

Son sustancias que interfieren con el paso de el oxígeno de la atmósfera al agua y con la penetración de los rayos solares en el recurso hídrico.

Las grasas y aceites acceden al agua residual como mantecas animales, grasas y aceites vegetales, mantequillas y otras sustancias grasosas.

Las grasas no se descomponen fácilmente por las bacterias, debido a que es uno de los compuestos orgánicos más estables; sin embargo las atacan los ácidos minerales, formándose la glicerina y el ácido graso.

El kerosene y el aceite lubricante llegan a los alcantarillados, flotando en las aguas residuales, interfiriendo con la actividad biológica. Y causan problemas en las plantas de tratamiento, ya que son sustancias químicas no miscibles con el agua.

D) Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)**

Representa la cantidad de oxígeno consumida en el proceso de oxidación de la materia orgánica biodegradable presente en el agua, realizado por microorganismos en cinco días bajo condiciones aerobias.

La prueba de la demanda bioquímica de oxígeno es muy utilizada para conocer la eficiencia en las plantas de tratamiento, en lo que a la remoción de materia orgánica se refiere, además proporciona el grado de contaminación de los recursos hídricos.

**Fuente: TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES , R.S Ramalho, Faculty of Science and Engineering, Laval University, Quebec, Canada

Es un factor en la elección del sistema de tratamiento y es usado para determinar el tamaño de ciertas unidades y cantidad de oxígeno requerido por microorganismos responsables de la depuración.

La cantidad de la Demanda Bioquímica de Oxígeno en el agua residual se relaciona con la cantidad de materia orgánica, es decir, a menor cantidad de materia oxidable, menor resulta la Demanda Bioquímica de Oxígeno; la presencia de la Demanda Bioquímica de Oxígeno significa descargas de contaminación orgánicas, provenientes de las alcantarillas sanitarias u otras descargas.

Es un proceso lento y teóricamente tarda un tiempo infinito para oxidar completamente la materia orgánica, pero para propósitos prácticos la reacción se considera completa al cabo de 20 días, en un 95—99% de la Demanda Bioquímica de Oxígeno total, sin embargo, el análisis ha sido normado en un periodo de incubación de 5 días, basándose en la experiencia que en ese tiempo se ha extraído aproximadamente el 70% de la Demanda Bioquímica de Oxígeno total.

E) Demanda Química de Oxígeno (DQO)**

Se emplea para medir la cantidad de oxígeno necesario para oxidar la materia orgánica biodegradable y no biodegradable.

El equivalente de oxígeno de la materia orgánica que puede oxidarse se mide utilizando un fuerte agente químico oxidante como el dicromato de potasio ($K_2Cr_2O_7$), que se añade a la muestra de agua.

El resultado de la DQO siempre será mayor o igual que el dato de DBO, debido a que es mayor el número de compuestos que pueden oxidarse por vía química que biológica.

Resulta útil la correlación de la DQO con la DBO, ya que la DQO es un análisis fácil de ejecutar y nos entrega la cantidad exacta de consumo teórico de oxígeno necesario para la oxidación de todas las sustancias orgánicas e inorgánicas

**Fuente: TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES , R.S Ramalho, Faculty of Science and Engineering, Laval University, Quebec, Canada

presentes en el agua, determinándose así al cabo de 4 horas, comparada con los cinco días que supone la DBO.

2.6.1.3. CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS.

Las aguas negras, especialmente las de origen biológico contienen incontables organismos vivos, la mayoría de los cuales son demasiado pequeños para ser visibles, excepto bajo el microscopio.

En la materia orgánica, éstos son la parte viva que se encuentran en las aguas residuales y su presencia es el motivo para el tratamiento de las mismas.

Puede decirse que los microorganismos son los trabajadores que emplea el operador de la planta de tratamiento de aguas negras.

2.6.1.3.1. Clasificación de Microorganismos**

Los microorganismos microscópicos vivos pertenecen a dos tipos generales: bacterias y otros organismos vivos más complejos.

A) Protozoos**

Son organismos microscópicos unicelulares móviles de un orden de magnitud mayor que las bacterias, a las que consumen como fuente de energía.

Los protozoos actúan como purificadores de los efluentes de procesos biológicos de tratamiento de aguas residuales al consumir bacterias y materia orgánica suspendida.

B) Bacterias**

Las bacterias consumen alimentos solubles y por lo general se encuentran donde haya humedad y alimentos.

Las bacterias se clasifican en dos grupos principales:

Bacterias parásitas y bacterias saprófitas.**

**Fuente: TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES , R.S Ramalho, Faculty of Science and Engineering, Laval University, Quebec, Canada

Las primeras como su nombre lo indica viven a expensas de otros organismos vivos, llamado huésped. Las bacterias parásitas que tienen importancia en las aguas residuales provienen por lo general de tracto intestinal de las personas y animales, cuyas deyecciones terminan en las aguas residuales.

Las segundas son las que se alimentan de materia orgánica muerta descomponiendo los sólidos orgánicos muertos para obtener el sustento necesario y produciendo a su vez sólidos orgánicos e inorgánicos.

Todas las bacterias parásitas y saprófitas necesitan oxígeno para su respiración, además de alimento. Algunas de ellas solo pueden usar el oxígeno disuelto en el agua, el cual se conoce también como oxígeno libre o molecular.

C) Organismos coliformes

Los organismos coliformes provienen del tracto intestinal del hombre, y se caracterizan por que tienen forma de bastoncillos.

Cada ser humano evacua de 100,000 a 400,000 millones de organismos coliformes por día, además de otras bacterias. Así mismo existen organismos patógenos que son evacuados por el ser humano y que son portadores de alguna enfermedad particular. Estos organismos son pocos y difíciles de aislar en las aguas contaminadas en comparación con los organismos coliformes que son más numerosos y de determinación sencilla.

La presencia de organismos coliformes se interpreta como un indicador que los organismos patógenos también pueden estar presentes y la ausencia de los mismos indica que el agua se haya sin organismos causantes de enfermedades.

C.1) Coliformes totales.

Son un buen indicador microbiano de la calidad del agua, ya que son fáciles de detectar y enumerar en ésta.

Las bacterias coliformes no provienen solo de las heces de los animales de sangre caliente, sino también de la vegetación y del suelo.

**Fuente: TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES , R.S Ramalho, Faculty of Science and Engineering, Laval University, Quebec, Canada

Estos se caracterizan por su capacidad para fermentar la lactosa en cultivos a 35°C ó 37°C, y entre ellos se encuentran las especies: Escherichia Coli, Citrobacter, Enterobacter y Klebsiella.

C.2) Coliformes Fecales.

Son capaces de fermentar la lactosa a temperaturas de 44°C ó 44.5°C, entre ellos se encuentran los del género Escherichia y en menor grado los del género Citrobacter, Enterobacter y Klebsiella.

De todos estos microorganismos, los Escherichia Coli tienen un origen específicamente fecal, ya que estas siempre están presentes en grandes cantidades en las heces humanas.

2.7. METODOLOGÍA Y SISTEMA DE DRENAJE EN COLONIA LA UNIÓN.

El sistema se ha dividido en una red de tuberías llamados colectores los cuales quedan definidos por la topografía del terreno, es decir por la tendencia que el agua residual producida en un sector pueda ser encausada hacia un punto en común determinado por las pendientes del terreno.

2.7.1. CAUDAL DE DISEÑO PARA SISTEMA DE DRENAJE

2.7.1.1. CONSIDERACIONES EN EL DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE DE LA COLONIA “LA UNIÓN”.

El proceso de cálculo de la alternativa de solución, como su trazo en planta y perfil está basado en las normas de ANDA (ver anexo 2), respetando los siguientes parámetros.

- ✓ Periodo de diseño del proyecto: *25 años*

- ✓ Dotación de agua potable: *150 lts/Persona/día*.
- ✓ Utilización tubería de PVC como material de construcción en los colectores.
- ✓ Cálculo del caudal de diseño: *80%* del consumo máximo horario correspondiente al final del periodo de diseño mas una infiltración de caudales incontrolados de *0.1 lts/seg/ha*. para el diseño con tuberías de **PVC**
- ✓ Utilización de un factor de *2.0* para el caudal de diseño, el cual está en función del diámetro de la tubería,
- ✓ Utilización de la fórmula de Manning para el cálculo de la velocidad a tubo lleno $V=(1/n)(R^{2/3})(S^{1/2})$ Ec. 2.8
- ✓ Utilización de coeficiente de rugosidad $n=0.011$ recomendado para el cálculo hidráulico en las tuberías de **PVC**.
- ✓ Diámetro mínimo de colectores ha de ser considerados en el proyecto de **Ø=8"**
- ✓ Longitud máxima de tramos 100 mts.
- ✓ Pendiente mínima en tramos iniciales de 1.0% y 0.5% para otros tramos.
- ✓ Se han calculado velocidades máximas en tuberías de PVC respetando el límite de velocidad a tubo lleno 5.0 mts/seg.
- ✓ Profundidad mínima de entronque 1.20 mts en pozos proyectados.
- ✓ El proceso de cálculo presenta: cuadro de contribución por tramos y cuadro de diseño hidráulico de la red con el diámetro de la tubería de PVC.

La zona de ubicación de la Colonia "LA UNIÓN" se muestra en la figura 2.7.01, en la que se presentan los nombres de sus calles y avenidas; donde la topografía de estas, está dada por su rasante, las cuales están completamente conformadas con superficie de adoquinado, concreto y en menor grado superficie de tierra; por ello el nivel de tapadera de los pozos de la red de alcantarillado será igual al nivel de calles y avenidas que así corresponda.

En la figura 2.7.02 se muestra la altimetría (curvas de nivel) de la Colonia "LA UNIÓN", Los perfiles de las calles y avenidas se pueden ver en anexo 3.

2.7.1.2 FACTORES A CONSIDERAR EN EL CÁLCULO

- Periodo de diseño (n) = 25 años.
- Área del proyecto (At) = 5.0mz
- Numero de lotes (N) = 124 lotes.
- Dotación domestica (Dot) = 150 lts/persona/día.
- Densidad de población (Ds) = 334personas/ha.
- Población actual (Po) = Po= 744 habitantes.
- Población final (Pf) = Pf= Po =744

2.7.1.3 CALCULO DE LOS PARÁMETROS DE DISEÑO.

a) Dotación total:

Dotación Total= Dotación domestica.

Dotación Total= 150 lts/persona/día

b) Caudal medio diario.

$Q_{md} = ((\text{Dotación Total}) \times (\text{Población Final de diseño}) \times (Pf)) / 86400 \text{ seg.}$ Ec.2.9

c) Caudal máximo diario (Qmax.d).

$Q_{max.d} = K1 \times Q_{md};$ Ec. 2.10

Donde: K1 es el coeficiente de variación diaria.

(Según Normas Técnicas de ANDA).

Se usará: K1= 1.5, para prever cualquier variación en la demanda.

d) Caudal Máximo Horario (Qmax.h)

$Q_{max.h} = K2 \times Q_{md};$ Ec. 2.11

Donde: K2 es el coeficiente de variación horaria (Normas Técnicas de ANDA).

Se usará: K2= 2.4

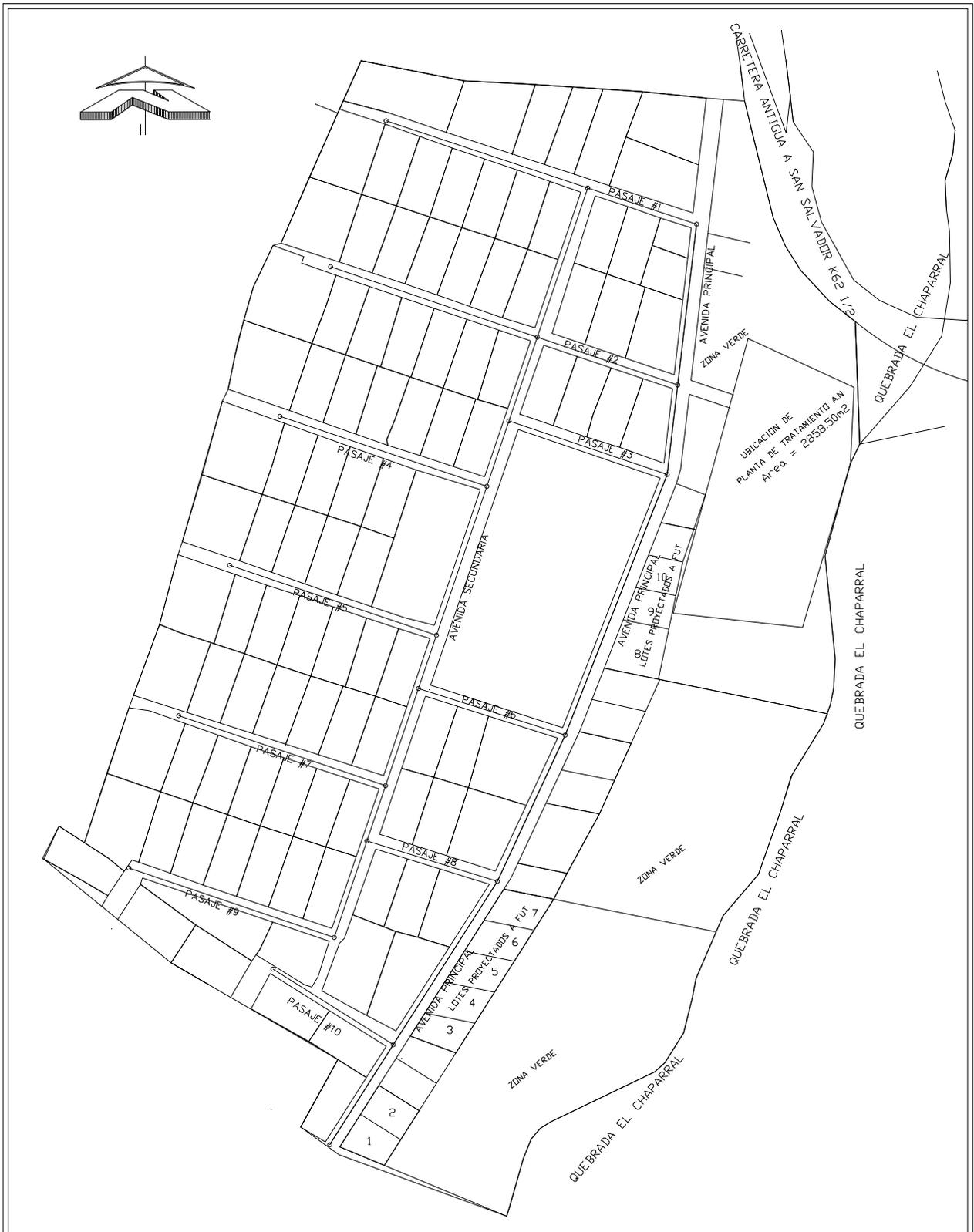


FIGURA 2.7.01	PROYECTO= PLANO PLANIMETRICO	
	PROPIETARIO= ALCALDIA MUNICIPAL DE SANTA ANA	
	UBICACION= COLONIA LA UNION, CANTON PRIMAVERA, SANTA ANA DEPARTAMENTO DE SANTA ANA.	
	AREA DE LA COMUNIDAD $54,384.40 \text{ m}^2 = 77813.19 \text{ v}2$	
ESC. 1: 1000	ABRIL 2009	PRESENTA= ALAS CASTRO, JOSE AGUSTIN GUERRA BRIZUELA, DAVID DE JESUS

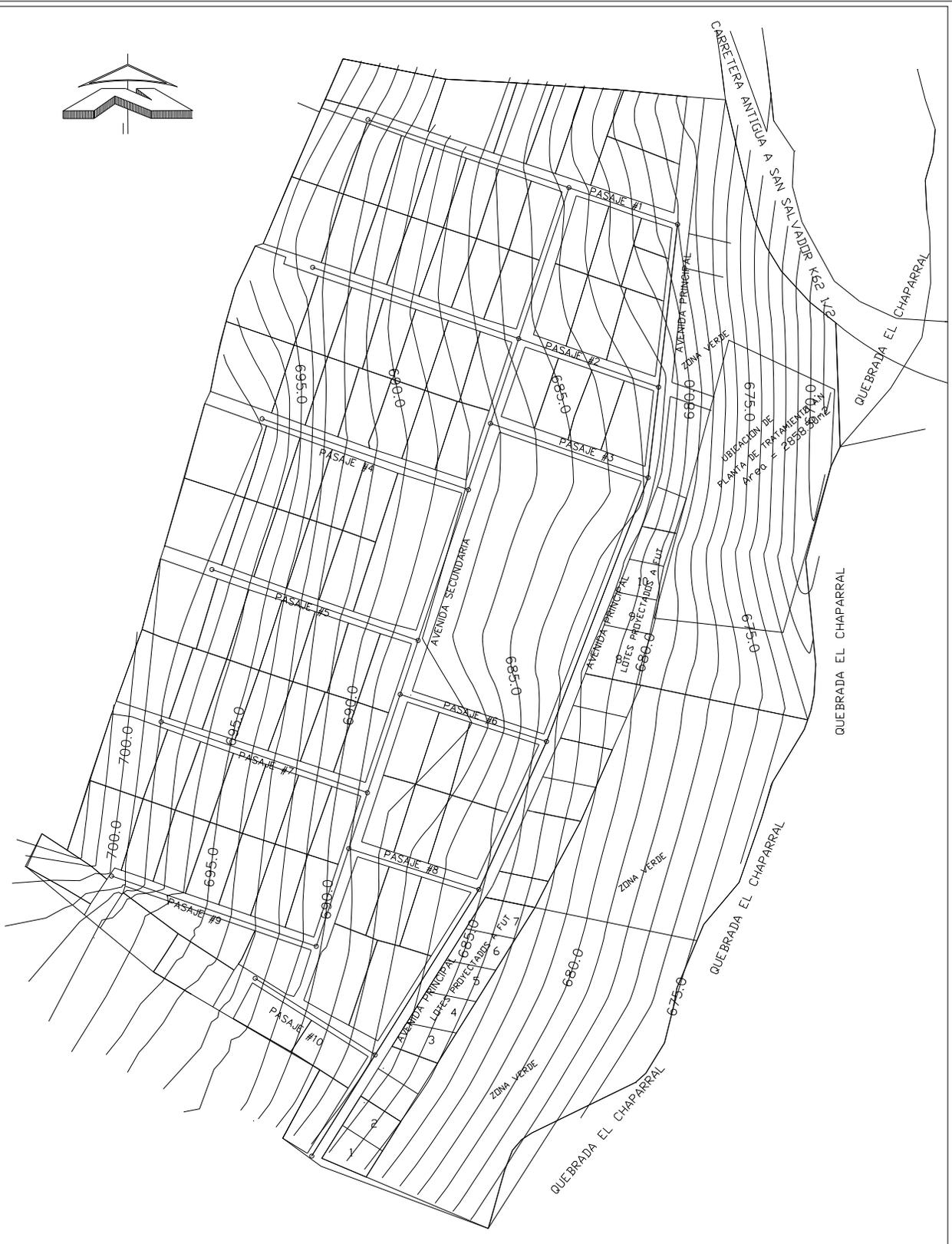
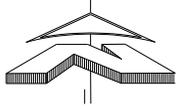


FIGURA 2.7.02	PROYECTO= PLANO ALTIMETRICO	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD MULTIDICIPLINARIA DE OCCIDENTE DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
	PROPIETARIO= ALCALDIA MUNICIPAL DE SANTA ANA	PRESENTA=
	UBICACION= COLONIA LA UNION, CANTON PRIMAVERA, SANTA ANA DEPARTAMENTO DE SANTA ANA.	ALAS CASTRO, JOSE AGUSTIN GUERRA BRIZUELA, DAVID DE JESUS
	AREA DE LA COMUNIDAD $54,384.40 \text{ m}^2 = 77813.19 \text{ v}2$	
ESC. 1: 1000	ABRIL 2009	

CAUDAL DE DISEÑO; CAPACIDAD DE LAS TUBERÍAS.

Dotación total = dotación característica

$$\text{Dotación total} = 150 \text{ (lt/p/d)}$$

Calculo de los caudales:

a) Caudal medio diario $P_n \times \text{Dotación total}$ Ec. 2.12

$$\frac{3,600.00 \times 24}{86,400} = 744 \times \frac{150 \text{ lts / seg}}{86,400}$$

$$\boxed{(Q_{md}) = 1.29 \text{ lts/seg}}$$

CAUDAL POR ZONAS VERDES, ESCUELA, IGLESIA Y CLÍNICA

$$\text{ZONAS VERDES} = 3284.5 \text{ M}^2$$

$$\text{ZONAS VERDES} = 3284.5 \text{ M}^2 \times (1.5 \text{ L/M}^2/\text{DÍA}) \times 1/86400 \text{ seg} = 0.057 \text{ lts/seg}$$

CLÍNICA, se asume clínica con consulta básica 3 consultorios

$$\text{CLÍNICA} = 3 \times (500 \text{ lts/consumo/día}) \times 1/86400 = 0.017 \text{ lts/seg}$$

IGLESIA: asumiendo que se encontrara a su mayor capacidad de albergue de feligreses = 50 feligreses todos los días; dotación= 20lts/per/día

$$\text{IGLESIA} = 50 \times (20 \text{ lts/per/día}) \times 1/86400 = 0.011 \text{ lts/seg}$$

$$Q_T = 1.29 + 0.057 + 0.017 + 0.011$$

$$Q_{MD} = 1.38 \text{ lts/seg}$$

b) caudal máximo diario (Q_{maxd})

$$Q_{maxd} = K_1 \times Q_{md} \quad \text{Ec.2.13}$$

Donde: K_1 es el coeficiente de variación diaria que es de: 1.5 asignado por ANDA.

$$Q_{maxd} = 1.5 \times (1.38 \text{ lts/seg})$$

$$\boxed{Q_{maxd} = 2.065 \text{ lts/seg.}}$$

c) caudal máximo horario (Qmaxh)

$$Q_{maxh} = K_2 \times Q_{md}$$

Ec.2.14

Donde: K₂ es el coeficiente de variación horaria que es de: 2.4 asignado por ANDA.

$$Q_{maxh} = 2.4 \times (1.38 \text{ lts/seg})$$

$$\boxed{Q_{maxh} = 3.30 \text{ lts/seg.}}$$

Nota: Para efectos de diseño de la planta de tratamiento se tomara el caudal Máximo Horario,

CAUDAL DE DISEÑO A.N.

Según las normas técnicas de ANDA el caudal de diseño será igual al 80% del consumo máximo horario correspondiente al final del período de diseño más una infiltración potencial a lo largo de la tubería de 0.10 l/s/ha para tubería PVC.

La capacidad de las tuberías será igual al caudal de diseño multiplicado por un factor, el cual dependerá del diámetro del colector.

NOTA: continuación se da un ejemplo de cómo se calcularon los caudales de cada tramo de tubería.

$$Q_{AN} = F \times ((0.8 \times Q_{maxh}) + (\text{infiltración potencial}))$$

Ec.2.15

Donde:

F= 2, para tuberías comprendidas entre 8 y 12 pulgadas según norma de ANDA numeral 4 alcantarillados.

Infiltración potencial = 0.10 l/s/ha para tubería PVC.

$$Q_{AN} = F \times (0.8 \times Q_{maxh}) + (\text{infiltración potencial})$$

$$Q_{AN} = 2 \times ((0.8 \times 3.30) + (0.10 \text{ l/s/ha}) \times (3.455))$$

QAN= 5.97 lts/seg

2.7.1.4 ELEMENTOS CONSIDERADOS PARA ELABORAR EL CUADRO DE CÁLCULO DEL CAUDAL TRIBUTARIO POR TRAMOS.

- Utilizar la población al final del periodo de diseño 744 hab.
- Para el cálculo del caudal de agua residual se utilizara $Q_{med.d} = (\text{dotación} \times Pf) / 86400$
- La dotación para la Colonia "LA UNIÓN" es igual a 150 lts/persona/día, según Normas Técnicas de ANDA.

2.7.1.5 OTROS ELEMENTOS CONSIDERADOS PARA ELABORAR EL CUADRO DE DISEÑO HIDRÁULICO DEL DIÁMETRO DE TUBERÍAS.

- Para el cálculo de la velocidad a tubo lleno se utilizó $V = (1/n)(R^{2/3}S^{1/2})$ Ec.2.8
- Donde: R= Radio hidráulico.
S= Pendiente de la tubería.
n= 0.011 para tubería de PVC
- Caudal a tubo lleno= (Área a tubo lleno) x (velocidad a tubo lleno) por tramo.
- La contribución de cada tramo es determinada en el cuadro de cálculo del caudal tributario y se acumula a partir del tramo 3 en la columna "Q diseño".
- La obtención de datos por medio de la curva de elementos hidráulicos básicos se realiza de la siguiente manera:

Primero se calcula la relación q/Q y con este valor se ingresa a la curva de elementos hidráulicos básicos para un colector circular (Ver anexo 4) y con la relación entre caudal dado y el caudal a tubo lleno, se intercepta la curva de

descarga y se lee el valor de y/D y desde el mismo punto se intercepta la curva de velocidad y se lee en el gráfico el valor de v/V .

Con los valores anteriores se calcula para cada tramo:

$$\text{Velocidad Real} = (v/V) \times (\text{Velocidad a tubo lleno})$$

$$\text{Tirante Hidráulico} = (y/D) \times (\text{Diámetro de la tubería})$$

➔ El tirante máximo considerado en este diseño representa el 80% del diámetro de la tubería.

A continuación se presenta un ejemplo del cálculo de los colectores de aguas negras para colonia "LA UNIÓN", Santa Ana.

2.7.1.6 CALCULO DEL CAUDAL TRIBUTARIO (Cuadro 2.1): PASAJE No.1. TRAMO: 3 ; DE POZO: 10 A POZO: 9

a) Longitud del tramo= 85.44 metros.

b) Área tributaria= 0.1122 ha.

c) Habitantes por tramo: 66

Nota: Datos de anexo 4

d) Cálculo del caudal medio diario: Se calcula multiplicando la dotación total por el número de habitantes del tramo y se divide entre el número de segundos que tiene el día el resultado se expresa en litros/segundo.

$$Q_{md} = \frac{(150 \text{ lts} / \text{ persona} / \text{ dia}) \times 66 \text{ persona} / \text{ ha}}{86400 \text{ segundos}} = 0.11458 \text{ lts/seg.}$$

$$Q_{md} = 0.00011458 \text{ m}^3 / \text{seg}$$

e) Cálculo del caudal máximo horario: Resulta de multiplicar el caudal medio diario del tramo= Q_{md} , por $K_2 = 2.4$, el resultado se expresa en litros/segundo.

$$Q_{\text{max.h}} = 0.11458 \text{ lts/seg} \times 2.4 = 0.275 \text{ lts/seg} = 0.000275 \text{ m}^3 / \text{seg.}$$

f) Cálculo del caudal de diseño: Es el 80% del caudal máximo horario= $Q_{\text{max.h}}$, para el tramo sumando el 10% del área tributaria calculada.

$Q_{\text{diseño}} = 0.80 \text{ (0.275 lts/seg)} + 0.10 \text{ (0.1122 ha)} = 0.2312 \text{ lts/seg} = 0.0002312 \text{ m}^3/\text{seg}$.

g) Cálculo de la contribución del tramo: Resulta de multiplicar el caudal de diseño por el factor de seguridad recomendado por ANDA, para tuberías de PVC de 8" es igual a 2.

$Q_{\text{tramo}} = 0.2312 \text{ lts/seg} \times 2.00 = 0.4624 \text{ lts/seg} = 0.0004624 \text{ m}^3/\text{seg}$.

Con el cálculo de la contribución del tramo se termina de llenar el cuadro del caudal tributario (ver cuadro 2.1), el procedimiento será por consiguiente igual para los demás tramos del colector.

2.7.1.7 CALCULO DEL DISEÑO HIDRÁULICO DEL DIÁMETRO DE TUBERÍAS (Cuadro 3.2).

PASAJE No: 1 TRAMO #3 DE POZOS: 10 A 9

- a) Pendiente del tramo = 13% (Ver cuadro 2.2)
- b) Diámetro de la tubería = 8 pulgadas = 20.32 centímetros.
- c) Área a tubo lleno: Área de la tubería utilizando el diámetro nominal del tubo.

$$Area = \frac{\pi \times D^2}{4} = \frac{\pi \times (0.2032)^2}{4} = 0.0324 \text{ m}^2$$

d) Velocidad a tubo lleno: Utilizando la fórmula de Manning y sustituyendo los datos de pendiente y el área a tubo lleno, y sustituyendo en la fórmula para un coeficiente de Manning de 0.011 para tuberías de PVC.

$$V = \frac{R^{2/3} S^{1/2}}{n} \qquad \text{Ec.2.8}$$

Para tubo lleno se tiene: $R = d/4$

$$V = \frac{\left(\frac{0.203}{4}\right)^{2/3} (0.13)^{1/2}}{0.011} = 4.49 \frac{m}{seg}$$

e) Cálculo del caudal a tubo lleno: Utilizando la fórmula de continuidad se multiplica el área a tubo lleno por la velocidad a tubo lleno.

$$Q = A \times V \quad \text{Ec.2.16}$$

$$Q = 0.032 \text{ m}^2 \times 4.49 \text{ m/seg} = 0.1437 \text{ m}^3 / \text{seg}$$

f) Contribución del tramo: Se traslada el dato calculado en el cuadro del cálculo del caudal tributario (Cuadro 2.1); para este caso es 0.000m3/seg.

g) Caudal de diseño: Es el resultado de acumular los aportes del tramo, así como también la acumulación de los tramos anteriores conforme se avanza en el cálculo del colector proyectado, incluyendo el aporte de los entronques con otros colectores, para el caso del tramo 3 no se le suma nada porque no tiene la contribución de otros tramos. el valor del caudal de diseño es igual a la contribución del tramo= 0.000 + 0.000462 = 0.000462 m3/seg.

h) Cálculo de la relación q/Q: La relación entre el caudal a tubo lleno del tramo y el caudal de diseño; será la entrada al a la curva de elementos hidráulicos básicos.

$$\frac{q}{Q} = \frac{0.000462}{0.143} = 0.0032 \quad \text{Ec. 2.17}$$

i) Cálculo de y/D y v/V: Una vez calculada la relación q/Q se ingresa a la curva de elementos hidráulicos básicos interceptando la curva de L CAUDAL y se lee el valor de Y/D y desde el mismo punto se intercepta la curva de VELOCIDAD y se lee en el grafico el valor de v/V. (Ver Anexo No 4)

$$y/D = 0.08 \quad v/V = 0.27$$

j) Cálculo de la velocidad real y el tirante hidráulico: con los valores calculados de las relaciones de y/D y v/V , se calcula para cada tramo la velocidad real y el tirante hidráulico.

Velocidad real= $v/V \times$ (velocidad a tubo lleno)

Velocidad real= $(0.27) (4.49 \text{ m}^3/\text{s}) = 1.21 \text{ m}^3/\text{seg}.$

Tirante hidráulico= $y/D \times$ (diámetro de la tubería)

Tirante hidráulico= $(0.08) (0.203) = 0.016 \text{ m}$

k) Revisión del tirante hidráulico: El tirante hidráulico calculado se compara con el tirante máximo, que para este caso es el 70% del tirante nominal de la tubería, el resultado esperado es que el tirante hidráulico calculado debe ser menor que el tirante máximo.

0.016 m es menor que $0.7 \times 0.203 = 0.142$

0.016 m es menor que $0.142 \text{ m}.$

El procedimiento para La obtención de resultados de diseños se realizo de la misma forma.

2.7.1.8 PRESENTACIÓN DEL DISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO.

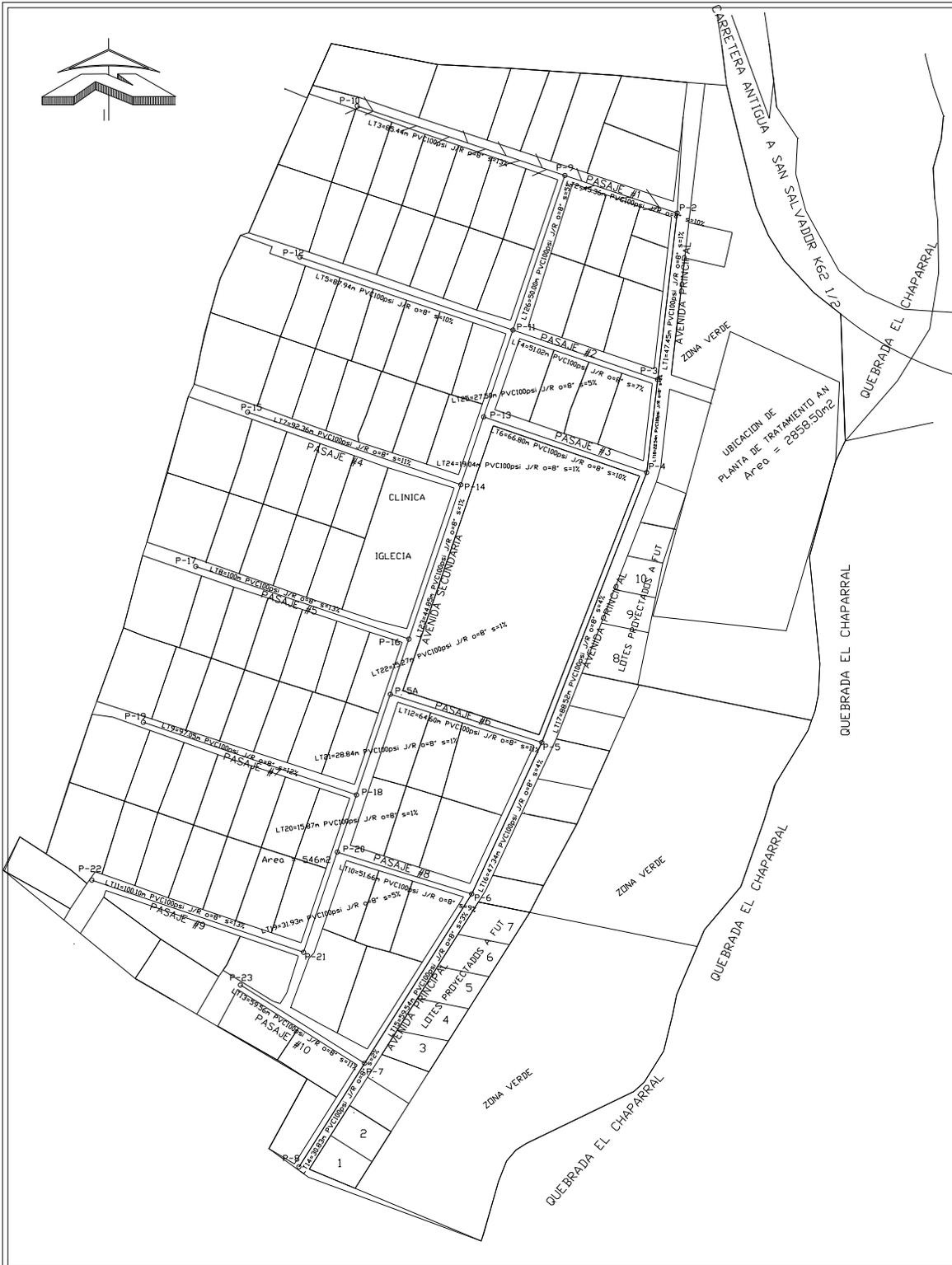
Para el diseño de la red de alcantarillado sanitario se presentan primeramente en la figura 2.7.03, la ubicación de los pozos; luego en la figura 2.7.04, la distribución de los lotes existentes y la dirección del flujo en los colectores; con el afán de que con cada figura se entienda lo que es el diseño de la red y el lector se pueda ubicar de mejor manera. Para los cálculos hidráulicos la red se ha dividido en colectores independientes influenciada por la topografía del terreno.

Estos colectores se presentan con su respectivo perfil de colector (ver anexo 5), conteniendo este los pozos con su nivel de fondo y de tapadera, las pendientes

entre tramos, longitud de tramos, diámetro de colector y tipo de material. Además los niveles de los pozos del colector como en cuadro 2.3, el cálculo del caudal tributario por tramos como en cuadro 2.1 y por último el diseño hidráulico del diámetro de la tubería como en cuadro 2.2.

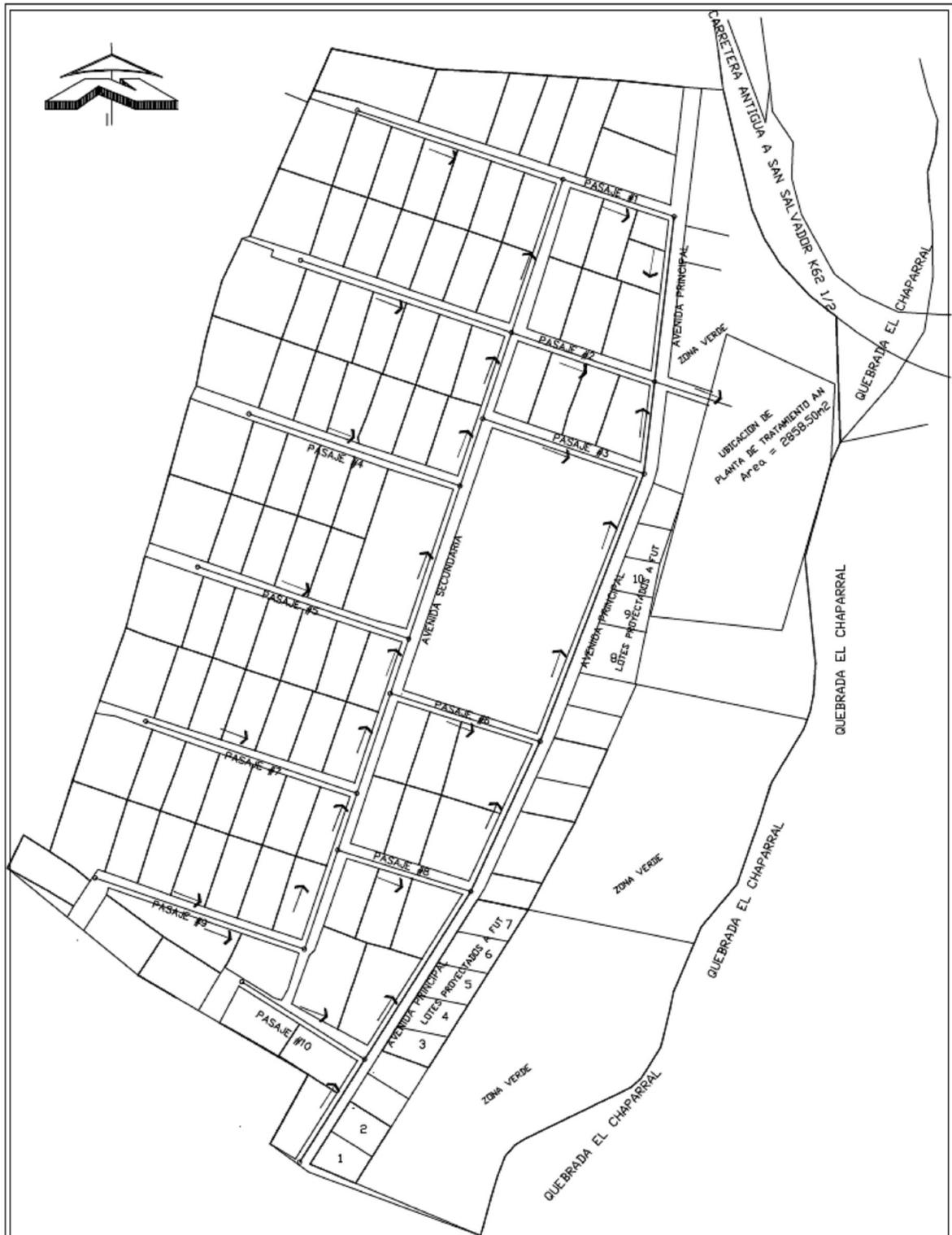
De manera general el diseño de los 26 colectores en los que se ha dividido la red se presentan de la siguiente manera:

- a) Planimetría del colector
- b) Perfil longitudinal del colector.
- c) Cuadro de niveles de pozos del colector
- d) Cuadro de cálculo de contribuciones por tramos.
- e) Cuadro de diseño hidráulico del diámetro de la tubería.



PLANO DE COLECTORES Y POZOS

FIGURA 2.703	DISEÑO DE RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN COLONIA LA UNION, SANTA ANA		
	PROPIETARIO=	ALCALDIA MUNICIPAL DE SANTA ANA	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE
	UBICACION=	COLONIA LA UNION, CANTON PRIMAVERA, SANTA ANA DEPARTAMENTO DE SANTA ANA.	PRESENTA=
	ESC. LAS INDICADAS	AGOSTO 2009	



PLANO DIRECCION DEL FLUJO Y UBICACION DE LOTES	
FIGURA 2.704	DISEÑO DE RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN COLONIA LA UNION, SANTA ANA
	PROPIETARIO= ALCALDIA MUNICIPAL DE SANTA ANA UBICACION= COLONIA LA UNION, CANTON PRIMAVERA, SANTA ANA DEPARTAMENTO DE SANTA ANA.
	UNIVESIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE PRESENTA= ALAS CASTRO, JOSE AGUSTIN GUERRA BRIZUELA, DAVID DE JESUS
ESC. LAS INDICADAS	AGOSTO 2009

CAPITULO III

3. DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO

El agua es uno de los recursos naturales más importantes, ya que sin ella no es posible ninguna forma de vida, sin embargo cuando el hombre la utiliza en diversas actividades, ésta se carga de desechos de diferente naturaleza y procedencia, que causan su deterioro y pueden convertirla en un vehículo de transmisión de enfermedades infecciosas y contaminantes peligrosos, motivo por el cual es necesario que antes de su vertimiento a un cuerpo receptor de agua se le trate previamente.

El tratamiento a que deben someterse las aguas residuales depende del tipo de contaminantes o sustancias presentes y del uso o disposición final que se le quiera dar al agua tratada, pudiendo ser estos tratamientos físicos, químicos, biológicos o combinaciones entre ellos. De esta manera los sólidos en suspensión que el líquido contiene tanto orgánicos como inorgánicos, son separados parcialmente a través de los sistemas de tratamiento, haciendo posible que los mismos sean transformados en sólidos relativamente estables. Por lo que el objetivo principal de los sistemas de tratamiento es disminuir la carga orgánica excesiva que llega a los cuerpos hídricos.

Existen muchos niveles de tratamiento de las aguas residuales, dentro de los cuales pueden incluirse los siguientes procesos, que se describen en el presente capítulo.

- Tratamiento preliminar.
- Tratamiento primario.
- Tratamiento secundario.
- Tratamiento complementario.

3.1. SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

El tratamiento de aguas residuales persigue dos finalidades:

- a) Eliminación de la materia orgánica causante de la polución.
- b) Eliminación de organismos patógenos para proteger la higiene y salud pública.

Los sistemas de tratamiento son variados y se pueden clasificar de acuerdo a los métodos utilizados para el tratamiento de aguas residuales, así se tiene:

- Sistemas mecanizados
- Sistemas no mecanizados

3.1.1. SISTEMAS MECANIZADOS*

Son aquellos que por medio de la mecanización se logra reemplazar las operaciones manuales y con frecuencia se sustituyen funciones y controles que no pueden desempeñarse a mano, sino a través de la mecanización, para así obtener las siguientes ventajas:

- Ayuda a registrar los flujos y el comportamiento de toda la planta.
- Registran la situación actual de la planta en forma continua o a intervalos específicos de tiempo.
- Automatización del sistema completo de tratamiento
- Aceleración para la remoción mecánica de los contaminantes.

Dentro de los sistemas mecanizados se tiene:

- Planta paquete del tipo de lodos activados, modalidad aireación extendida
- Sistemas de flotación por aire disuelto
- Sistemas SBR'S (Sequencing Batch Reactor)

3.1.2. SISTEMAS NO MECANIZADOS*

Los sistemas no mecanizados y de tecnología apropiada tienen la característica especial de aprovechar los medios naturales y materiales, así el agua residual podrá desplazarse a través del sistema utilizando únicamente la energía gravitatoria proporcionada por las pendientes topográficas. Dentro de las

*Fuente: Tratamiento y Depuración de las Aguas residuales.
Metcalf & Eddy, editorial labor S. A. Barcelona, Tercera edición.

características favorables que se pueden mencionar de este tipo de sistema se tienen:

- Aprovechamiento de la topografía irregular del terreno, los cuales son más económicos para su adquisición.
- Bajo costo
- Construcción y operación sencilla
- Ausencia total o un mínimo de equipos mecánicos o electromecánicos
- Requieren mínima supervisión y mantenimiento
- Utilización de tecnología y materiales apropiados de origen nacional.

Dentro de los sistemas no mecanizados se tienen:

- Sistemas biológicos convencionales
- Sedimentadores convencionales acelerados o de flujo ascendente
- Filtros convencionales (lentos).

3.1.3. ELEMENTOS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO.

Dentro de los diferentes sistemas de tratamiento de las aguas residuales existe una diversidad de elementos o reactores encargados de eliminar la materia orgánica e inorgánica en suspensión o en solución que se encuentra en forma de sólidos, esta operación se produce al aplicar en forma aislada o en conjunto los distintos reactores de una planta de tratamiento, lográndose diferentes grados de purificación de las aguas tratadas. En la figura 3.1 se muestra el esquema de los diferentes elementos de una planta de tratamiento convencional:

3.1.3.1. Tratamiento Preliminar.

El tratamiento preliminar del agua residual se refiere a la eliminación de aquellos componentes que puedan provocar problemas operacionales y de mantenimiento en el proceso de tratamiento o en los sistemas auxiliares. Ejemplo de ello, es la eliminación de componentes de gran volumen como trozos de

madera, piedras, plásticos, objetos metálicos, telas, algunos restos de materia fecal sólida, basura o aceites, entre otros.

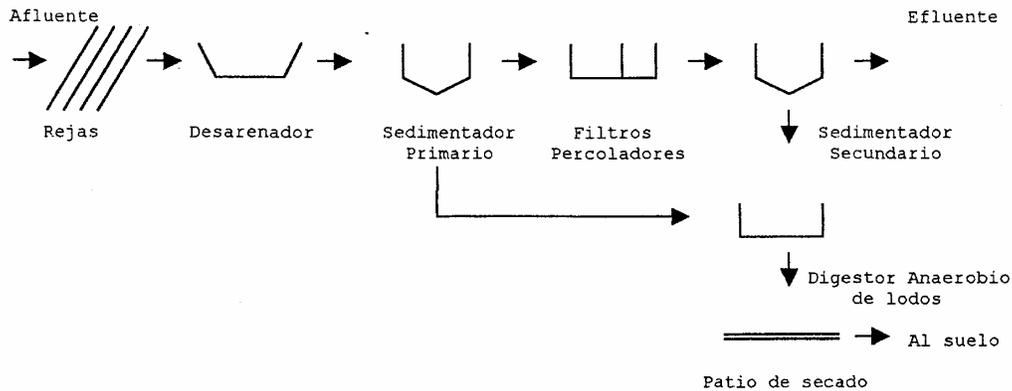


Figura 3.1 esquema de una planta de tratamiento.

Este tipo de tratamiento se efectúa por medio de Cribas, desarenadores, flotadores o desengrasadores, los cuales se encuentran colocados en el canal de entrada a la planta de tratamiento, cuya finalidad es remover el material excesivamente grande, eliminar cantidades excesivas de grasas y aceites, proteger equipo mecánico ubicado aguas abajo, y mejorar la eficiencia de los tratamientos unitarios subsiguientes.

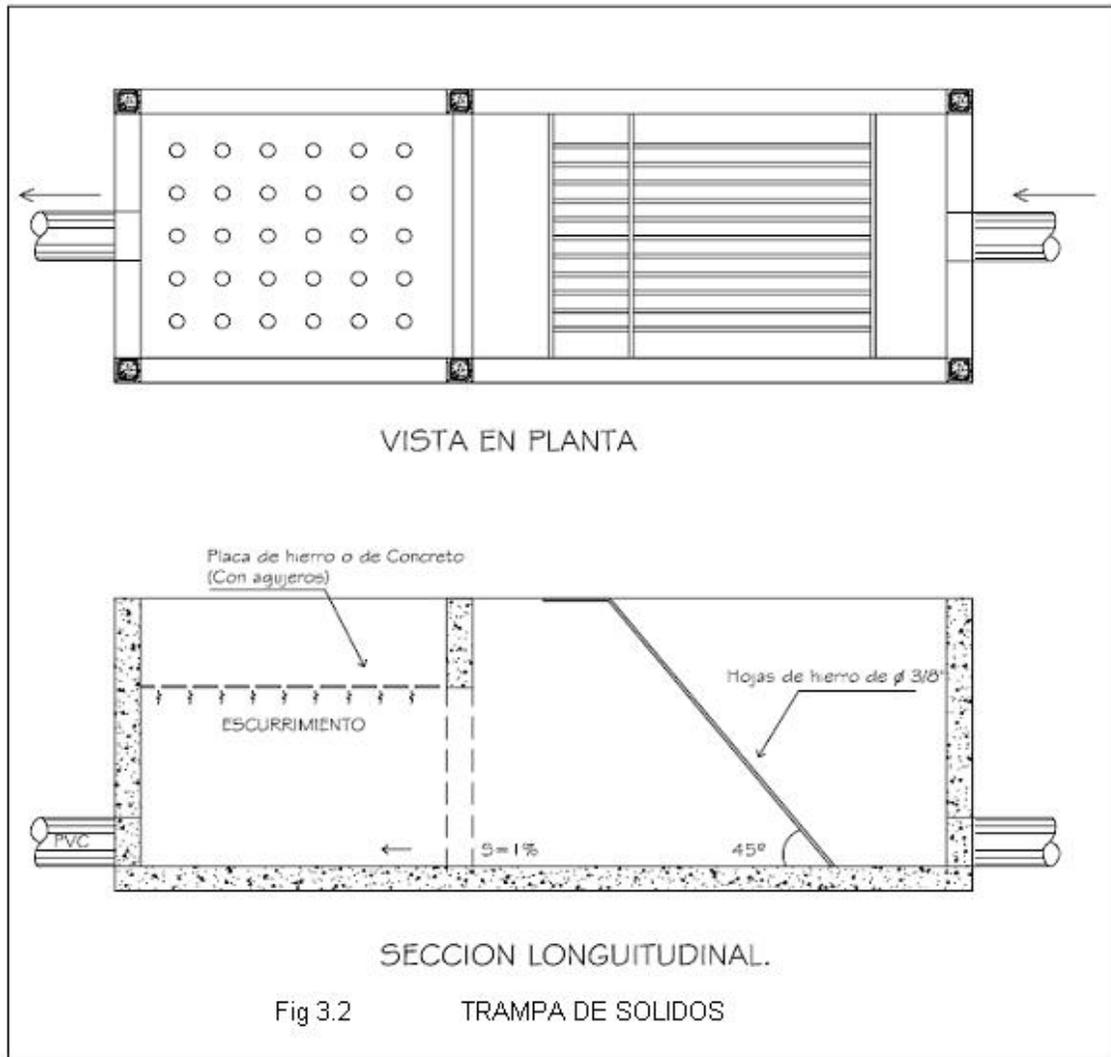
El tratamiento es físico, puesto que la remoción de estos sólidos de mayor tamaño se lleva a cabo por el proceso de tamizado y por la sedimentación en el desarenador a través de la interacción de fuerzas como la gravedad, diferencias de concentración y el tamaño de las partículas.

3.1.3.2. Rejas y Cribas de Barras*

Su propósito es proteger las diversas unidades de cada uno de los sistemas de tratamiento en la planta, al remover por intersección objetos sólidos de gran

*Fuente: Tratamiento y Depuración de las Aguas residuales. Metcalf & Eddy, editorial labor S. A. Barcelona, Tercera edición.

tamaño y que no participen o no requieran tratamiento, los cuales posteriormente son retirados manualmente o mecánicamente para evitar bloquear las rejas y tamices. (Ver figura 3.2)



3.1.3.3. Desengrasadores.*

Son tanques de permanencia corta, que permiten la eliminación de sólidos flotantes más ligeros, tales como grasas, corcho, madera, jabón, entre otros; cuya gravedad específica es menor que la del agua. (ver figura 3.3)

*Fuente: Tratamiento y Depuración de las Aguas residuales. Metcalf & Eddy, editorial labor S. A. Barcelona, Tercera edición.

3.1.3.4. Desarenadores.*

Permiten el asentamiento de material inorgánico pesado como arena y grava, mientras mantienen el resto de los sólidos en suspensión con peso específico inferior a dicho material. (ver figura 3.4)

Los desarenadores serán preferiblemente de limpieza manual, sin incorporar mecanismos y deben incluir dos dispositivos necesarios (compuertas) para poner fuera de funcionamiento cualquiera de las unidades para su mantenimiento, excepto en caso de desarenadores para grandes instalaciones.

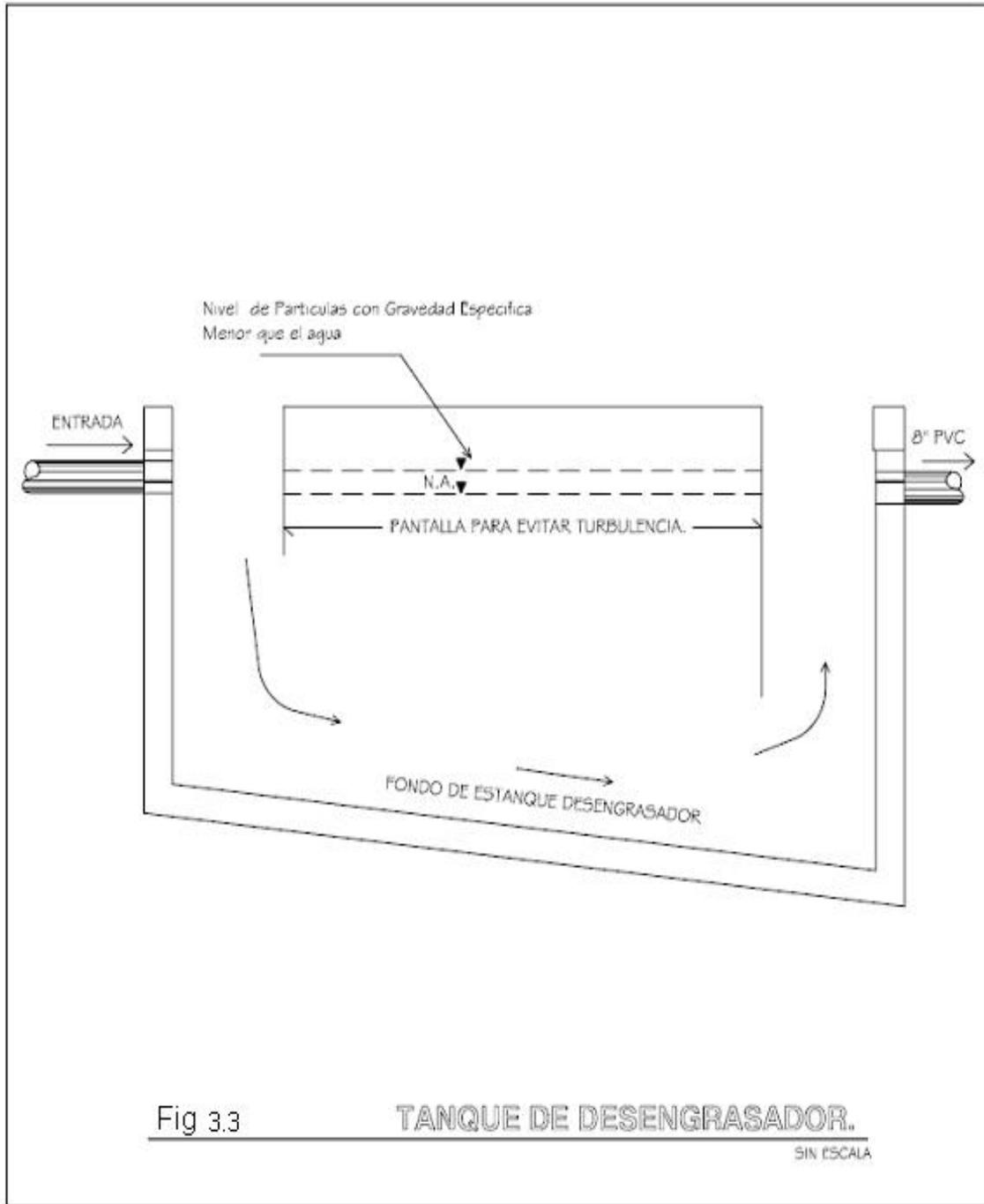
Las dimensiones deben ser determinadas en función de la cantidad de material y la frecuencia de limpieza deseada (semanal, quincenal o mensual), el material orgánico removido se incinera, entierra o se introduce al digestor de lodos. Para efecto de sedimentación la velocidad del agua tiene que reducirse aproximadamente a 0.3 m/s.¹

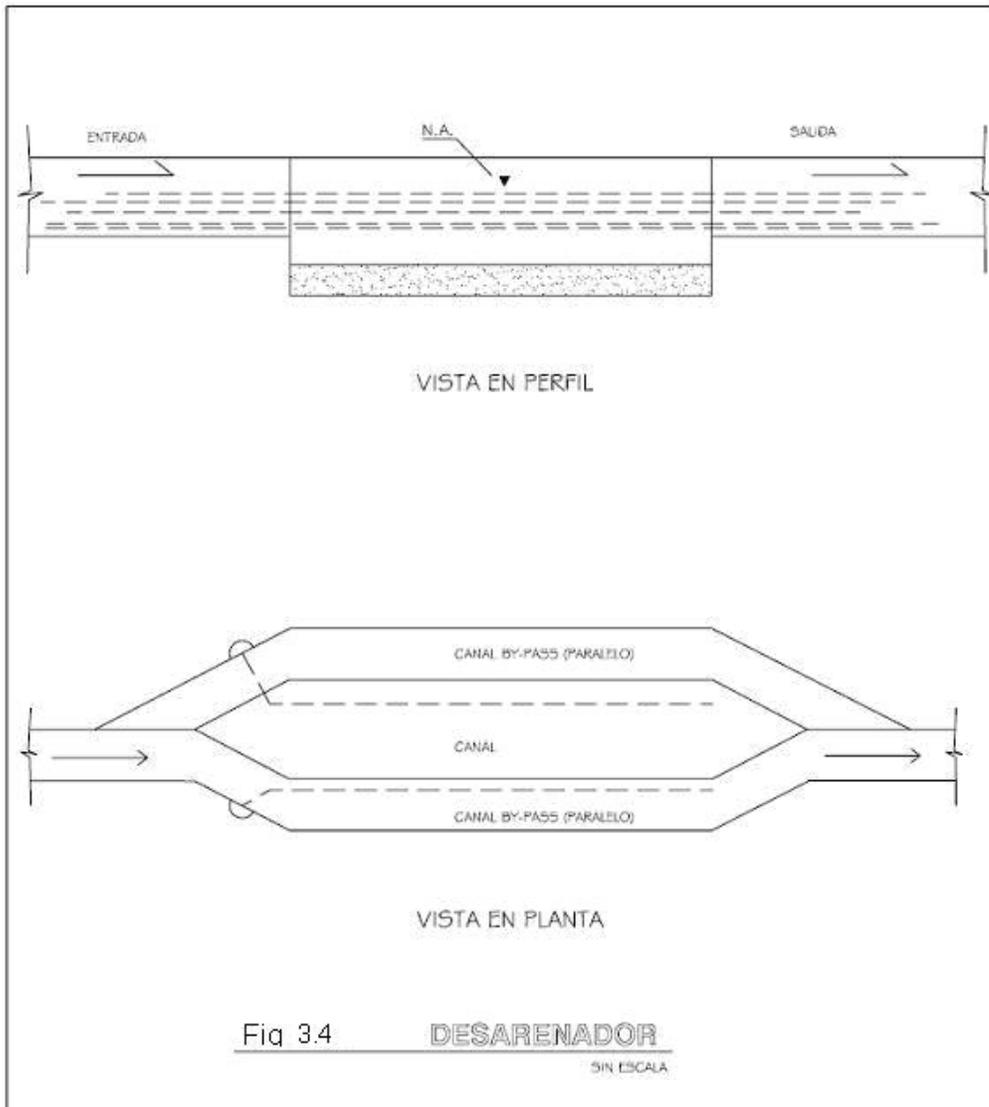
3.1.3.5. Medidores de Caudal. *

Son dispositivos adicionales que se colocan en la entrada de la planta de tratamiento y no corresponden exactamente a las unidades del tratamiento preliminar, como su nombre lo indica, sirven para medir el caudal que está pasando en un momento determinado. Estos dispositivos se colocan después de las rejillas y desarenadores.

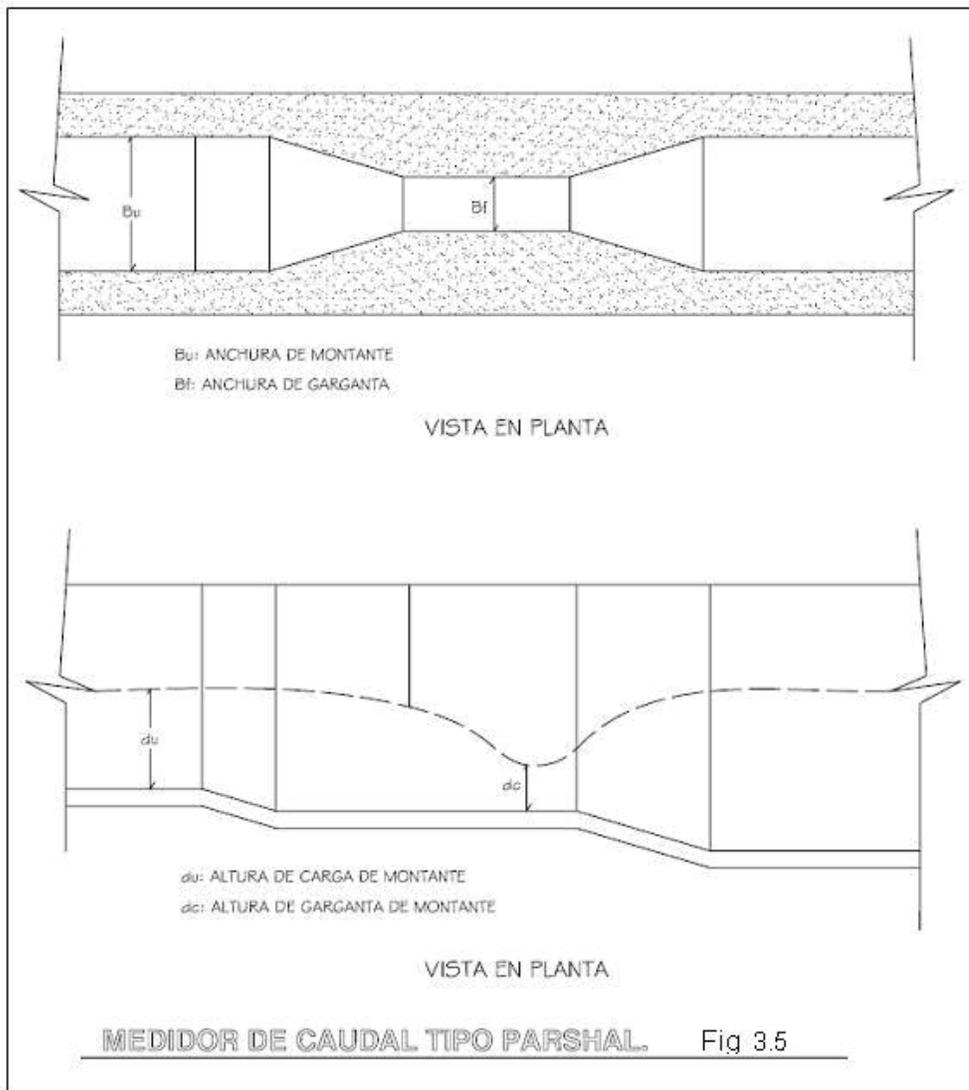
Se define como simples aberturas generalmente vertederos triangulares, sobre las cuales fluye un líquido en canal abierto. Para medir grandes caudales se utilizan los medidores parshall (ver figura 3.5). Así como también para medir pequeños caudales se utilizan los medidores rectangulares, trapezoidales y triangulares.

*Fuente: Tratamiento y Depuración de las Aguas residuales.
Metcalf & Eddy, editorial labor S. A. Barcelona, Tercera edición.





Estos dispositivos proveen datos cronológicos del caudal y sus variaciones (horarias, diarias, semanales o de estación), sirven para desarrollar criterios de diseño en futuras ampliaciones y para evaluar el funcionamiento en el proceso de tratamiento.



3.1.4. Captación y Pretratamiento.

Estas aguas residuales se pueden descargar en los sistemas municipales de aguas residuales en puntos adecuados que no sobrecarguen o dañen las obras de captación y tratamiento, pero es más conveniente aplicar un previo tratamiento a estas aguas de para que el impacto ambiental no sea elevado.

El objetivo del pretratamiento es remover grasas, aceites y otros materiales flotantes o sedimentables para que el agua pueda ser tratada adecuadamente y neutralizar sin ningún riesgo.

3.1.5. TRATAMIENTO.

La finalidad del tratamiento de aguas residuales es la de remover partículas menor tamaño y contaminantes presentes en el agua, que no fueron eliminados en el pretratamiento.

Existen tres tipos de tratamiento de aguas residuales los cuales son:

1. Tratamiento Primario.
2. Tratamiento Secundario.
3. Tratamiento Terciario.

3.1.5.1. Tratamiento Primario.

Después del pretratamiento de las aguas residuales se continúa con el tratamiento primario al cual se le conoce también como: “**Clarificación, Sedimentación o Decantación**”. Es un proceso unitario en el cual se deja decantar en un tanque de decantación el agua residual por un periodo de 2 horas, y producir así un efluente líquido clarificado en línea y un fango líquido-sólido (denominado fango primario), el objetivo es producir un efluente líquido de calidad aprovechable para seguir con los demás etapas del tratamiento y lograr así una separación de sólidos que da lugar a un fango primario que puede ser convenientemente tratado y vertido.

3.1.5.1.1. Sedimentación con floculación**

La sedimentación con floculación tiene lugar cuando la velocidad de sedimentación de las partículas aumenta, debido a efectos de coalescencia con otras partículas. Un diagrama de sedimentación con floculación. Las trayectorias de sedimentación de las partículas tienen forma curva, en lugar de las líneas rectas que se producen en la sedimentación de partículas discretas.

Los criterios de diseño para sistemas en los que se hace una sedimentación con floculación se establecen a través de ensayos de sedimentación en laboratorio. En la figura 3.6 se muestra una columna típica de sedimentación de laboratorio.

** Tratamiento de Aguas Residuales , R.S Ramalho, Faculty of Science and engineering , Laval university, quebec, canada

La concentración de sólidos en suspensión se mantiene uniforme en la columna, al principio de los ensayos, por medio de un agitador portátil. La altura de la columna es aproximadamente la misma que la del tanque de sedimentación que se pretende diseñar. La temperatura se mantiene constante durante los ensayos. Con fines prácticos se puede disponer de una columna de sedimentación (figura 3.6) de unos 2,4 m de altura, disponiendo de aberturas para muestreo a profundidades de 0,6; 1,2; 1,8 y 2,4 m. Los datos obtenidos en dichos puntos se utilizan para determinar la velocidad de sedimentación y su relación con el tiempo de retención. Los datos del punto de muestreo a 2,4 m se utilizan para determinaciones de compactación y concentración de los lodos.

Etapas 1. Rellenar la columna con el agua residual, manteniendo una concentración uniforme de sólidos en suspensión a lo largo de la misma. Debe usarse, para mantener la muestra homogénea, un agitador portátil.

Etapas 2. Quitar el agitador del cilindro o columna. En cada una de las aberturas de muestreo, establecer la concentración de sólidos en suspensión en momentos determinados.

El procedimiento a seguir para establecer un diseño de los clarificadores, a partir de los datos del laboratorio.

La suspensión que va a ser sometida al ensayo tiene una concentración inicial de sólidos en suspensión de 350 mg/l (SSo). La concentración de los sólidos en suspensión (denominada a partir de ahora abreviadamente SS) mostradas en el cuadro 3.1 son el resultado de mediciones, en tiempos determinados, en los puntos de muestreo, a las profundidades indicadas de 0,6; 1,2; 1,8 m. Utilizar los datos indicados para obtener las curvas: (a) % SS eliminado para distintos tiempos de retención (min); (b) % SS eliminado con respecto a la carga superficial ($\text{m}^3/\text{d}/\text{m}^2$), y (c) % SS que permanece (fracción de las partículas con velocidad

inferior a la establecida) con respecto a la velocidad de sedimentación (m/h) para un tiempo de permanencia de 25 minutos.

Etapa 1. Calcular la fracción de sólidos que permanecen en suspensión en cada punto de muestreo.

$$en = SS/SS_0$$

$$en \% \quad y = SS/SS_0 \times 100$$

Calcular para cada muestra la fracción de sólidos separada:

$$1 - x_0$$

o en %:

$$z = 100 - y$$

Un ejemplo de estos cálculos (para una profundidad de 0,6 metros) se muestra en el cuadro 3.2. Cálculos similares pueden realizarse para las otras profundidades de 1.2 y 1.8 metros.

Etapa 2. Para lograr una aproximación de los datos experimentales construir un gráfico del % SS separado con respecto al tiempo. Este gráfico se muestra en la figura 3.7 para las profundidades de 0.6; 1.2 y 1.8 metros.

Etapa 3. A partir de la figura 3.7 construir el gráfico de sedimentación (fig. 3.8).

Cuadro 3.1 Concentraciones de SS a las profundidades indicadas**

Tiempo (min)	0,6 m (Valv. 1)	1,2 m (Valv. 2)	1,8 m (Valv. 3)
5	356,9	387,0	395,6
10	309,6	346,2	365,5
20	251,6	298,9	316,1
30	197,8	253,7	288,1
40	163,4	230,1	251,6
50	114,1	195,7	232,2
60	116,1	178,5	204,3
75	107,5	143,2	180,6

Esto se puede conseguir leyendo en las curvas aproximadas de la figura 3.7 las abscisas (t, min.) correspondientes a valores seleccionados de % de SS separado (por ejemplo: 5, 10, 20,..., 70, 75%) para cada uno de los tres puntos de muestreo. Estos valores son los recogidos en el cuadro 3.3 y utilizados para la construcción de la figura 3.8.

Cuadro 3.2 Calculo de la fracción de sólidos que quedan separados para una profundidad de 0.6m**

(1) Tiempo (min)	(2) SS que quedan (mg/l) Cuadro 3.3	(3) Sólidos que quedan (%) $y = (SS/SS_0) \times 100$	(4) Sólidos separados (%) $z = 100 - y$
5	356,9	83,0	17,0
10	309,6	72,0	28,0
20	251,6	58,5	41,5
30	197,8	46,0	54,0
40	163,4	38,0	62,0
50	144,1	33,5	66,5
60	116,1	27,0	73,0
75	107,5	25,0	75,0

** Tratamiento de Aguas Residuales , R.S Ramalho, Faculty of Science and engineering , Laval university, quebec, canada

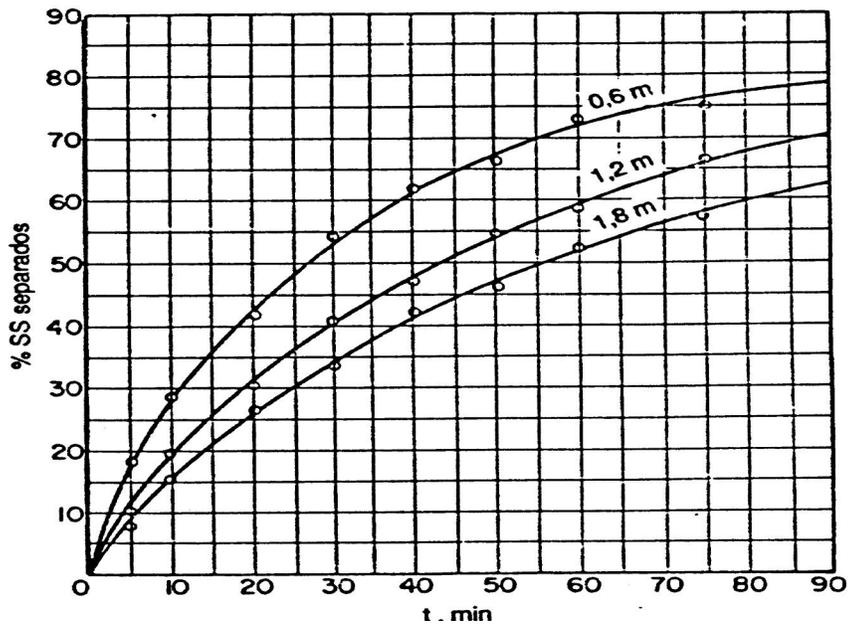


Figura 3.7 Sólidos en suspensión (%SS) separados en función del tiempo**

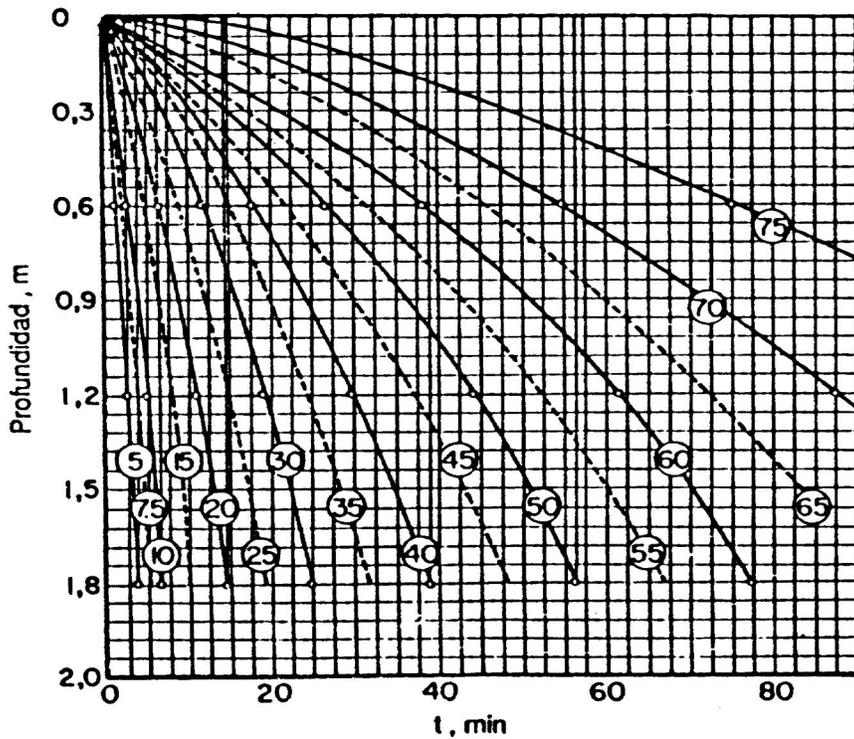


Figura 3.8 Grafico de sedimentación. Los números de cada curva corresponden a los porcentajes de (%SS) separados en función del tiempo.**

** Tratamiento de Aguas Residuales , R.S Ramalho, Faculty of Science and engineering , Laval university, quebec, canada

Cuadro 3.3 Datos base para Figura 3.8**

% SS separados	<i>t</i> (min)		
	0,6 m	1,2 m	1,8 m
5	1,2	2,5	3,7
10	2,5	5,0	6,5
20	6,7	11,0	14,5
30	11,7	19,0	25,0
40	18,0	30,0	39,0
50	27,0	44,0	56,5
60	38,5	61,5	77,5
70	55,0	87,5	—
75	75,0	—	—

Etapa 4. Calcular el % de SS separado y el factor de carga superficial ($m^3/d \cdot m^2$). Para comprender este proceso, hay que hacer una serie de consideraciones previas. Aunque para la sedimentación con floculación, tal como se indica en la figura 3.8, el diámetro de las partículas y sus velocidades de sedimentación aumentan a lo largo de su trayectoria de sedimentación, debido al efecto de coalescencia con las partículas próximas, para poder ver con más detalle la etapa 4, hay que hacer referencia a las velocidades de sedimentación *efectivas* y a diámetros *efectivos*. Utilizando estos conceptos, puede seguirse un procedimiento de cálculo para la sedimentación con floculación, basado fundamentalmente en los mismos axiomas estudiados para sedimentación de partículas discretas, a la hora de hablar de tanques de sedimentación ideales, en cuyo caso los diámetros y las velocidades de sedimentación eran constantes a lo largo de la trayectoria de sedimentación. Una velocidad efectiva de sedimentación F_s , se define como la profundidad efectiva (1,8 m en este ejemplo), dividida por el tiempo (tiempo de retención, t) requerido para que una partícula determinada recorra esta distancia, es decir,

$$V_s = H/t \quad (3.1)$$

** Tratamiento de Aguas Residuales , R.S Ramalho, Faculty of Science and engineering , Laval university, quebec, canada

Para la discusión de que se refiere a sedimentación con floculación, cuando se utilicen los términos velocidad de sedimentación o diámetro se entiende que se refieren a valores *efectivos* de estos parámetros.

Si una suspensión contiene partículas con diferentes velocidades de sedimentación, el rendimiento de su separación por sedimentación se obtiene realizando ensayos con columnas de sedimentación como las descritas anteriormente.

Supongamos que SS es la concentración de sólidos que permanecen en una muestra específica en un momento determinado, o sea:

$x_0 = SS/SS_0 =$ fracción de los sólidos que permanecen

$1 - x_0 = 1 - SS/SS_0 = y_0 =$ fracción de sólidos separados

Las partículas con una velocidad de sedimentación V_s o superior (donde $V_s = H/t$) se separan totalmente. Las partículas con una velocidad de sedimentación inferior V_1 ($V_1 < V_s$) se separan en un porcentaje dado por la ecuación $V_1/V_s = h/H$.

Un gráfico típico de este caso, tal como el de la figura 3.9, puede desarrollarse por el análisis de los datos obtenidos en la columna de sedimentación. Los detalles para la construcción de dicho gráfico, a partir de los datos experimentales, son los discutidos al final de la etapa 4 (d). Sin embargo, para comprender los procesos de cálculo que se describen a continuación, es conveniente asumir que este gráfico está ya realizado.

La figura 3.9 recoge el gráfico en el que se indica la fracción o porcentaje de partículas que tienen menos de la velocidad fijada con respecto a la velocidad de sedimentación considerada. Este gráfico está construido basándonos en un tiempo de retención determinado. Hay que darse cuenta que la fracción de

partículas que tienen menos de la velocidad establecida (si $V_s = H/t$) corresponde a la fracción de partículas que no se eliminan completamente. Por ejemplo, si el 30% de las partículas en un caso específico se eliminan totalmente, en este caso $x_0 = 0,7$, y es la ordenada correspondiente a la velocidad de sedimentación $V_s = H/t$.

Para las partículas que tienen una velocidad de sedimentación entre V_1 y $V_1 + dV$ donde ($V_1 < V_s$) la fracción separada es (V_1/V_s) del mismo modo para las partículas que tienen una velocidad de sedimentación entre, $V_1 + dV$ y $V_1 + 2dV$ la fracción separada es $(V_1 + dV)/V_s$.

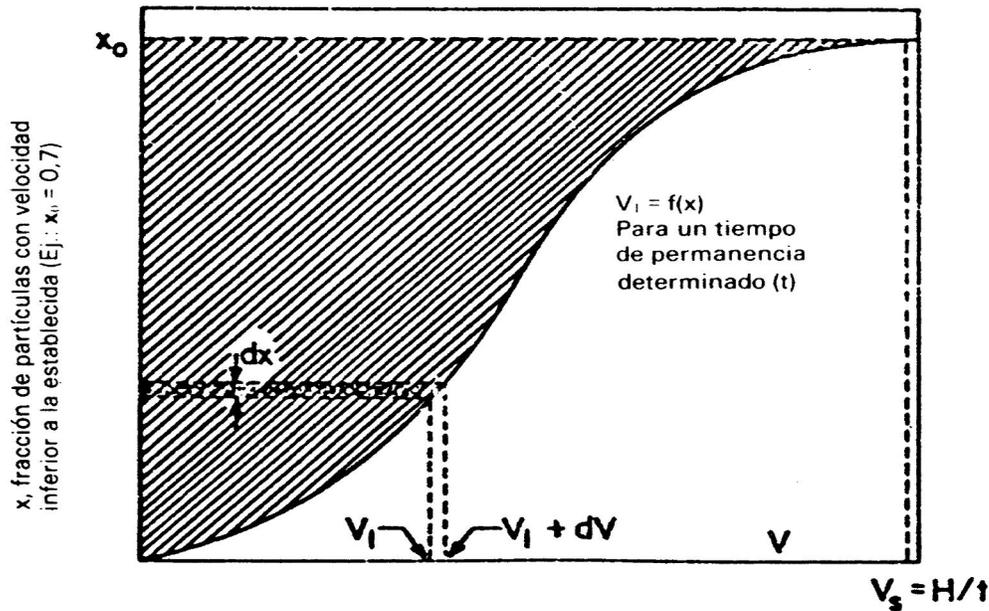


Figura 3.9 determinación del total separado**

Así pues el total de sólidos que se ha separado es:

$$(1 - x_0) + \int_0^{x_0} (V_1/V_s) dx \quad \text{Ec (3.2)}$$

** Tratamiento de Aguas Residuales , R.S Ramalho, Faculty of Science and engineering , Laval university, quebec, canada

En la ecuación anterior V_1 es una Variable ($0 \leq V_1 \leq V_s$) con $V_1 = f(x)$ representada por la curva de la figura 3.9 . el Término $(1-X_0)$ representada la fracción total separada, correspondiente a las partículas con velocidad mayor que V_s . El segundo término de la ecuación es:

$$\int_0^{x_0} (V_1/V_s) dx = \frac{1}{V_s} \int_0^{x_0} V_1 dx \quad \text{Ec (3.3)}$$

Es la fracción de la parte separada que corresponde a partículas con velocidades inferiores a V_s (calculada por integración grafica como indica la figura 3.9) el área diferencial, que tiene una anchura de dx , indicada en la figura 3.9, corresponde a partículas con velocidad de sedimentación entre V_1 y V_1+dV .

Cuadro 3.4 Velocidad de sedimentación con (H=1.8mts)**

Separación %	t (min)	Velocidad de sedimentación (m/h) $V_s = 1,8/(t/60) = 108/t$
5	3,7	29,20
10	6,5	16,60
20	14,5	7,45
30	25,0	4,32
40	39,0	2,77
50	56,5	1,91
60	77,5	1,39

separan en la proporción V_1/V_s en la proporción de la profundidad de sedimentación media (h_1) con respecto al total de la profundidad de sedimentación. La profundidad de sedimentación media (h_1) se estima dibujando (por interpolación) la curva correspondiente a una separación constante del 35% en la figura 3.8, y leyendo en la misma la profundidad (h_1) que corresponde a $t=25$ min. En consecuencia, para este primer intervalo, el % de SS separados sería $(h_1/H) \times 10 = (4,2/6) \times 10 = (4.2/6) \times 10 = 7,0\%$.

** Tratamiento de Aguas Residuales , R.S Ramalho, Faculty of Science and engineering , Laval university, quebec, canada

En forma similar, y para intervalos de 10%, las curvas para una separación en % constante del 45, 55, 65, 75%, se pueden dibujar obteniéndose profundidades de sedimentación de 0,72, 0,42; 0,252 y 0,084 metros para $t = 25$ min. Los cálculos para $t=25$ min. pueden indicarse como sigue:

$$V_s = H/ t = 1.8(25/60) = 4.2 \text{ m/h} \quad (\text{Ec. 3.4})$$

A partir del 5º intervalo, el % de sólidos en suspensión separados es despreciable, pudiendo detenerse los cálculos en ese punto. En general, si se seleccionan intervalos de 10%, el % total separado puede venir dado por la expresión:

$$\text{Separación total (\%)} = X_{tot} + (h_1/H) \times 10 + (h_2/H) \times 10 + (h_3/H) \times 10 + \dots \quad (3.5)$$

La ecuación (3.5) es simplemente una aproximación de la ecuación (3.3). $(1 - x_0)$ corresponde a A_{tot} y la integral $(h/H)dx$ puede sustituirse por una suma de elementos finitos en los términos: $2 (h_m JH) \times Ax$

donde h_{med} es la profundidad de sedimentación media para cada intervalo seleccionado. Los Ax en este ejemplo están seleccionados arbitrariamente dentro del 10%. Cuantos más pequeños sean los Ax seleccionados, la aproximación se acercará más a la integral.

Cálculos similares pueden realizarse para otros tiempos de retención recogidos en la segunda columna del cuadro 3.4. Los resultados finales pueden observarse en el cuadro 3.5

Cuadro 3.5, SS separados en %, en función del tiempo de retención **

(1) t (min)	(2) % SS separados
3,7	13,4
6,5	20,1
14,5	33,9
25,0	45,2
39,0	55,0
56,5	64,3
77,5	71,1

** Tratamiento de Aguas Residuales , R.S Ramalho, Faculty of Science and engineering , Laval university, quebec, canada

A partir del cuadro 3.5 puede obtenerse un gráfico del % de SS separados en función del tiempo de retención (fig. 3.10).

Etapa 4 (c). Preparar un gráfico del % de SS separados en función de la carga superficial. Los cálculos que se necesitan para preparar el gráfico son los recogidos en el cuadro 3.6.

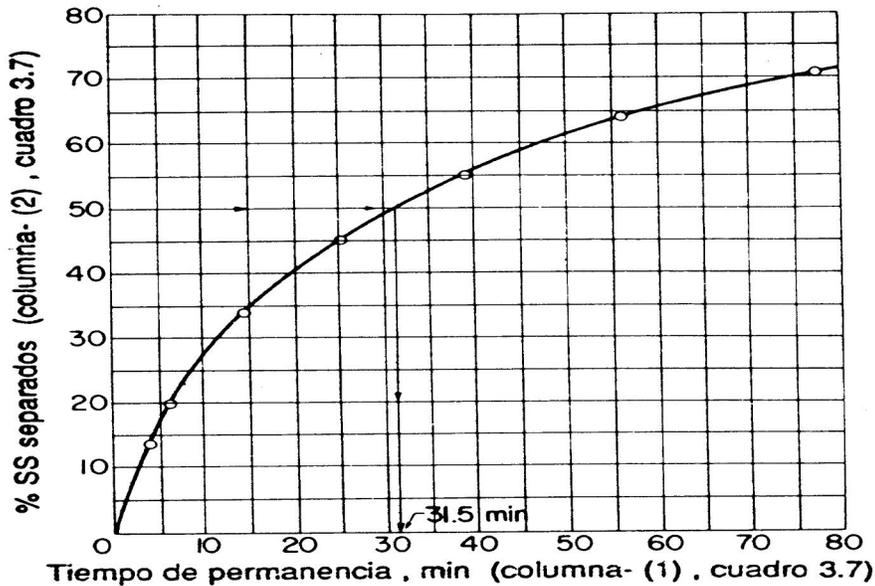


Figura 3.10 separación de sólidos en suspensión en función del tiempo de residencia**

Cuadro 3.6 % SS separación en función del factor de carga**

(1) t (min)	(2) Velocidad de sedimentación, V_s (m/h). Cuadro 3.6	(3) Factor de carga ($m^3 m^{-2} \cdot d$) $V_s \times 24$	(4) % SS separados [columna (2) de Cuadro 3.7]
3,7	29,2	700,8	13,4
6,5	16,6	398,4	20,1
14,5	7,45	178,8	33,9
25,0	4,32	103,7	45,2
39,0	2,77	66,5	55,0
56,5	1,91	45,8	64,3
77,5	1,39	33,4	71,1

** Tratamiento de Aguas Residuales , R.S Ramalho, Faculty of Science and engineering , Laval university, quebec, canada

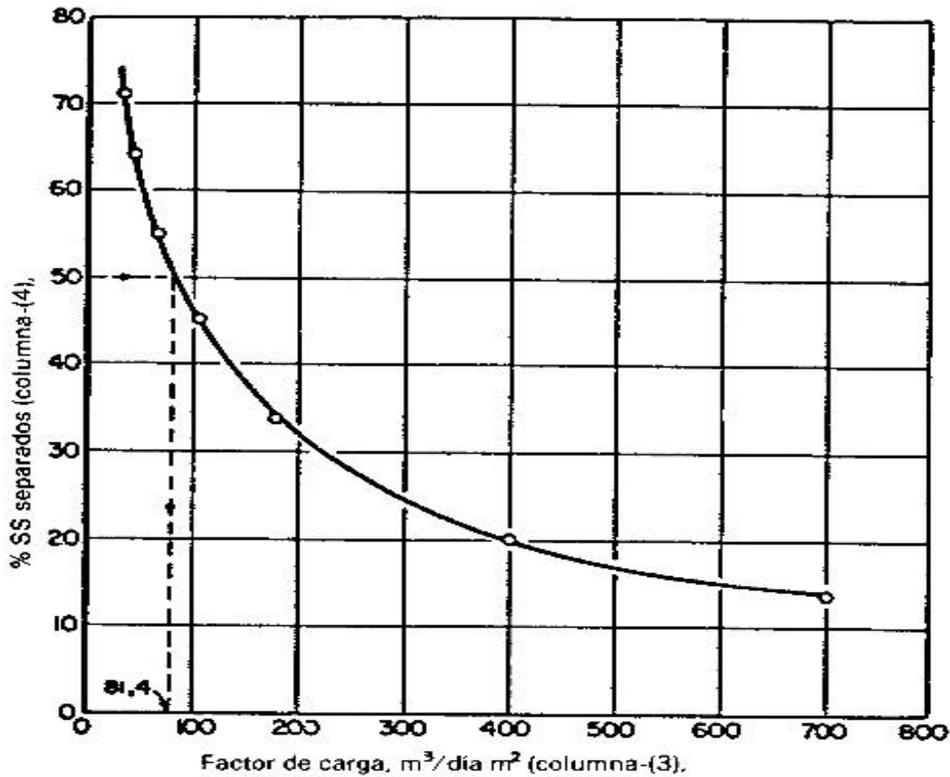


Figura 3.11 separación de sólidos en suspensión (%SS) en función del tiempo de residencia**

El gráfico que representa el % de SS separados en función de la carga superficial es el de la figura 3.11. Todos los cálculos se refieren a una concentración inicial de sólidos en suspensión SSo de 350 mg/l.

Balance de materias para un clarificador primario

Los clarificadores primario se diseñan para una separación determinada (normalmente 40 — 60%) de los sólidos en suspensión en el vertido de entrada.

En la figura 3.12 deben considerarse:

$Q_o = m^3/d$ del afluente.

$X_o = mg/l$ de sólidos en suspensión en el afluente.

$Q_e = mVd$ del efluente (rebosadero del clarificador).

** Tratamiento de Aguas Residuales , R.S Ramalho, Faculty of Science and engineering , Laval university, quebec, canada

X_e — mg/1 de sólidos en suspensión que permanecen en el líquido clarificado.

$Q_u = m^3/d$ del caudal que sale del clarificador.

$X_u = mg/1$ de sólidos en suspensión del caudal separado.

Un balance total de los líquidos en circulación nos daría:

$$Q_o = Q_e + Q_u \quad (\text{Ec 3.6})$$

Un balance material para sólidos en suspensión nos daría: e

$$Q_o X_o = Q_e X_e + Q_u X_u \quad (\text{Ec 3.7})$$

Hay que tener cuidado con las unidades que se manejan.

Combinando las ecuaciones 3.6 y 3.7 se obtiene:

$$Q_e = Q_o (X_u - X_o) / (X_u - X_e) \quad (\text{Ec 3.8})$$

$$Q_u = Q_o - Q_e \quad (\text{Ec 3.9})$$

La concentración de los lodos separados se determina considerando el proceso de su manipulación y vertido. Pueden llevarse a cabo ensayos para determinar la correlación entre las concentraciones de lodos y el tiempo de retención el grafico se muestra en la figura 3.12 el grafico del % de sólidos compactados.

Entre los beneficios de este tratamiento están:

-. Reducción de los sólidos en suspensión, reducción de la Demanda, Bioquímica de Oxígeno (DBO_5), reducción de la cantidad de fangos activados en exceso en la planta de fangos activos, separación del material flotante y homogenización parcial de los caudales y carga orgánica.

En el tratamiento se lleva a cabo una sedimentación en reposo del material flotante y grasas, esta sedimentación se lleva a cabo en sedimentadores que pueden ser: circulares (los más frecuentes), rectangulares y cuadrados.

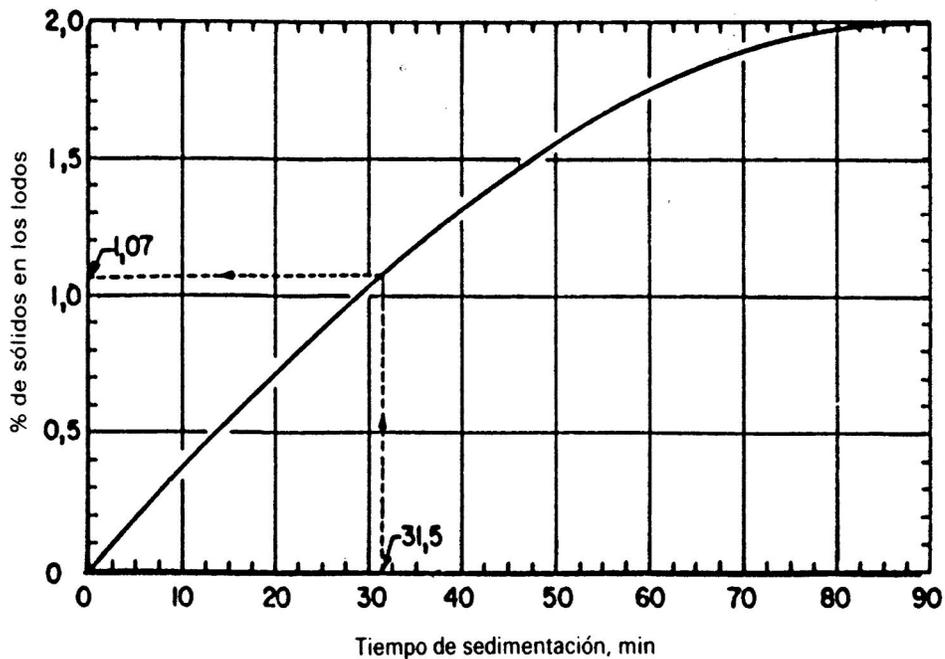


Figura 3.12, Balance de materia para clarificadores Primarios**

Decantación primaria mejorada químicamente.

La adición de coagulantes (sales de hierro, cal, aluminio) previa a la decantación provoca la floculación de la materia fina en suspensión de lo flóculos mas propensos a la decantación. Esto aumentará el rendimiento de la separación y la mayor reducción de la DBO_5 y los sólidos suspendidos.

Según la tabla 1. Compara el rendimiento del uso de los floculantes en el tratamiento de aguas residuales.

3.1.5.2. Tratamiento Secundario.

Una vez eliminados de un 40 a un 60% de los sólidos en suspensión y reducida de un 20 a un 40% la DBO_5 por medios físicos en el tratamiento primario, el tratamiento secundario reduce la cantidad de materia orgánica en el agua. El tratamiento secundario supone, de hecho, emplear y acelerar los procesos naturales de eliminación de los residuos.

** Tratamiento de Aguas Residuales , R.S Ramalho, Faculty of Science and engineering , Laval university, quebec, canada

Los mecanismos de separación de la materia orgánica incluyen:

- *Biodegradación*: Es el mecanismo dominante para la eliminación de compuestos orgánicos en las aguas residuales.

- *Desorción con aire (lavado de aire)*: Es para sistemas aerobios donde por medio de la acción del aire se va oxidando las partículas orgánicas.

- *Absorción*: Se da por la aplicación de compuestos que absorban todos los compuestos orgánicos que posee el agua residual.

Sistemas de Tratamiento Secundario:

- *Cultivos en suspensión:*

Los sistemas de cultivos en suspensión se definen como aquellos procesos aerobios que obtienen una alta concentración de microorganismos a través del recirculado de sólidos biológicos. Los organismos bacterianos transforman la carga orgánica biodegradable de las aguas residuales en ciertas fracciones inorgánicas en nueva biomasa y otros productos no contaminantes como el dióxido de carbono gaseoso.

- *Cultivos fijos:*

Son conocidos también como reactores de película fija permiten el crecimiento de una capa bacteriana en la superficie de un medio expuesto a la atmósfera de donde se absorbe el oxígeno necesario. Al hacerlo así la capa microbiana se extiende con la propia agua residual y en este proceso la capa microbiana transforma la carga orgánica biodegradable de las aguas residuales en biomasa y subproductos.

Cultivos duales, biológicos en suspensión y fijos:

Este emplea dos etapas de los procesos anteriores tanto fijos como en suspensión con el objetivo de conseguir una efluente que sea de primera calidad.

La filtración en medio granular:

Esta se aplica cuando la concentración de los sólidos sedimentables en efluente es menor a 10 mg./L. Este tratamiento se va aplicar cuando el efluente de agua es

bajo; si el efluente de agua a tratar es alto se aplican a la vez coagulantes químicos.

Absorción con carbón activado:

Los compuestos orgánicos que se encuentre disueltos o suspendidos en el agua residual se pueden eliminar con Carbón Activado en Polvo (PAC) o carbón activado granular.

El Carbón activado elimina selectivamente estos compuesto cuando esta entra en contacto con el agua que contenga materia orgánica mediante los siguientes procesos: Absorción de moléculas menos polares, filtración de las partículas mayores, deposición parcial de las partículas coloidales en la en la superficie externa del carbono.

3.1.5.3. Tratamiento Terciario ***

Se realiza con la finalidad de remover todos aquellos contaminantes que no se eliminaron en el tratamiento secundario y que se encuentre disueltos en el agua residual.

- Tratamiento químico:

Este tratamiento puede emplearse en muchos problemas de depuración de las aguas residuales. Entre estos tenemos:

- Cloro.

La desinfección con cloro sigue siendo la forma más común de desinfección de las aguas residuales debido a su bajo historial de costo y del largo plazo de la eficacia. Una desventaja es que la desinfección con cloro del material orgánico residual puede generar compuestos orgánicamente clorados que pueden ser carcinógenos o dañinos al ambiente. La clorina o las "cloraminas" residuales puede también ser capaces de tratar el material con cloro orgánico en el ambiente acuático natural. Además, porque la clorina residual es tóxica para especies

*** Alfano, O. y otros. 2001. Eliminación de contaminantes por fotocatalisis heterogénea. Programa Iberoamericano para el Desarrollo de Ciencia y Tecnología (CYTED). La Plata, Ar. Ed. M. Blesa.

acuáticas, el efluente tratado debe ser químicamente desclorinado, agregándole complejidad y costo del tratamiento.

- Ozono.

El ozono es oxígeno enriquecido, constando de tres átomos de oxígeno, es inestable y se descompone con cierta facilidad en oxígeno normal y oxígeno nascente, que es un fuerte oxidante. Debido a esta característica, actúa con gran eficiencia como desinfectante y se constituye como el más serio competidor del cloro. Se considera que el ozono es el desinfectante de mayor eficiencia microbicida y requiere tiempos de contacto bastante cortos. Se ha demostrado que cuando el ozono es transferido al agua mediante un mezclador

En línea sin movimiento, las bacterias son destruidas en dos segundos. Por ello, el tiempo de contacto en la ozonización no tiene mayor importancia.

- Radiación ultravioleta.

Mediante el uso de radiación ultravioleta a una longitud de onda adecuada, se eliminan los microorganismos y agentes patógenos del agua dando como resultado un elevado nivel de desinfección.

3.1.5.4. PROCESOS AVANZADOS DE OXIDACIÓN. ***

La creciente demanda para la descontaminación de aguas de diversos orígenes, materializadas en regulaciones cada vez más estrictas, ha impulsado en la última década, al desarrollo de nuevas tecnologías de purificación.

En la práctica, la aplicación de los métodos de tratamientos debe tener en cuenta fundamentalmente la naturaleza y las propiedades fisicoquímicas de las aguas o efluentes a tratar. Las aguas contaminadas por la actividad humana pueden, en general, ser procesadas eficientemente por plantas de tratamiento biológico, por adsorción con carbón activado u otros adsorbentes, o por tratamientos químicos convencionales (oxidación térmica, cloración, ozonización, permanganato de

*** Alfano, O. y otros. 2001. Eliminación de contaminantes por fotocátalisis heterogénea. Programa Iberoamericano para el Desarrollo de Ciencia y Tecnología (CYTED). La Plata. Ar. Ed. M. Blesa.

potasio) .Sin embargo en algunos casos estos procedimientos resultan inadecuados para alcanzar el grado de pureza requerido por ley o por el uso ulterior del efluente tratado. En estos casos se está recurriendo en los países industrializados al uso de las llamadas *Tecnología ó Procesos Avanzados de Oxidación (TAO's, PAO's)*, muy poco aplicado y aun menos difundidos en los países de economías emergentes como los de América Latina. La mayoría de las TAO's puede aplicarse a la remediación y destoxificación de aguas especiales, generalmente en pequeña y mediana escala. Los métodos pueden usarse solo o combinados entre ellos o con métodos convencionales, pudiendo ser aplicados también a contaminantes de aire y suelo. Permiten incluso la desinfección por la inactivación de bacterias y virus.

Las TAO's se basan en procesos fisicoquímicos capaces de producir cambios profundos en la estructura química de los contaminantes. El concepto fue inicialmente establecido por *Glaze y colaboradores*, quienes definieron los PAO's, como procesos que involucran la generación y uso de especies transitorias y poderosas, principalmente el radical Hidroxilo (HO^{\cdot}). Este radical puede ser generado por medios fotoquímicos (incluida la luz solar) o por otras formas de energía y posee alta efectividad para la oxidación de materia orgánica.

Algunos TAO's como la fotocatalisis heterogénea, la radiólisis y otras técnicas avanzadas recuren además a reductores químicos que permiten realizar transformaciones en contaminantes tóxicos pocos susceptibles a la oxidación, como iones metálicos o compuestos halogenados.

Existen otras tecnologías que pueden incluirse también entre las TAO's, como el tratamiento con barreras permeables reactivas de Fe metálico (Fe cero covalente) y la oxidación con K_2FeO_4 Fe(VI). Sin embargo en este proceso de investigación enfocaremos las tecnologías que involucran la regeneración del radical HO^{\cdot} , principalmente la **Fotocatalisis Heterogénea**.

Entre las ventajas de estas nuevas tecnologías sobre los métodos convencionales podemos citar:

- No solo cambian de fase al contaminante (como ocurre en el arrastre del aire o en el tratamiento del carbón activado), sino que los transforma químicamente.
- Generalmente se consigue la mineralización completa (destrucción) del contaminante. En cambio, las tecnologías convencionales, que no emplean especies muy fuertemente oxidante, no alcanzan a oxidar completamente la materia orgánica.
- Usualmente no generan barros que a su vez requieren de un proceso de tratamiento y/o disposición.
- Son muy útil para contaminantes refractarios que resisten otros métodos de tratamiento principalmente el biológico.
- No se forman sus productos de reacción, o se forman en baja concentración.
- Son ideales para disminuir la concentración de compuestos formados por pretratamientos alternativos, como la desinfección.
- En muchos casos, consumen mucho menos energía que otros métodos (por ejemplo la incineración).
- Permiten transformar contaminantes refractarios en productos tratables luego por métodos más económicos como el tratamiento biológico.
- Eliminan efectos sobre la salud de desinfectantes y oxidantes residuales como el cloro.

Las TAO's son especialmente utilizados como *pretratamiento* antes de un tratamiento biológico para contaminantes resistentes a la biodegradación o como proceso de *postratamiento* para efectuar una purificación de las aguas a los cuerpos receptores.

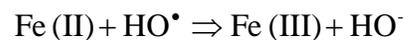
Los procesos involucrados poseen una mayor facilidad termodinámica y una velocidad de oxidación muy incrementada por la participación de radicales, principalmente el radical Hidroxilo (HO^{\bullet}), que es el oxidante más energético. Esta

especie posee propiedades adecuadas para atacar virtualmente a todos los compuestos orgánicos y reaccionar $10^6 - 10^{12}$ veces más rápido que oxidantes alternativos como el O_3 .

- Tratamiento con el reactivo de Fentón.

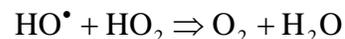
Los conocidos ensayos del Fentón de fines del siglo XIX demostraron que las soluciones de peróxido de hidrogeno y sales ferrosas eran capaces de oxidar los ácidos tartáricos y málicos y otros compuestos orgánicos.

Estas reacciones forman radicales hidroxilos dichos radicales pueden reaccionar por dos vías la oxidación de Fe (II) y el ataque a la materia orgánica.



El proceso es realmente efectivo para destruir compuestos orgánicos y destruir contaminantes ya que es muy efectivo para la generación de iones hidroxilo

Pero un exceso de iones ferroso puede atraparlos (reacción 2) al igual que a los halógenos.



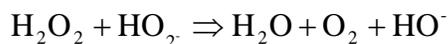
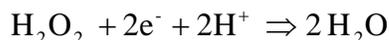
El proceso del Fentón ha resultado efectivo para la degradación de compuestos alifáticos y aromáticos clorados, nitroaromáticos, azo, clorobencenos, fenoles, fenoles clorados y formaldehído.

Es un buen oxidante de herbicida y otros contaminantes del suelo también puede descontaminar solventes de limpieza a seco y puede decolorar aguas residuales. Ha mostrado éxitos al reducir el DQO en aguas municipales y subterráneas y en el tratamiento de Lixiviación.

Las ventajas de este método es el fácil uso del método ya que el Fe (II) es abundante y no es tóxico y el peróxido de hidrogeno es fácilmente manejable y es ambientalmente benigno.

- Tratamiento con ozono y peróxido (O_3 / H_2O_2)

La ozonización transforma los contaminantes en compuestos más simples, más refractarios al reactivo. Se logra una mejoría al agregar agua oxigenada. El peróxido (H_2O_2) es un ácido débil, un poderoso oxidante y compuesto inestable.

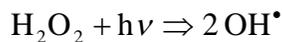


El uso de dos o más oxidantes permite aprovechar el efecto sinérgico entre ellos, lo cual produce una destrucción adicional de la carga orgánica. Sin embargo es difícil establecer la cantidad de oxidantes para producir un efecto directo entre ellos o lograr una mezcla adecuada entre ellos.

El peróxido puede iniciar la descomposición del ozono por transferencia de electrones, esta reacción genera iones hidroxilo consumiendo el peróxido y el ozono.

- Tratamiento con el reactivo de Fenton con luz ultravioleta (UV)

Esta reacción produce una fotólisis si la molécula de peróxido por fotones con una energía superior a la de la unión de O-O, esta reacción produce dos iones hidroxilo por cada molécula de peróxido.



Esta unión de oxidantes ofrece una gran ventaja ya que el oxidante es bastante accesible, es térmicamente estable.

3.1.6. FOTOCATÁLISIS. ***

3.1.6.1. Generalidades.

Por diversas razones, el proceso de tratamiento y/o purificación de aguas mediante fotocátalisis heterogénea con dióxido de titanio como catalizador es en la

*** Alfano, O. y otros. 2001. Eliminación de contaminantes por fotocátalisis heterogénea. Programa Iberoamericano para el Desarrollo de Ciencia y Tecnología (CYTED). La Plata. Ar. Ed. M. Blesa.

actualidad, una de las aplicaciones fotoquímicas que mas interés ha despertado entre la comunidad científica internacional.

La fotocatalisis heterogénea, a diferencia de la mayoría de los procesos fotoquímicos, no es selectiva y puede emplearse para tratar mezclas complejas de contaminantes. Además, provee la posibilidad de la utilización de la radiación solar como fuente primaria de energía, le otorga un importante y significativo valor medioambiental. El proceso, constituye un claro ejemplo de tecnología sostenible.

3.1.6.2. Historia.**

La primera publicación sobre este proceso de degradación de contaminantes en fases tanto acuosa como gaseosa se debe a Carey y aparece en 1976. Desde entonces un análisis histórico de la evolución del desarrollo del proceso fotocatalítico para la purificación de aguas permite identificar cuatro etapas claramente diferentes.

- *PRIMERA ETAPA:* con escasas publicaciones, aproximadamente entre 1976 y 1985 solo unos pocos científicos trabajan en el tema; no se vislumbra todavía una aplicación concreta.

. *SEGUNDA ETAPA:* a mediados de la década de los 80s y hasta los primeros años de la década de los 90s coincide con una creciente preocupación e inquietud de la comunidad científica internacional sobre temas medio ambientales; en ella se plantea la posibilidad de aplicar este proceso al tratamiento de contaminantes en aguas. El éxito de las primeras experiencias da lugar a una masiva incorporación de grupos de investigación al estudio del tema. En esta situación, a finales de los 80`s, como resultado de extrapolaciones muy optimistas de los resultados obtenidos hasta entonces, llego a considerarse el proceso fotocatalítico como un posible método universal para la degradación de contaminantes orgánicos.

- *TERCERA ETAPA:* a mediados y finales de la década de los 90s es una especie de antitesis de la etapa anterior. Se registra una profusión de resultados

contradictorios y los estudios de investigación y de aplicaciones generaron un debate sobre las aplicaciones reales del proceso. Se enfatizaron los inconvenientes provenientes de las limitaciones para producir grandes cantidades de radicales hidroxilo y de la lentitud del proceso de degradación global. Se obtienen resultados alentadores al estudiar sistemas casi reales, simultáneamente con otros resultados negativos o dudosos, y se genera así mucha confusión en la percepción del público no científico.

-. *CUARTA ETAPA*: en la que nos encontramos actualmente, se caracteriza por una visión mas conservadora y realista de las posibilidades de la tecnología asociada, enfocada en aquellas aplicaciones iniciales que aparecen mas prometedoras. Ya no se cree que el proceso de fotocátalisis, tal y como se conoce y se define en la actualidad, puede ser algo universal, pero en cambio se han identificado aplicaciones especificas y concretas en las que la tecnología, desarrollada adecuadamente puede resultar viable y competitiva.

3.1.6.3. DEFINICIÓN.***

La fotocátalisis heterogénea es un proceso que se basa en la absorción directa o indirecta de energía radiante (VIS o UV) por un sólido (el fotocatalizador heterogéneo, que normalmente es un semiconductor de banda ancha). En la región interfacial entre sólido excitado y la solución tienen lugar las reacciones de destrucción o de remoción de los contaminantes, sin que el catalizador sufra cambios químicos.

3.1.6.4. CARACTERÍSTICAS DEL FOTOCATALIZADOR (ZnO)***

Existen diversos materiales con propiedades idóneas para actuar como catalizadores y llevar a cabo reacciones fotosensibilizadas como, por ejemplo, TiO₂, ZnO, CdS, óxidos de hierro, etc. La mayoría de estos materiales pueden excitarse con luz de no muy alta energía, absorbiendo parte de la radiación del

*** Alfano, O. y otros. 2001. Eliminación de contaminantes por fotocátalisis heterogénea. Programa Iberoamericano para el Desarrollo de Ciencia y Tecnología (CYTED). La Plata. Ar. Ed. M. Blesa.

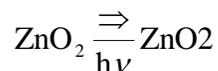
espectro solar que incide sobre la superficie terrestre ($\lambda > 310 \text{ nm}$). Los catalizadores mas investigados son el TiO_2 y los óxidos metálicos semiconductores de banda ancha como el ZnO .

Las características ventajosas para un catalizador las siguientes:

- -. Tener un área superficial
- -. Una distribución de tamaño de partícula uniforme
- -. Forma esférica de las partículas
- -. Ausencia de porosidad interna

La anatasa parece ser la forma cristalina con mejores propiedades fotocatalíticas y esto ha sido atribuido, entre otras razones, a la mayor capacidad de fotoadsorción de la anatasa por oxígeno molecular y sus formas ionizadas y a su baja rapidez relativa de recombinación de pares hueco-electrón.

El uso del ZnO como fotocatalizador ha probado ser muy competitivo con respecto al TiO_2 , ya que promete ser útil en el tratamiento de aguas a gran escala por ser de bajo precio, y es similar o mejor que la forma de anatasa de TiO_2 . Además el zinc, por ser un metal pesado precipita al destruir los contaminantes por la fotocatalisis lo que lo pone en desventaja con el TiO_2 ya que este necesita ser removido de la suspensión. El óxido de zinc es conocido por ser semiconductor fotoactivo bajo radiación solar y su mecanismo de fotodegradación es similar al del TiO_2 . El ZnO es químicamente estable en el rango de pH de $4 < \text{pH} < 14$.

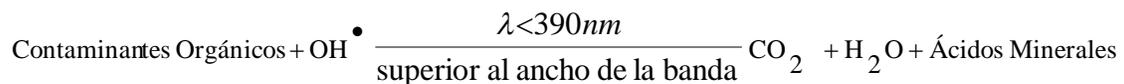


3.1.6.5. INTRODUCCIÓN AL MÉTODO***

Muchas reacciones se pueden promover por la activación de sólidos a través de la luz, los cuales no se consumen en la reacción. Tales sólidos son conocidos como fotocatalizadores o fotosintetizadores y a menudo son semiconductores.

*** Alfano, O. y otros. 2001. Eliminación de contaminantes por fotocatalisis heterogénea. Programa Iberoamericano para el Desarrollo de Ciencia y Tecnología (CYTED). La Plata. Ar. Ed. M. Blesa.

El ejemplo mas conocido de fotocatalisis por semiconductores; probablemente se da en la pintura, el proceso involucra la fotodegradación de cadenas poliméricas de la pintura catalizadas por el pigmento semiconductor, generalmente el TiO₂ o el ZnO. Hoy en día este fenómeno es controlado en gran parte cubriendo el pigmento con una capa acuosa de oxido inerte, comúnmente de silicio, aluminio o zirconio. En años recientes ha crecido el interés por el uso de semiconductores como fotosintetizadores para completar la mineralización oxidativa de contaminantes por O₂. En la fotocatalisis por semiconductores, para la purificación de aguas los contaminantes usualmente son compuestos orgánicos y por lo tanto el proceso general se puede resumir por la siguiente reacción:



En la fotomineralización por semiconductores como método de purificación de aguas no se utilizan oxidantes fuertes de naturaleza peligrosa, como los utilizados comúnmente en los métodos tecnológicos de tratamiento de aguas industriales (*Cloración y Ozonización*). Las tecnologías no destructivas utilizadas actualmente para el tratamiento de aguas industriales son: *Trampas de Aire y Absorción con Carbón*; las cuales tienen sus complicaciones por ejemplo la remoción de contaminantes volátiles por:

Trampas de Aire: convierte un problema de contaminación líquido en un problema de contaminación del aire y la *Absorción con Carbón*: produce sólidos peligrosos que luego deberán depositarse en algún sitio.

La purificación de aguas por fotocatalisis con semiconductores esta atrayendo mucho interés por las siguientes razones:

- Es un método que destruye sustancias tóxicas (dioxinas, PCB's, disolventes, pesticidas, etc) hasta subproductos como agua, CO₂ y simples ácidos inorgánicos, en el caso de compuestos orgánicos. En el caso de metales pesados puede reducirlos a un estado de menor toxicidad.

- Las sustancias contaminantes son eliminadas en un único proceso sin necesidad de ser extraídas del medio en que se encuentran disueltas y usando energía procedente de una fuente limpia, abundante ecológicamente, barata e inagotable como es el sol.
- El proceso tiene lugar a temperatura ambiente y puede realizarse en combinación con cualquier otro tratamiento convencional.

3.1.6.6. PRINCIPIO DEL MÉTODO.***

En un sólido los electrones ocupan las bandas de energía como consecuencia de una red extendida de enlaces. En un semiconductor las bandas de alta energía (ocupadas) y las bandas de baja energía (desocupadas) están separadas por una energía de brecha E_{bg} , la cual corresponde a una región desprovista de niveles de energía.

La activación de un semiconductor en fotocatalisis se lleva a cabo por absorción de un fotón con energía superior al ancho de banda, lo cual resulta en la promoción de un electrón (e^-) de la banda de valencia a la banda de conducción con la generación de un hueco (agujero), (h^+) en la banda de valencia en fase acuosa, la superficie iluminada es considerada ampliamente como un productor de radicales hidroxilos; estos y otros productos altamente oxidantes de esta fotoquímica indirecta continúan atacando los contaminantes oxidables.



Los distintos procesos de foto-oxidación mencionados en la bibliografía normalmente emplean la luz conjuntamente con algún oxidante (ozono, peróxido de hidrógeno y/o oxígeno, etc).

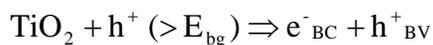
Esto es debido a que la luz solar o que el oxidante solo produce la destrucción parcial del contaminante, el uso simultáneo de luz y un oxidante han demostrado rutinariamente que produce mineralización completa del carbono orgánico a dióxido de carbono CO_2 .

*** Alfano, O. y otros. 2001. Eliminación de contaminantes por fotocatalisis heterogénea. Programa Iberoamericano para el Desarrollo de Ciencia y Tecnología (CYTED). La Plata, Ar. Ed. M. Blesa.

Sin embargo podemos indicar que un proceso ideal de fotocatalisis heterogénea seria aquella transformación química de reactivos en productos que tuviese las siguientes características:

- La entidad de fotocatalizador (ZnO) permanece inalterada una vez finalizado el proceso.
- La reacción es exoenergética y solo es acelerada por la iluminación que la provoca.
- Se generan huecos y electrones en el fotocatalizador que son necesarios para el proceso.
- Los productos específicos resultantes son diferentes que los que se obtendrían en fase homogénea.

La función fotoquímica primordial, después de la absorción de luz en el UV cercano por las partículas de TiO_2 (longitudes de ondas $<$ a 380 nm), es la generación de pares electrón / hueco cuya separación en electrones en la banda de conducción (e^-_{BC}) y huecos en la banda de valencia (h^+_{BV}) es ayudada por el gradiente del campo eléctrico en el espacio de la región de carga, según la ecuación:



Estas partículas cargadas eléctricamente se mueven rápidamente a la superficie donde son captadas en trampas de energía sub-superficiales del catalizador [$\text{Ti}^{IV} - \text{O}^{2-} - \text{Ti}^{IV}$], para los huecos y trampas superficiales [$-\text{Ti}^{IV}-$] para los electrones.



Estas trampas de energía son debidas al hecho que en la superficie de la partícula semiconductor queda truncada la malla cristalina provocando una serie de irregularidades al quedar los átomos de titanio y oxigeno rodeados solo

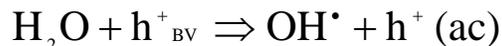
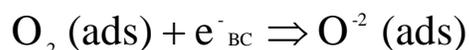
parcialmente por otros átomos. La consecuencia de esto es la existencia de una serie de átomos de un estado energético distinto al que se tiene en el interior de las partículas y con capacidad de retener los electrones y los huecos generados.

Estos agujeros y electrones también pueden quedar fijados externamente a la superficie del catalizador vía transferencia electrónica con donadores o aceptores de electrones absorbidos sobre el TiO_2 . Esto quiere decir que si además existe la presencia en el medio de una pareja de compuestos apropiados para llevar a cabo un reacción de *oxidación – reducción* (redox), las partículas portadoras de cargas dan lugar a las siguientes reacciones:

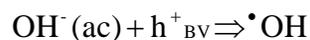


El elemento **B** es el oxidante que, normalmente suele ser oxígeno introducido en el sistema mediante inyección de oxígeno ó de aire. Este elemento oxidante también puede ser obtenido mediante la adición de agua oxigenada previamente al proceso de iluminación. El elemento **A** es el reductor.

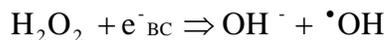
En fase acuosa y con la adición de oxígeno moléculas como elemento oxidante, tenemos las ecuaciones siguientes:



Otra posibilidad de la ecuación anterior es:



En este caso es el agua el que actúa como elemento reductor produciendo radicales hidroxilos ($\bullet\text{OH}$) en la superficie del catalizador. Si en vez de oxígeno el elemento oxidante se obtiene mediante la adición de peróxido de hidrógeno la ecuación que se tiene es:

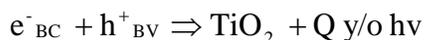


O también el agua oxigenada se puede descomponer directamente en radicales hidroxilo en presencia de iluminación:



Y estos radicales, altamente son encargados de atacar los contaminantes oxidantes. En particular, es bien conocido que los radicales ($\cdot\text{OH}$) reaccionan rápidamente con la mayoría de los compuestos orgánicos.

Paralelamente a todo este proceso también puede existir una rápida recombinación electrón / hueco en la superficie de la partícula del catalizador:



Esta recombinación puede tener lugar incluso en el caso de electrones y huecos atrapados energéticamente. Para prevenir esta recombinación, los electrones pueden ser retirados mediante oxígeno molecular pre-absorbido para dar lugar al radical O_2^{\cdot} (ads). También puede ser evitada esta recombinación mediante el dopado del catalizador con metales como el wolfranio, cobre, hierro y vanadio en porciones alrededor del 5%. Este dopado provoca la generación de irregularidades en la malla cristalina que favorecen la captura de huecos y electrones.

Para que un fotocatalizador sea eficiente, los diferentes procesos de transferencia electrónica que involucran electrones (e^-) y huecos (h^+) reaccionantes con las especies adsorbidas en la interfase deben competir eficientemente con la ruta principal de desactivación de las recombinaciones del par electrón – hueco

3.1.6.7. Cinética del Proceso de Fotocatálisis. ***

Numerosos estudios han demostrado que la adsorción de compuestos químicos en la superficie de semiconductores sigue la isoterma de adsorción de Langmuir. También se ha observado que la velocidad de degradación de compuestos

*** Alfano, O. y otros. 2001. Eliminación de contaminantes por fotocatalisis heterogénea. Programa Iberoamericano para el Desarrollo de Ciencia y Tecnología (CYTED). La Plata. Ar. Ed. M. Blesa.

químicos por fotocatalisis heterogénea sigue el modelo cinético de Langmuir – Hinselwood (L -H).

La isoterma de adsorción de Langmuir asume que, el equilibrio, el número de lugares superficiales para la adsorción es fijo, y que en un lugar superficial sólo puede ser ocupado por un substrato idéntico para todos los lugares.

Según Langmuir – Hinselwood para reacciones catalíticas heterogéneas, la velocidad de una reacción superficial unimolecular es proporcional al recubrimiento superficial, el cual puede relacionarse con la concentración en equilibrio del reactivo en fase homogénea a partir de la isoterma de adsorción de Langmuir. De acuerdo con esto, el modelo cinético de Langmuir – Hinselwood acepta que la isoterma de adsorción describe adecuadamente la relación entre el recubrimiento superficial de la especie **A** en la superficie del catalizador, θ_A , y , la actividad, a_A , (o la concentración C_A) de la misma especie presente en la fase fluida.

Este hecho indica que la especie **A** se encuentra en equilibrio de adsorción – desorción (en oscuridad) entre la superficie del catalizador y la fase fluida. La relación matemática es de la forma:

$$\theta = (K_{ads}a) / (1 + K_{ads}a) = (K_{ads}C\gamma) / (1 + K_{ads}C\gamma) = (K'_{ads}C) / (1 + K'_{ads}C)$$

Donde:

θ = es el recubrimiento superficial.

a = es la actividad del substrato en la solución acuosa.

C = es la concentración inicial del substrato.

γ = es el coeficiente de actividad del substrato.

K'_{ads} = es la constante aparente de equilibrio de adsorción (coeficiente de adsorción.).

De acuerdo con lo comentado anteriormente, la velocidad de la degradación fotocatalítica obedecerá una ecuación de la forma:

$$r = -dC / dt = k\theta = (kKC) / (1 + KC) \quad (3.10)$$

Donde k = es la constante aparente de velocidad de la reacción que transcurre en el centro activo de la superficie del catalizador.

Otra asunción implícita al modelo de Langmuir – Hinselwood es que las velocidades de adsorción – desorción superficial del sustrato son mayores que las de cualquier reacción química posterior y, por lo tanto el paso limitante de la velocidad es la reacción de las especies adsorbidas en las superficies del semiconductor. Por último, también asume que los productos de la reacción no bloquean los centros activos.

La interpretación formal de K es diferente para cada esquema de reacción. Por ejemplo, *Turchi y Ollis* han propuesto cuatro posibles esquemas de reacción para el ataque del radical $\cdot OH$ en reacciones de degradación fotocatalítica sobre TiO_2 . En todos ellos, la ecuación de velocidad tiene la misma forma que la propuesta en la ecuación 3.10. No obstante, la interpretación fundamental de la constante K es diferente en cada caso, y ninguna es completamente equivalente a la isoterma de adsorción en oscuridad. Conviene mencionar que los valores de K medidos a partir de isotermas de adsorción en oscuridad acostumbran a ser menores que los obtenidos a partir de estudios cinéticos de degradación fotocatalítico sobre superficies irradiadas de semiconductores.

La constante de velocidad, k , es una constante de proporcionalidad que da una medida de la reactividad intrínseca de la superficie fotoactivada frente al sustrato. Se ha visto también que k es proporcional al I_a^θ , donde, I_a es la velocidad con que la superficie del semiconductor absorbe luz de energía superior a su salto de banda y θ es un exponente igual a 0.5 o 1, respectivamente, a elevadas o bajas intensidades.

De esta manera, solo se pueden comparar las constantes de velocidad de diferentes reactivos cuando el catalizador y las fuentes de iluminación utilizadas son las mismas.

Aunque K y k se supone que son parámetros independientes, de hecho, parecen depender el uno del otro. Este comportamiento es consecuencia del cambio que experimentan las constantes de adsorción de equilibrio en presencia de irradiación. De hecho, la irradiación puede inducir a la foto adsorción o fotodesorción de los substratos sobre la superficie del catalizador. En estos casos K parece ser una función de la intensidad de la luz de la misma manera que lo es k .

La ecuación de velocidad se puede escribir de la siguiente manera:

$$1/r = 1/k + 1/kK + 1/C \quad \text{Ec(3.11)}$$

Así, la linealidad de una representación de $1/r$ vs $1/C$ prueba la validez del modelo de Langmuir – Hinselwood, donde $1/k$ es el punto de corte con el eje de ordenadas y $1/(kK)$ es la pendiente de la recta. Muchas reacciones fotocatalíticas muestran buena linealidad en estas representaciones. Desafortunadamente, este ajuste no se puede tomar como una prueba sólida de preadsorción del substrato y del oxidante sobre el catalizador porque esta misma ley de velocidad puede describir también la cinética de reacciones que transcurren en fase homogénea, o en los cuales el substrato está adsorbido y el oxidante libre, o el oxidante adsorbido y el substrato libre.

Con el fin de tratar reacciones que involucran la competición, entre dos o más especies por único lugar de adsorción, se ha sugerido la siguiente expresión:

$$R = -dC / dt = k\theta = (kKC) / (1 + KC + \sum K_i C_i) \quad \text{Ec(3.12)}$$

Donde i es una especie adsorbida competitivamente, que puede ser, por ejemplo, una molécula de disolvente, intermedio de la reacción, otro reactivo o algún componente no reactivo presente en la disolución. De la misma manera que en otras áreas de la catálisis heterogénea, estas adsorciones simultáneas influyen en la cinética de reacción observada.

3.1.6.8. PARÁMETROS QUE INFLUYEN EN EL PROCESO. ***

Un gran número de parámetros influyen tanto cualitativa como cuantitativamente en el proceso de oxidación-reducción fotocatalizado y que, como consecuencia, resultan determinantes en la eficiencia global del proceso. A continuación se mencionan algunos de los más importantes:

- **ph.** : Normalmente, el proceso de fotocátalisis es más eficiente en medio ácido ($3 \leq \text{pH} \leq 5$). El pH afecta las propiedades superficiales del catalizador y a la forma química del compuesto a degradar, y ello se manifiesta en alteraciones de la velocidad de degradación y en la tendencia a la floculación del catalizador.
- - **Características del catalizador:** las características ventajosas para un fotocatalizador son una alta área superficial, una distribución de partícula uniforme, forma esférica de las partículas y ausencia de porosidad interna. Normalmente se emplean polvos cuyas partículas tienen radios micrométricos.
- - **Propiedades ópticas del semiconductor:** los semiconductores de interés fotocatalítico son sólidos (generalmente óxidos o calcogenuros) donde los átomos constituyen una red tridimensional infinita. El solapamiento de los orbitales atómicos va mas allá de los primeros vecinos, extendiéndose por toda la red; resulta entonces una configuración de estados deslocalizados muy próximos entre si, que forman bandas de estados electrónicos permitidos. Entre las bandas, hay intervalos de energía en los cuales hay estados electrónicos “permitidos”, cada uno de estos intervalos es una “banda de energía prohibida” o *gap*. A los fines la fotocátalisis y de la mayoría de las propiedades químicas y físicas de los sólidos, las bandas que limitan el gap de interés son la banda de valencia (BV), de menor energía y la banda de conducción (BC) de mayor energía. Ambas bandas surgen del solapamiento de los niveles atómicos de los electrones de valencia y según su grado de ocupación, contienen los niveles ocupados mas altos y los niveles desocupados mas bajos y esto es lo que se conoce como: “Efecto Cuántico de Tamaño.”

*** PURIFICACIÓN DE AGUAS POR FOTOCATÁLISIS HETEROGÉNEA:
ESTADO DEL ARTE, Julián Blanco Gálvez,

- **-Intensidad de la radiación:** La Figura 3.13 muestra esquemáticamente la influencia de la intensidad de la radiación sobre la velocidad de reacción. El cambio de un orden parcial de 1 a 0,5 significa que la recombinación de ebv^- y hbc^+ comienza a limitar el aprovechamiento de los fotones disponibles, y el cambio a un orden cero indica que el sustrato no puede generar más pares aun cuando aumente la intensidad de la radiación. Estos resultados son especialmente relevante para el diseño de los colectores cuando se usa radiación solar. Los colectores de canal parabólico, usados inicialmente para el tratamiento de agua, han sido reemplazados por sistemas de bajo flujo radiativo; la eficiencia de estos últimos sistemas de colección solar está basada en el alto porcentaje de fotones UV de la componente difusa del espectro solar y en la baja dependencia del proceso fotocatalítico con la intensidad de la radiación.

-Diseño del reactor. Los parámetros derivados del diseño y del tipo de reactor también juegan un papel importante en el resultado final de la reacción. Factores como la geometría, la óptica, distribución de luz, tipo de flujo, etc. van a influir sobre el rendimiento final del mismo.

Naturaleza y concentración del contaminante. Una de las ecuaciones más sencillas y usadas para describir la cinética del proceso fotocatalítico es la de Langmuir-Hinshelwood:

$$(dC/dt)_{inicial} = -k K C / (1 + K C) \quad Ec(3.13)$$

Esta ecuación modela originalmente un mecanismo de reacción en el que participan un pre-equilibrio de adsorción y una reacción superficial lenta. En la práctica, se ha demostrado que otros mecanismos pueden igualmente conducir a la ecuación 3.13), que debe considerarse como una ecuación empírica y sencilla que permite modelar el comportamiento del sistema.

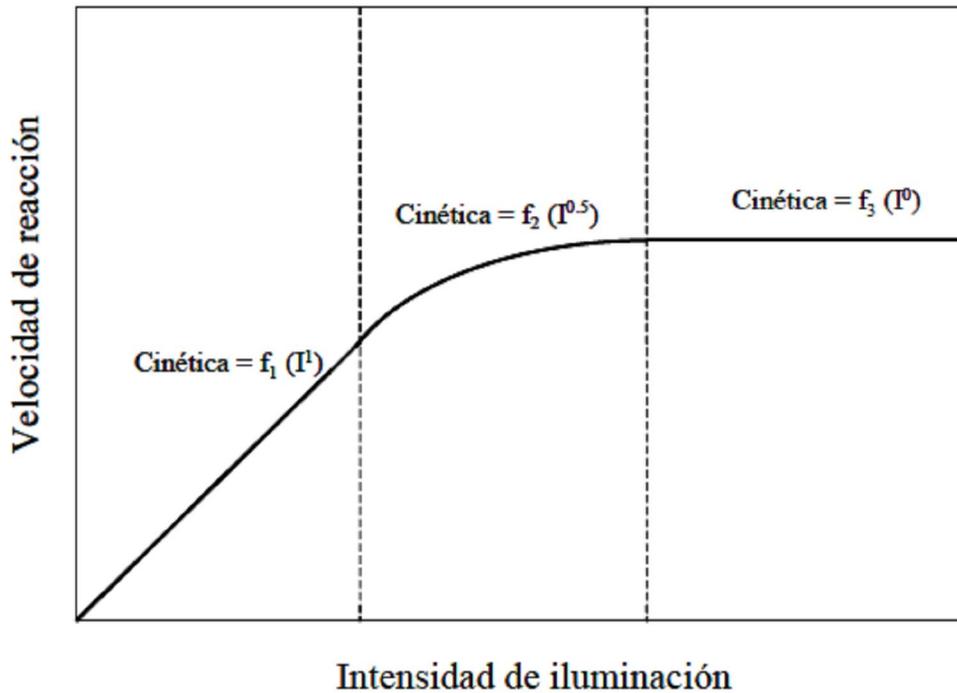


Figura 3.13. Dependencia de la velocidad de reacción con la intensidad de iluminación. ***

La ecuación (3.13) es una función implícita de la concentración y representa una transición gradual desde un comportamiento de primer orden a otro de orden cero al aumentar la concentración C . Los factores discutidos anteriormente (pH, temperatura, el catalizador, la intensidad de radiación, etc.) influyen sobre los valores de k y K . Estos parámetros son también muy sensibles a la naturaleza del contaminante, que representa una versión linealizada de la ecuación de Langmuir-Hinshelwood, la ecuación (3.14), que vincula la inversa de la velocidad con la inversa de la concentración.

$$-\left\{\frac{dC}{dt}\right\}_{\text{inicial}}^{-1} = k^{-1} + (kK)^{-1} C^{-1} \quad (\text{Ec3.14})$$

-Aditivos. Determinadas sustancias pueden incidir de forma importante a la eficacia del proceso de fotocatalisis, ya sea inhibiendo o acelerando la velocidad de degradación del contaminante. Algunos aniones inorgánicos como cloruros, sulfatos y fosfatos inhiben el proceso; otros, como nitratos y percloratos, apenas si

*** PURIFICACIÓN DE AGUAS POR FOTOCATÁLISIS HETEROGÉNEA:
ESTADO DEL ARTE, Julián Blanco Gálvez,

tienen influencia sobre la velocidad. La inhibición se relaciona con la adsorción de dichos iones sobre el catalizador, que compite con la adsorción del contaminante, especialmente cuando favorezcan la recombinación de pares ebc- - hbv+. Por su parte, los agentes oxidantes son imprescindibles para la degradación del contaminante, ya que participan en la reacción de oxidación: son los responsables de una de las dos semirreacciones (la captura de huecos); cuanto más eficaz sea el agente oxidante para capturar huecos, mayor será la velocidad del proceso.

3.1.6.9. Aplicaciones potenciales ***

Productos farmacéuticos:

La producción de antibióticos y otros fármacos genera residuos intrínsecamente biocidas que no pueden ser tratados mediante sistemas biológicos. Tanto los procesos de limpieza periódica o de residuos de los propios procesos de fabricación pueden generar aguas contaminadas. La figura 6 muestra un ejemplo de degradación de aguas residuales de una industria farmacéutica; dos catalizadores comerciales distintos (ambos TiO_2) Demostraron similar, y adecuada efectividad.

- Desinfección de agua.

El cloro es el producto químico mas comúnmente utilizado para la desinfección de agua debido a su capacidad para inactivar bacterias y virus. Sin embargo, la presencia de impurezas orgánicas en el agua pueden generar subproductos no deseados, tales como halometanos y otros compuestos cancerígenos; por estas razones se esta estudiando la factibilidad de aplicar en ciertos casos tecnologías alternativas de desinfección de aguas. Entre ellas se encuentra el uso de radiación ultravioleta de 254nm, mediante lámparas. El proceso de fotocátalisis mediante TiO_2 utilizando luz solar con longitudes de onda desde 290 hasta 400nm es mucho menos activo como germicida. Sin embargo, el efecto antibacteria ha sido demostrado en varios microorganismos, incluyendo *Escherichia Coli*, *Lactobacillus Streptococos*, etc.(figura 3.14), y también se ha informado la desinfección de virus

tales como Phage MS2 y Poliovirus1. En todos los casos la oxidación superficial inducida fotocatalíticamente produce una división entre la pared de la célula y la membrana resultando en su desintegración y por tanto, en la aniquilación de las bacterias existentes en el medio.

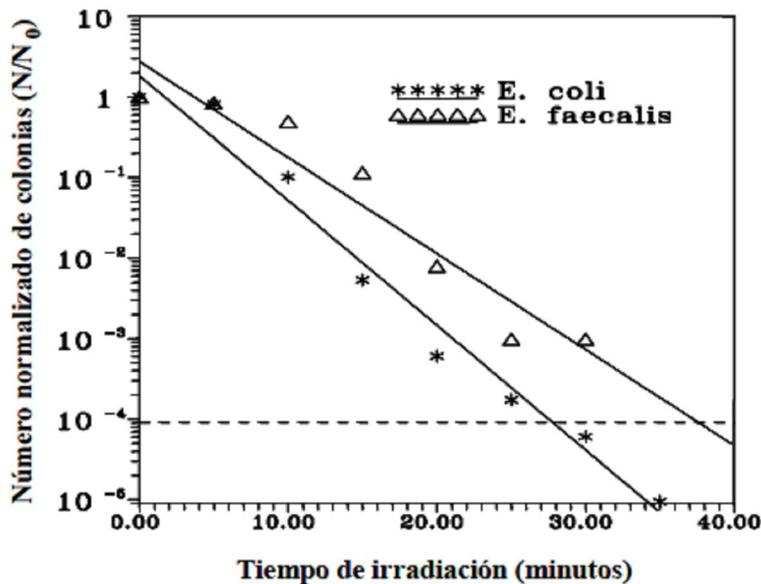


Figura 3.14. Dos ejemplos de aniquilación de bacterias en agua mediante fotocátalisis, utilizando TiO₂, luz y tecnología solar.***

3.1.6.10. Seguimiento del Proceso Fotocatalítico.***

En definitiva, en las aplicaciones prácticas del proceso de degradación oxidativa, no basta la mera desaparición de los contaminantes; es imprescindible también la conversión de, al menos un importante porcentaje de carbón orgánico en carbón inorgánico, en CO₂. El fin del proceso es la mineralización completa de todo el carbono orgánico, para asegurar que tanto el contaminante como cualquier otro producto intermedio formado durante el proceso fotocatalítico han sido degradados. Por tanto para un adecuado seguimiento del proceso fotocatalítico se utiliza una amplia variedad de mediciones químicas; las más importantes según nuestra investigación son:

*** PURIFICACIÓN DE AGUAS POR FOTOCATÁLISIS HETEROGÉNEA:
ESTADO DEL ARTE, Julián Blanco Gálvez,

- ***Demanda Química de Oxígeno (DQO)***. Es la medida del oxígeno necesario para oxidar la materia orgánica e inorgánica susceptible de oxidación contenida en una muestra. Su determinación se basa en la oxidación enérgica de la materia orgánica e inorgánica que se encuentra en el agua, en un medio fuertemente ácido con una solución valorada de dicromato de potasio. Los valores de este parámetro están asociados al grado de avance de la oxidación de los contaminantes, por lo que la determinación seriada de DQO es una herramienta útil de seguimiento del proceso.

- ***Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)***. Este parámetro se obtiene mediante una prueba empírica estándar, y mide la cantidad de oxígeno utilizado para la biodegradación de materia orgánica e inorgánica contenida en una muestra. La prueba usa un tiempo fijo de incubación la medición de oxígeno consumido en un período de 5 días (DBO_5). Puede medirse también el oxígeno consumido hasta que no haya modificación alguna en la concentración de éste, lo que puede tomar entre 30 y 90 días de incubación (DBO_{ultima}). El procedimiento es sencillo: se determina el oxígeno disuelto al inicio y al final del tiempo de incubación preestablecido. La DBO es simplemente la diferencia entre la concentración inicial y final de oxígeno disuelto.

- ***Carbono Orgánico Total (COT)***. Mide la cantidad de dióxido de carbono producido en la mineralización total de una muestra. A diferencia del DQO, su valor es independiente del estado de oxidación de los compuestos presentes en el sistema.

3.1.7. Reactor Solar Fotocatalítico***

Existen una serie de factores importantes a la hora de diseñar un reactor fotocatalítico dado que la necesidad de utilizar un catalizador, que unas veces es sólido y otras se encuentra disuelto o suspendido, complica toda la ingeniería del proceso. En este tipo de reactores es evidente que, además de tener que

*** PURIFICACIÓN DE AGUAS POR FOTOCATÁLISIS HETEROGÉNEA:
ESTADO DEL ARTE, Julián Blanco Gálvez,

conseguir un buen contacto entre los reactivos y el catalizador (elevada área superficial de catalizador por unidad de volumen del reactor), es igualmente necesario lograr una exposición eficiente del catalizador a la luz útil para el proceso (distribución óptima de luz dentro del reactor). Además hay que considerar otros parámetros más convencionales como la distribución de flujo, mezclado e interacción entre reactivos y catalizador, transferencia de masa, etc, que también juegan un papel relevante. Por todo ello, es evidente que la aplicación práctica de todo proceso fotocatalítico va a requerir el diseño de un foto-reactor que sea eficiente. Hasta la fecha la mayoría de la investigación básica realizada se ha llevado a cabo en el ámbito del laboratorio y ésta se ha basado, normalmente, en dispositivos experimentales en los cuales la eficiencia no resultaba tan importante como la obtención de unas condiciones experimentales que permitiesen una adecuada reproducibilidad de resultados para la obtención de un conocimiento exhaustivo sobre la influencia de los diferentes parámetros relevantes del proceso. Este planteamiento, que resulta adecuado desde un punto de vista científico, no es suficiente cuando se intenta realizar un cambio de escala para poder llevar a una aplicación práctica los conocimientos generados. Otro aspecto relevante a la hora del diseño de reactores es la dificultad para poder comparar diferentes reactores foto catalíticos entre sí, lo que suele complicar tanto el diseño como su optimización. Esto es debido, por un lado, a los muchos parámetros que intervienen en el proceso y a la complejidad del sistema fotocatalítico y, por otro, a las importantes diferencias que suele haber entre reactores distintos cuando además varía la escala de los mismos. Este problema se complica aún más cuando se trabaja con radiación solar ya que, además, se tiene una iluminación que va cambiando continuamente y es diferente según el emplazamiento. Cuando se realizan ensayos de degradación fotocatalítica de diferentes sustancias el parámetro más comúnmente utilizado para referir los resultados y la evolución del proceso es el tiempo de residencia (t_R), que indica el tiempo de exposición a la luz de la mezcla acuosa que está pasando por el

reactor. Por lo tanto, la utilización del tiempo de residencia no permite comparar experiencias realizadas en sistemas diferentes ni extraer conclusiones sobre la eficiencia comparativa de los mismos. Este problema puede evitarse representando la evolución del proceso fotocatalítico en función de la energía útil que ha ido acumulando el reactor a lo largo del tiempo, en vez de en función del tiempo de residencia. Esto puede realizarse utilizando la expresión indicada en la siguiente ecuación que integra los principales parámetros del reactor:

$$E_{UV,n} = E_{UV,n-1} + \Delta t_n \overline{UV}_{G,n} \left(\frac{A}{V} \right) \quad ; \quad \Delta t_n = t_n - t_{n-1} \quad \text{Ec(3.15)}$$

Donde:

$E_{UV,n}$: es la energía acumulada, por unidad de volumen de reactor, para una muestra n del proceso fotocatalítico.

$UV_{G,n}$: es la radiación media útil incidente ($WUVm^{-2}$) sobre la superficie del reactor en el intervalo de tiempo Δt_n que representa el intervalo de tiempos entre dos muestras experimentales consecutivas.

A: es la superficie exterior del reactor.

V: es el volumen total del mismo.

La utilización de esta relación entre el tiempo experimental, el volumen del reactor, su superficie externa y la densidad de la radiación útil disponible permite describir la evolución de un proceso fotocatalítico en función de la energía captada por el reactor (por unidad de volumen) y, por lo tanto, permite comparar la eficiencia intrínseca de diferentes foto-reactores.

3.1.7.1. Reactores solares de media concentración***

Los dispositivos de concentración solar fueron los que se usaron en un primer lugar para la implementación de procesos fotoquímicos usando luz solar. Dentro de este grupo de tecnologías, y para aplicaciones fotoquímicas, se encuentran los captadores cilindro-parabólicos y los captadores holográficos.

*** PURIFICACIÓN DE AGUAS POR FOTOCATÁLISIS HETEROGÉNEA:
ESTADO DEL ARTE, Julián Blanco Gálvez,

3.1.7.1.1. Captadores Cilindro-Parabólicos***

Los primeros foto-reactores para aplicaciones de fotocátalisis solar que se diseñaron, a finales de los años 80, estuvieron basados en Captadores Cilindro-Parabólicos (CCPs). Eso era debido, por una parte, al énfasis histórico que se había puesto sobre este tipo de captadores para las aplicaciones solares térmicas, lo que hacía que la tecnología estuviese relativamente madura y resultase sencilla la adaptación de los sistemas existentes. En segundo lugar, entre los distintos sistemas concentradores existentes, en aquel momento los CCPs se consideraban los más adecuados para este tipo de aplicaciones. El captador solar cilindro-parabólico consiste en una estructura que soporta una superficie altamente reflectante y concentradora de la luz UV con forma de parábola. Esta estructura tiene uno o dos motores controlados por un sistema de seguimiento solar en uno o dos ejes respectivamente, que se encarga de que el plano de apertura del captador sea siempre perpendicular a los rayos solares. En esta situación toda la radiación solar disponible sobre dicho plano de apertura va a ser reflejada y concentrada sobre el tubo absorbedor que se encuentra situado en el foco geométrico de la parábola (curva que refleja sobre su foco todo rayo de luz paralelo a su eje geométrico). Existen dos tipos de captadores cilindro-parabólicos: los CCP de seguimiento solar en dos ejes y los CCP de seguimiento solar en un eje. Los CCPs de seguimiento en dos ejes consisten en una torreta en la que hay una plataforma que sostiene normalmente varios captadores cilindro-parabólicos. La plataforma tiene dos motores controlados por un sistema de seguimiento en dos ejes (azimut y elevación), de forma que el área de apertura se encuentra siempre perpendicular a la radiación solar directa. En esta situación, la radiación solar es reflejada por la parábola sobre el tubo reactor a través del cual circula el agua que quiere ser tratada fotocatalíticamente.

El factor de concentración de estos dispositivos suele estar entre 5 y 20. Los CCPs con seguimiento solar en un eje tienen solamente un grado de libertad, por lo que el tubo reactor (línea focal de la parábola) está situado en el mismo plano

*** PURIFICACIÓN DE AGUAS POR FOTOCATÁLISIS HETEROGÉNEA:
ESTADO DEL ARTE, Julián Blanco Gálvez,

que contiene tanto el vector normal al plano de apertura del captador como al vector solar. El ángulo formado por estos dos vectores se llama ángulo incidente de la radiación solar. Los componentes básicos de un captador cilindro-parabólico son la superficie reflectora concentradora, el tubo absorbedor (foto-reactor en el caso de aplicaciones fotoquímicas), el sistema de seguimiento solar y la estructura soporte. Las eficiencias ópticas globales típicas en un CCP están en el rango del 50 al 75 por ciento. como se muestra en la (figura 3.15)

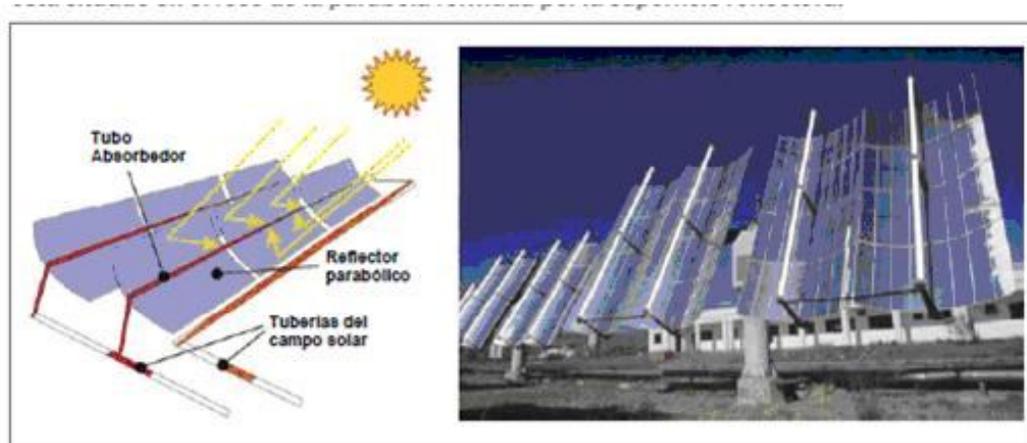


Fig. 3.15 Esquema de CCP con seguimiento en un eje(izquierda) y Foto de CCP con seguimiento en dos ejes(derecha) modificado para procesos de fotocatalis solar, el foto reactor esta situada en el foco de la parábola formada por la superficie reflectora***

El primer sistema experimental de fotocatalisis solar, a nivel pre-industrial, que se desarrolló en el mundo fue diseñado y construido en 1989 en el *National Solar Thermal Test Facility*, situado en los laboratorios Sandia en Albuquerque (Nuevo México, USA), para llevar a cabo experiencias e investigaciones de detoxificación de agua mediante fotocatalisis solar . Esta instalación estaba formada por un total de 6 captadores cilindro-parabólicos con seguimiento solar en un eje, con una apertura de 2,13 m y una longitud de 36,4 m, con un total de 465 m² de área de apertura. Inmediatamente después, en 1990, se diseñó y construyó una instalación semejante en la Plataforma Solar de Almería, basada en 12 captadores Helioman con seguimiento solar en dos ejes; cada uno de ellos soportaba un total

*** PURIFICACIÓN DE AGUAS POR FOTOCATÁLISIS HETEROGÉNEA:
ESTADO DEL ARTE, Julián Blanco Gálvez,

de 32 espejos en 4 parábolas paralelas con un área de captación de 32 m². Ambas instalaciones, a las que siguieron otras, estaban basadas en captadores cilindro-parabólicos con cientos de metros cuadrados de superficie captadora y pueden ser consideradas como el punto de partida en el desarrollo de la tecnología de fotocátalisis solar. Los captadores cilindro-parabólicos utilizan eficazmente la luz solar directa y, como ventaja adicional, la energía térmica captada procedente de la radiación concentrada puede ser utilizada en paralelo para aplicaciones térmicas. El tamaño y longitud del captador es pequeño, lo que puede traducirse en un reactor capaz de soportar mayores presiones y una elevada cantidad de energía por unidad de volumen. Todo ello hace que tanto el manejo como el control del agua a tratar sean bastante simples. Las principales desventajas son que solamente utiliza radiación directa, su alto costo, el bajo rendimiento óptico y su menor eficiencia cuántica.

3.1.7.1.2. Captadores holográficos***

Los concentradores holográficos constituyen un concepto innovador que ha sido ampliamente explorado con respecto a sus posibles aplicaciones como concentradores para captadores fotovoltaicos y sistemas solares térmicos. La holografía es básicamente una tecnología que se basa en la grabación, sobre un material con propiedades difractivas, del efecto de interferencia entre un haz de referencia de luz monocromática de elevada coherencia y un haz objeto utilizando la misma fuente de luz. En el caso de concentradores holográficos, el haz objeto es el que está situado en la región focal (punto focal o línea focal del concentrador) y el haz de referencia es la imagen virtual del sol como fuente. Una vez creado el elemento óptico holográfico, la luz solar incidente sobre este elemento reproducirá la región focal que sirvió para crear el holograma, ya sea por transmisión o reflexión, dependiendo si el haz de referencia utilizado para la creación del holograma incide sobre el material difractivo desde la misma dirección o en la dirección opuesta a la del haz objeto (como se muestra en la figura 3.16)

*** PURIFICACIÓN DE AGUAS POR FOTOCATÁLISIS HETEROGÉNEA:
ESTADO DEL ARTE, Julián Blanco Gálvez,

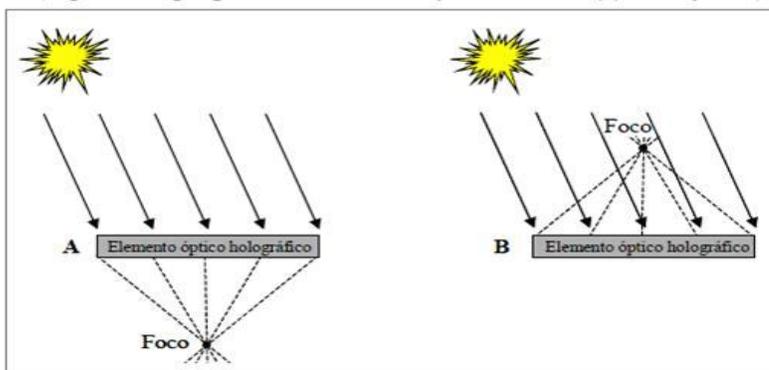


Fig. 3.16 Concentración holográfica de la luz solar. Existen dos posibilidades de concentración, según esta tenga lugar en la misma dirección que la fuente de luz (A) o (B)***

Las tecnologías holográficas pueden resultar apropiadas para los procesos en los que se utiliza un estrecho intervalo de longitudes de onda, como es el caso de las aplicaciones fotocatalíticas. Este tipo de dispositivos concentradores requiere un sistema de seguimiento solar ya que, al ser el holograma es un elemento óptico pasivo, no es posible mantener el foco sin mantener una orientación específica frente al sol. Normalmente, los elementos holográficos están creados mediante luz láser monocromática altamente coherente, con objeto de obtener la máxima eficiencia del holograma a la longitud de onda específica a la que ha sido creado. Los esfuerzos e investigaciones realizadas utilizando el Sol como fuente de luz han dado como resultado un ancho de banda máximo utilizable en torno a los 100 nm. Este ancho de banda resulta claramente insuficiente para aplicaciones térmicas, pero posibilita una buena aplicación de estos concentradores holográficos en procesos foto catalíticos con TiO_2 , ya que utilizan la luz solar en el rango de longitudes de onda entre 300 y 385 nm. La ventaja que pueden tener estos dispositivos holográficos es que teóricamente pueden evitar las complejidades tecnológicas asociadas con la producción del reflector parabólico convencional de los CCPs. Entre los inconvenientes esta la dificultad de escalar los dispositivos experimentales existentes a tamaños adecuados para aplicaciones

reales con luz solar. Además, no existen muchos materiales holográficos en la región de longitud de onda UV y, en muchos casos, la capacidad de los mismos para sobrevivir a la intemperie es limitada o desconocida.

3.1.7.2. Reactores solares no concentradores

Los captadores solares no concentradores son sistemas estáticos sin mecanismos de seguimiento solar. Generalmente consisten en dispositivos estáticos orientados hacia el Ecuador con una inclinación específica, dependiendo de la latitud del lugar. Su principal ventaja es su simplicidad y menor coste de fabricación dado que sus componentes son más sencillos, lo que también se traduce en un bajo coste de mantenimiento. Además, las estructuras soporte de los captadores no concentradores son más fáciles y baratas de instalar que los sistemas concentradores y la superficie necesaria para su instalación es menor debido a que la proyección de sombras entre ellos es menor. Los reactores no concentradores para aplicaciones de fotocatalisis pueden ser divididos en dos grandes grupos: los reactores planos y los concentradores parabólico-compuestos.

3.1.7.2.1. Reactores planos estáticos

Los captadores solares planos estáticos son, en principio, más económicos que los CCPs ya que no tienen partes móviles o mecanismos de seguimiento. Sin embargo, son dispositivos menos eficientes a la hora de captar la luz solar pero su rendimiento no se ve reducido por factores asociados con la concentración y el seguimiento solar, como ocurre con los CCPs. Basados en los grandes esfuerzos del diseño de captadores no concentradores pequeños, se ha desarrollado y ensayado un gran número de reactores solares no concentradores para aplicaciones solares de fotoquímica en El reactor solar fotocatalítico: general y en especial para procesos foto catalíticos solares. Éstos pueden ser clasificados como sigue:

- Reactor de flujo de película, basado en una placa inclinada sobre la que cae lentamente el agua de proceso (figura 3.10, izquierda). Normalmente, el catalizador se encuentra fijado sobre esta superficie inclinada y el fluido suele estar al aire libre.
- Placa cerrada, consiste en dos placas entre las cuales circula el flujo utilizando una pared de separación.
- Tubular, consiste en una serie de tubos de tamaño variable conectados en paralelo para hacer circular al flujo más rápido que en la superficie plana (figura 3.17 derecha).
- Estanque solar, sistema consistente en una especie de piscina con muy poca profundidad donde el agua que se quiere tratar es expuesta a la radiación solar; puede tener algún tipo de agitación o no.



Fig. 3.17 Izquierda captador solar estático de placa inclinada cerrada con catalizador(TiO_2) soportado para aplicaciones fotocatalíticas (Plataforma solar de Almería). Derecha: prototipo de captador tubular (National Renewable Energy Laboratory, USA)

Aunque los reactores planos no concentradores poseen importantes ventajas con respecto a los sistemas concentradores, su diseño no es trivial debido a los requerimientos de inerticidad química y resistencia tanto a la intemperie como a luz ultravioleta. Además, estos sistemas requieren una superficie de foto-reactor mucho más significativa que los foto-reactores de concentración y, como consecuencia, los sistemas a escala real (normalmente constituidos por una elevada superficie de captadores) deben ser diseñados para soportar elevadas presiones de operación para poder bombear el fluido a través del campo de captadores. Por este motivo, la utilización de foto-reactores con una forma diferente de la tubular puede tener serios inconvenientes a la hora de su escalado a posibles sistemas industriales. Los reactores con forma tubular, además de tener una clara ventaja en cuanto a su rendimiento estructural, están disponibles en una gran variedad de materiales y tamaños y es una elección natural para cualquier sistema de flujo cerrado.

3.1.7.2.2. Concentradores Cilindro Parabólico Compuestos***

Retomamos aquí, por su importancia, el tema. Los captadores Parabólico Compuestos (CPCs), ampliamente utilizados para tubos de vacío, son una combinación interesante entre concentradores parabólicos y sistemas planos estáticos y constituyen una buena opción para aplicaciones de fotocatalisis solar. Los CPCs son captadores estáticos con una superficie reflectante que sigue una involuta alrededor de un reactor cilíndrico (figura 3.18).

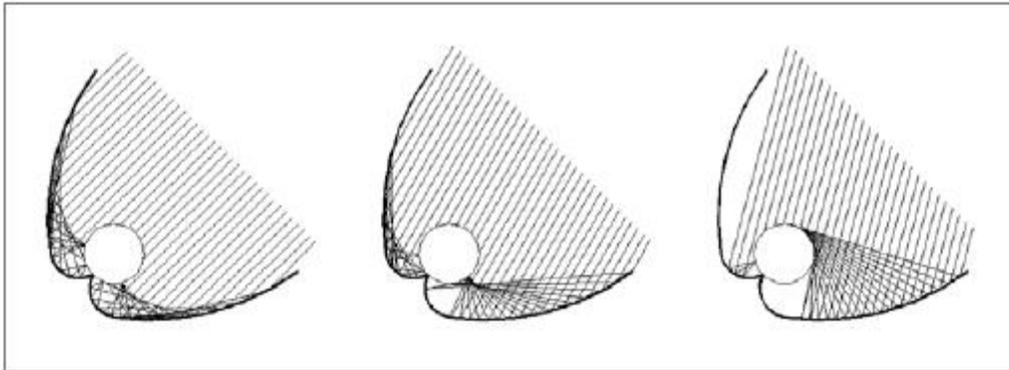


Fig. 3.18 Reflexión sobre un reactor CPC: toda la luz solar que llega a la apertura del captador será reflejada alrededor del reactor si el ángulo de incidencia es menor que el ángulo de aceptación del CPC***

Los CPCs surgieron en los años 70 para lograr concentración solar mediante dispositivos estáticos, ya que consiguen concentrar sobre el receptor toda aquella radiación que llega dentro del denominado **ángulo de aceptación** del captador. Estos dispositivos concentradores han demostrado poseer una de las mejores ópticas para sistemas de baja concentración y pueden ser diseñados con un $FC=1$ (factor de concentración), teniendo así las ventajas tanto de los CCPs como de los sistemas estáticos. La ecuación explícita para un reflector CPC con un reactor tubular se puede obtener de la figura 3.12 (izquierda), donde un punto reflector genérico S puede describirse en términos de dos parámetros: el ángulo θ , comprendido entre los segmentos OA y OR (O es el centro del tubo receptor), y la distancia ρ , que viene dada por el segmento RS (tangente al tubo receptor en el punto R).

$$\rho = \overline{RS} \quad (\text{Ec 3.16})$$

La solución matemática para la curva de la figura 3.19 viene dada por dos porciones separadas (figura 3.19): una involuta ordinaria para el tramo entre los puntos A y B y una porción exterior desde B a C , de acuerdo con las ecuaciones (3.17) y (3.18). Un parámetro importante para la definición de CPC es el ángulo de

*** PURIFICACIÓN DE AGUAS POR FOTOCATÁLISIS HETEROGÉNEA:
ESTADO DEL ARTE, Julián Blanco Gálvez,

aceptancia ($2\theta_a$), anteriormente indicado, que delimita el rango angular dentro del cual todos los rayos incidentes son o interceptados directamente por el tubo receptor o reflejados sobre el mismo.

$$\rho = r\theta \quad \text{Parte AB de la curva} \quad (3.17)$$

$$\rho = r \frac{\theta + \theta_a + \pi - \cos(\theta - \theta_a)}{1 + \text{sen}(\theta - \theta_a)} \quad \text{para} \quad \theta_a + \frac{\pi}{2} \leq |\theta| \leq \frac{3\pi}{2} - \theta_a \quad \text{parte BC} \quad (3.18)$$

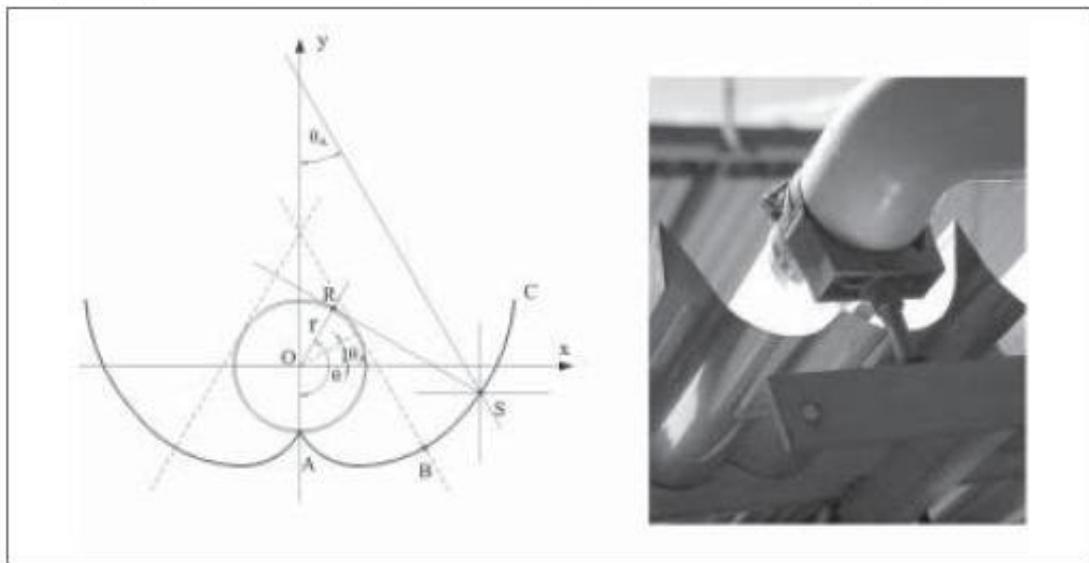


Fig.19 Izquierda: Obtención de la curva de un captador CPC. Derecha: Vista de un captador CPC para aplicaciones de fotocatalisis con factor de concentración uno (PSA)***

El factor de concentración (CCPC) de un captador CPC viene dado por:

$$\tau_{cpc} = \frac{1}{\text{sen } \theta_a} \quad (\text{Ec 3.19})$$

*** PURIFICACIÓN DE AGUAS POR FOTOCATÁLISIS HETEROGÉNEA:
ESTADO DEL ARTE, Julián Blanco Gálvez,

Los valores normales para el semi-ángulo de aceptación (θ_a), en el caso de aplicaciones fotoquímicas, van a estar entre 60 y 90 grados. Este amplio ángulo de aceptación permite al receptor captar tanto la luz directa como una gran parte de la difusa, con la ventaja adicional de absorber errores tanto de la superficie reflectante como de alineamiento del tubo receptor, lo que resulta importante para conseguir un bajo coste del foto-reactor. Un caso especial es aquel en el que se tiene $\theta_a = 90^\circ$, con lo que $CCPC = 1$ (sistema sin concentración solar) y cada curva CPC es una involuta ordinaria (los puntos B y C son coincidentes). Cuando esto ocurre, toda la radiación UV que alcanza el área de apertura del CPC (no solo la directa, sino también la difusa) puede ser captada y reconducida hasta el reactor. La luz reflejada por el CPC es distribuida hacia la parte posterior del receptor tubular con lo que la casi totalidad de la circunferencia del tubo receptor queda iluminada y la luz incidente en el foto-reactor es muy similar a la de una placa plana (reactor de 1 Sol). Al igual que en el captador cilindro parabólico, en los captadores tipo CPC el foto-reactor es tubular con lo que el agua puede ser fácilmente impulsada (al contrario que en los dispositivos planos estáticos). Dado que el elemento reflector va a ser normalmente menos costoso que el tubo receptor, el conjunto resulta más económico que la simple disposición de foto-reactores tubulares no concentradores (uno al lado de otro), para captar la misma radiación pero sin la utilización de reflectores. Los dispositivos CPC para aplicaciones fotoquímicas están generalmente fabricados con reflectores de aluminio y la estructura suele estar constituida por un simple marco que, a su vez, sirve de soporte para interconectar los tubos, normalmente de vidrio, que componen el foto-reactor.

3.1.7.3. Características de los distintos sistemas de captación de luz solar***

Una de las primeras cuestiones relevantes que aparecen a la hora del diseño de reactores para procesos de fotocatalisis es la decisión entre reactores que van a

*** PURIFICACIÓN DE AGUAS POR FOTOCATÁLISIS HETEROGÉNEA:
ESTADO DEL ARTE, Julián Blanco Gálvez,

trabajar con luz concentrada o los que se basan en sistemas sin concentración lumínica, disyuntiva abordada desde la existencia de los primeros dispositivos experimentales. Los sistemas de concentración presentan la ventaja de tener un área de reactor sustancialmente menor, lo que puede significar un volumen más reducido de reactor, un circuito menor y una mayor facilidad para confinar, controlar y manipular el fluido que se pretende tratar. Por lo tanto, la utilización de reactores que van a trabajar con alta irradiancia o radiación concentrada parece lógica, desde los puntos de vista tanto económico como ingenieril, cuando se trate de reactores que presenten una alta complejidad, elevada calidad en sus materiales (por ejemplo, el uso de cuarzo para conseguir una elevada transmisividad de la radiación UV), o costosos mecanismos de soporte o fijación del catalizador (este coste elevado puede proceder tanto del sistema de soporte en sí, como del derivado del necesario reemplazamiento periódico del citado catalizador soportado). No obstante, los sistemas basados en reactores con concentración o alta irradiancia lumínica tienen tres importantes desventajas frente a los sistemas sin concentración. La primera es su invalidación para el uso de la luz solar difusa ya que no pueden concentrar (y, por tanto, aprovechar) dicha radiación, al no poseer ésta un vector definido; esto no es importante en el caso de aplicaciones térmicas de la radiación solar dado que la radiación difusa es una pequeña fracción de la radiación solar total. Sin embargo, como ya se ha reseñado, la descontaminación fotocatalítica con TiO₂ como catalizador utiliza sólo la fracción UV del espectro solar, y ya que esta radiación no es absorbida por el vapor de agua atmosférico, se produce una dispersión de dicha radiación a lo largo de la atmósfera similar a la que se produce con la longitud de onda correspondiente al color azul y que hace que veamos el cielo de ese color. Como ejemplo, esta dispersión (conversión de radiación UV directa en difusa) puede superar el 50 % del total de radiación UV para un valor de masa de aire de 1.5: $MA = 1.5$ (La Masa de Aire relativa –»*Air Mass*»- se define como el cociente entre la trayectoria óptica oblicua descrita por un fotón a lo largo de la atmósfera y la

trayectoria vertical mínima que tendría que recorrer para llegar al mismo punto sobre la superficie terrestre). Dado que los captadores solares sin concentración pueden aprovechar ambas componentes de la radiación UV (directa y difusa), su eficiencia puede llegar a ser muy alta. La segunda desventaja de los reactores con concentración es su mayor complejidad, coste y, como consecuencia, mayores requisitos de mantenimiento. La tercera desventaja se fundamenta en las experiencias llevadas a cabo por diferentes grupos de investigación. Durante estas experiencias, se ha podido comprobar como la relación entre la velocidad de las reacciones fotocatalíticas (r) y la intensidad de irradiación incidente en los foto-reactores (I) varía al aumentar esta última. Esta transición no se produce a una intensidad determinada (diferentes autores obtienen resultados distintos), puesto que las condiciones experimentales influyen de manera importante. Varios autores responsabilizan de la transición de orden 1 a orden $\frac{1}{2}$ [$r = k (I^{1.0})$] a [$r = k (I^{0.5})$] al exceso de especies fotogeneradas (e^- , h^+ y $\bullet OH$). A intensidades de irradiación aún mayores se produce la transición de orden $\frac{1}{2}$ a orden 0 [$r = k (I^{0.5})$] a [$r = k$]. En este momento, la reacción fotocatalítica abandona su dependencia con la intensidad de irradiación recibida, para depender únicamente de la transferencia de masa en el seno de la reacción, estabilizándose la velocidad de reacción por mucho que aumente ya la intensidad de irradiación. Este efecto puede deberse a diferentes causas, como pueden ser, las limitaciones que tiene el catalizador iluminado en cuanto a la producción de huecos (h^+), la falta de concentración suficiente de captadores de electrones, o de moléculas orgánicas en las proximidades de la superficie del catalizador y/o excesiva cantidad de productos de reacción ocupando centros activos del catalizador. La consecuencia de estas desventajas es la clara tendencia actual del uso de reactores sin concentración para procesos de fotocatalisis. La eficiencia óptica de captación de luz de los sistemas estáticos puede ser apreciada en (la figura 3.20), donde se representa la radiación directa disponible sobre el área de apertura de las siguientes configuraciones de captadores orientados hacia el sur (en el hemisferio norte):

- Captador plano estático con una inclinación sobre el plano horizontal igual a la latitud local (37° Norte en el caso de la PSA).
- Captador plano estático inclinado 60° respecto al plano horizontal.
- Captador plano estático dispuesto horizontalmente (sin inclinación).

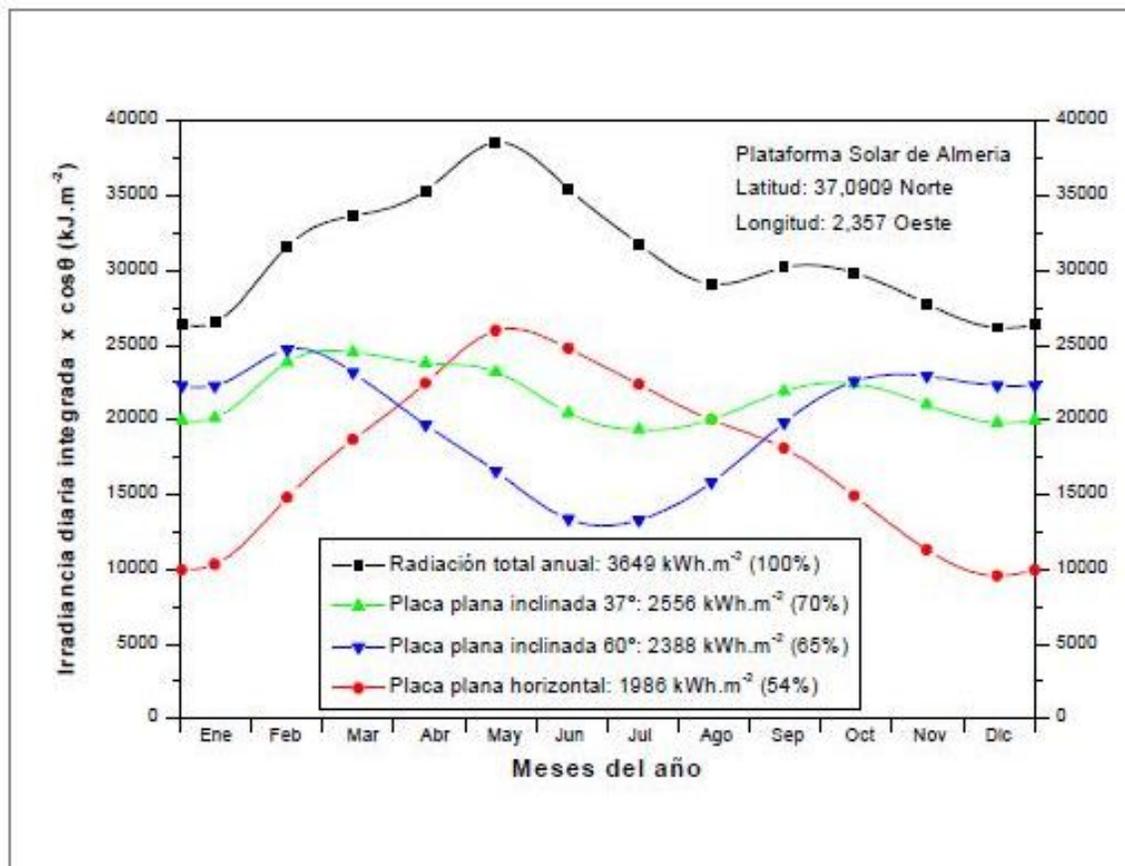


Fig. 3.20 Eficiencia anual de captación de luz solar mediante captadores planos estáticos con diferentes inclinaciones.***

La radiación total anual disponible se corresponde con la radiación directa mediaexistente en un año ideal sin nubes en la Plataforma Solar de Almería (PSA), obtenida a partir de la base de datos históricos meteorológicos de la PSA después de descartar los días nublados, con objeto de considerar únicamente factores geométricos (elevación y azimut de Sol frente a la disposición del plano

*** PURIFICACIÓN DE AGUAS POR FOTOCATÁLISIS HETEROGÉNEA:
 ESTADO DEL ARTE, Julián Blanco Gálvez,

de apertura del captador solar) en la eficiencia de captación de la luz solar. Los rendimientos obtenidos se basan en cálculos únicamente geométricos en función del coseno del ángulo de incidencia (ángulo formado entre el vector solar y la normal al plano de apertura del captador). Para obtener la cantidad de radiación solar directa disponible en cada momento por un captador solar con una configuración determinada basta con multiplicar dicha radiación por el coseno del ángulo de incidencia. De los resultados obtenidos a partir de la figura 6 puede observarse que la captación anual de energía solar se maximiza cuando el ángulo de inclinación con respecto al suelo tiene valores próximos a la latitud del lugar.

3.1.7.4. Superficie reflectante***

La superficie reflectante tiene por objeto dirigir y reflejar la luz útil hacia el reactor para conseguir un máximo aprovechamiento de esta y evitar pérdidas innecesarias, debiendo estar compuesta por un material que sea altamente efectivo para la reflexión de la radiación ultravioleta. Los espejos tradicionales basados en plata tienen una elevada reflectividad (radiación reflejada / radiación incidente) en el visible, pero no así en el intervalo de longitudes de onda entre 300 y 400 nm, siendo la mejor opción en este caso la utilización de espejos a base de aluminio (figura 3.21). Además, el vidrio utilizado normalmente como cubierta protectora de los espejos convencionales no es adecuado ya que absorbe también parte de la radiación UV que lo atraviesa, lo que ocurre doblemente ya que la luz lo traspasa dos veces en su camino, hacia y desde la superficie metalizada. El desarrollo de una superficie de alta reflectancia en el rango UV que tenga además buenas características de durabilidad y de resistencia no es algo sencillo. Una superficie de aluminio sin protección se va a oxidar y degradar rápidamente con lo que va a perder sus características. Varias han sido las soluciones hasta ahora aportadas para la resolución de este problema. Una de ellas es proteger la capa anterior de aluminio mediante una capa de anodizado (delgada capa de óxido).

*** PURIFICACIÓN DE AGUAS POR FOTOCATÁLISIS HETEROGÉNEA:
ESTADO DEL ARTE, Julián Blanco Gálvez,

Cuanto mayor sea esta capa, más elevada será la resistencia a la abrasión y agentes externos, pero también menor irá siendo la reflectancia.

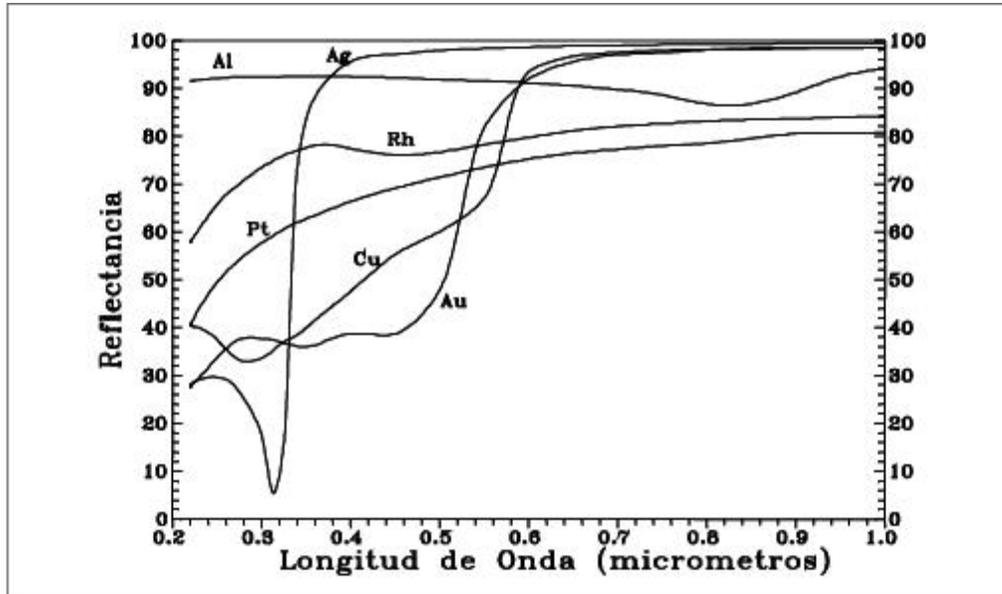


Fig. 21 Reflectancia espectral de diferentes metales electro-depositados al vacío

Otra posible solución pasa por el desarrollo de superficies flexibles tipo **sandwich** compuestas de tres partes: plástico-aluminio-plástico, estando formada la capa exterior por un material de elevada resistencia y transmisividad en el UV (como es el caso de varios co-polímeros comerciales obtenidos a partir de politetrafluoretileno y etileno). Existen en el mercado diversas láminas formadas por una delgada capa de aluminio fijadas a una base acrílica.

3.1.7.5. Fotorreactor***

Con respecto a los materiales válidos como reactores para procesos de fotocatalisis, la necesidad de tener una elevada transmisividad en el UV y una elevada resistencia a la degradación hace que las posibilidades de elección sean limitadas. Entre las posibles alternativas se encuentran los fluoro polímeros (inertes químicamente, con buena transmisividad y resistencia y buenos difusores de luz UV), materiales acrílicos y varios tipos de vidrio (necesariamente con bajo

*** PURIFICACIÓN DE AGUAS POR FOTOCATÁLISIS HETEROGÉNEA:
ESTADO DEL ARTE, Julián Blanco Gálvez,

contenido en hierro ya que éste absorbe UV). El cuarzo es también un material excelente pero muy costoso, lo que lo invalida desde un punto de vista práctico (figura 3.22). La utilización de materiales plásticos puede ser una buena opción ya que existen diversos materiales (politetrafluoretileno, etileno-tetrafluoretileno, etilpropileno fluorado, materiales acrílicos, etc) que pueden ser extruídos en forma tubular y poseen las necesarias características de trasmisividad y resistencia térmica, así como el mantenimiento de sus propiedades durante su uso a la intemperie. Sin embargo, una de sus principales desventajas es la necesidad de incrementar el espesor del material cuando se desea que el reactor soporte condiciones de presión medias o elevadas; otra es el hecho de que las conexiones normalmente pueden soportar menos presión debido a la falta de rigidez del material. Esto puede suponer un problema cuando se desea impulsar el agua a través de grandes campos de captadores solares conectados en serie.

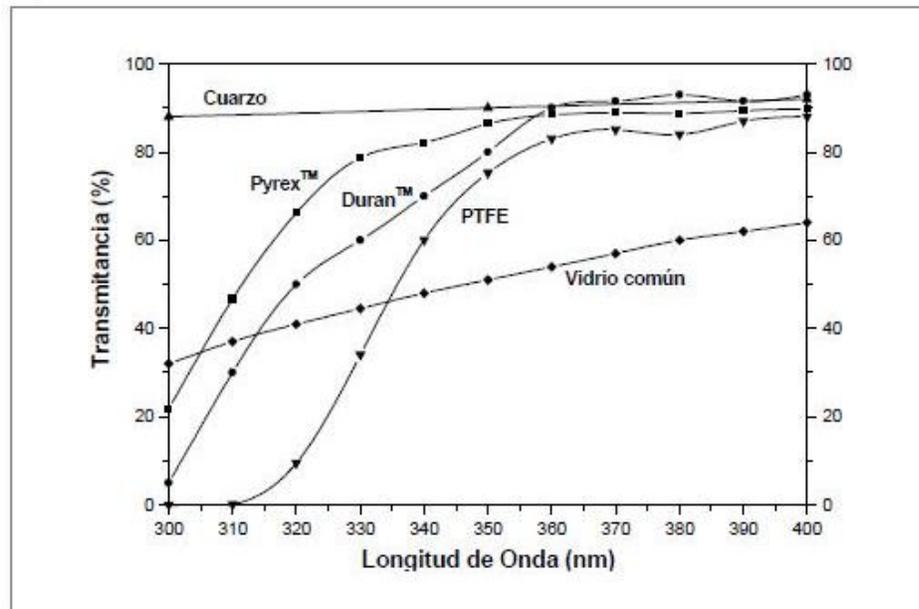


Fig 3.22, Trasmisancia de diferentes materiales validos para reactores foto catalíticos

El vidrio es otro material alternativo para fotorreactores. Sin embargo, como puede apreciarse en la figura 3.22, el vidrio común no es adecuado ya que absorbe parte

de la luz UV que llega al fotorreactor, debido al contenido en hierro. Por ello solo resultan adecuados aquellos vidrios que poseen un bajo contenido en hierro, como es el caso del borosilicato, opción que parece la más simple, económica y práctica en la actualidad.

3.2. DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO

En nuestro país la inadecuada disposición de las aguas residuales de origen doméstico, industrial y agrícola, esta generando una alarmante contaminación de los recursos hídricos. Por lo que se hace necesario utilizar métodos que eliminen las características no deseables de de estas aguas; las cuales son perjudiciales para la naturaleza, el medio ambiente y salud humana.

El sistema que se utilizara para tratar las aguas residuales de la Colonia la Unión será a través de una planta de tratamiento por Fotocatalis Heterogénea.

3.2.1. *Localización y Ubicación*

➤ Localización

El inmueble donde se proyecta construir La planta de tratamiento de aguas residuales esta localizado en la parte Nor Oriente de La Colonia la Union(ver anexo 4).

➤ Ubicación

El terreno se ubica en el Km 62.5 carretera antigua a San Salvador(Ver anexo 4).

3.2.2. *Parámetros de diseño*

A continuación se presentan los valores máximos requeridos del afluente, establecido según normas del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) para aguas residuales domésticas:

Cuadro 3.1: Valores máximos permisibles en agua de uso doméstica descargada a un cuerpo receptor.

PARAMETRO	VALOR MAXIMO PERMISIBLE
Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO5)	60 mg / l
Demanda Química de oxígeno (DQO)	150 mg / l
Potencial Hidrogeno (pH)	5 — 9
Sólidos suspendidos	60 mg / l
Sólidos sedimentables	1 mg / l
Aceites y grasas	20 mg / l
Fósforo total	3 mg / l
Temperatura	30 ± 5 °C
Coliformes fecales NMP/100ml	2 000
Coliformes totales NMP/100ml	10 000

FUENTE: Normas Salvadoreña CONACYT, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. (NSO 13.49.01:09)

3.2.2.1. *Composición típica del agua residual doméstica.*

La composición típica del agua residual doméstica se muestra a continuación.

Cuadro 3.2 Composición típica del agua residual doméstica

Constituyente	Concentración		
	Fuerte	Media	Débil
Sólidos, en total	1200	700	350
Disueltos, en total	850	500	250
Fijos	525	300	145
Volátiles	325	200	105
Suspendidos, en total	350	200	100
Fijos	75	50	30
Volátiles	275	150	70
Sólidos sedimentables (ml / l)	20	10	5
DBO ₅ (20° C)	300	200	100
Carbono orgánico total (COT)	300	200	100
DQO	1000	500	250
Nitrógeno	85	40	20
Orgánico	35	15	8
Amoníaco libre	50	25	12
Fósforo	20	10	6
Orgánico	5	3	2
Inorgánico	15	7	4
Cloruros	100	50	30
Alcalinidad (como Ca CO ₃)	200	100	50
Grasas	150	100	50

Fuente: Tratamiento y depuración de las aguas residuales "Metcalf –Eddy"

3.2.3. Componentes del sistema de tratamiento propuesto

- a) Rejas y Cribas de barras
- b) Trampa de grasas

- c) Desarenador
- d) Medidor de caudal Parshall
- e) Sedimentador primario
- f) Digestor de lodos
- g) Lechos de secado de lodos
- h) Reactor fotocatalitico

3.2.4. Memoria de Cálculo de la Planta de Tratamiento

3.2.4.1. Diseño de la Cámara de Rejas.¹¹

Se utilizará el caudal de diseño proyectado a los veinticinco años que en este único diseño para la Colonia la Union será el Mismo del inicio, junto con la velocidad permisible en el canal de entrada; asumiendo un ancho libre de canal se encuentra el número y su espacio entre platinas que se formará en las rejas.

QDISEÑO = 5.97 L / s (Caudal que converge en pozo #3 resultado de la sumatoria del caudal acumulado del sistema)

* Canal de entrada:

Velocidad permisible¹¹ = 0.15 — 0.6 m/s; **donde V= 0.3 m/s**

Por continuidad: $Q = A \cdot V$

$A = Q/V = (0.00597 \text{ m}^3/\text{s}) / (0.3 \text{ m/s}) = 0.0199 \text{ m}^2$

Utilizando para rejas:

Pletina 1" (b= 0.0254 m) y 3/16" de espesor (w=0.00476 m)

con espaciamiento entre pletina de 1".

➔ **Ancho libre de canal (L') = 0.50 m (asumido)**

$LT = L' \cdot ((b+w)/ b)$

$= (0.50 \text{ m}) \cdot [(0.0254 \text{ m} + 0.00476 \text{ m}) / 0.0254 \text{ m}]$

$$LT = 0.59\text{m}$$

$$\text{Número de rejas: } (LT - L') / w = (0.59 - 0.50) / 0.00476 = 19 \text{ pletinas}$$

Verificando:

$$(19 * 0.00476) + (19 * 0.0254) = 0.59 \text{ m}$$

Entonces:

$$A = b * h$$

$$h = A / b = 0.0199 \text{ m}^2 / 0.5 \text{ m} = 0.0398 \text{ m}$$

Por lo tanto :

$$AT = LT * h$$

$$= 0.59 * 0.0398$$

$$A = 0.0234 \text{ m}^2$$

Por continuidad: $Q = A * V$

$$V = Q / A = (0.00597 \text{ m}^3/\text{s}) / (0.0234 \text{ m}^2)$$

$$= 0.254 \text{ m/s menor que } 0.6 \text{ m/s}$$

➡ **Pérdida de Carga:**

$$\text{Ecuación de kirschner: } hf = \beta ((w/b)^{4/3}) v^2 \text{ sen } \varnothing / 2g$$

Donde:

hf= pérdida de carga (m)

w = ancho de barra en dirección del flujo

b = ancho mínimo del espacio libre

β = factor de forma: varilla = 1.79

Pletina = 2.42

Entonces:

$$hf = 2.42 (0.00476 / 0.0254)^{4/3} [(0.254)^2 \text{sen} 60^\circ / 2(9.81)]$$

$$hf = 0.00037 \text{ m}$$

¹¹ TRATAMIENTO Y DEPURACION DE LAS AGUAS RESIDUALES
METCALF- EDDY, EDITORIAL LABOR S.A, BARCELONA-1981

3.2.4.2. *Diseño de Trampa de Grasas.*¹⁰

➔ **Cálculo de volumen**

Datos:

Capacidad: 2.22 L/p/d; para dotación de 150L/p/d

Población al final del periodo de diseño = 744 habitantes

Entonces el volumen será :

$$V=744 \text{ hab.} \times 2.22 \text{ L/p/d} = 1651.68 \text{ lts}$$

$$V=1.65 \text{ m}^3$$

$$V=L \cdot A \cdot h \quad (1)$$

Donde L=largo

A=ancho

h=alto

$$L=1.5A \quad (2)$$

Sustituyendo ecuación 2 en ecuación 1.

$$V=(1.5A)Ah$$

$$V=1.5A^2 \cdot h \quad h_{\text{promedio}} = (0.6+0.9) / 2 = 0.75 \text{ (estas alturas son asumidas considerando el nivel del terreno con respecto a los demás componentes de la planta y a la economía de la terracería)}$$

$$\frac{V}{1.5h} = A^2$$

$$A = \sqrt{\frac{V}{1.5h}} = \sqrt{\frac{1.65}{1.5 * 0.75}} = 1.21 \text{ m}$$

$$L = 1.5A = 1.5(1.21) = 1.80 \text{ m}$$

Utilizar:

$$A = 1.30 \text{ m}$$

$$A_{\text{total}} = 1.30 + (0.15 * 2) = 1.60 \text{ m}$$

$$L = 1.95 \text{ m}$$

$$L_{\text{total}} = 1.95 + (0.15 * 2) = 2.30 \text{ m}$$

Las demás dimensiones se pueden ver en planos de trampa de grasas las cuales se obtienen a partir de dimensiones estándar que permiten funcionalidad del sistema de dicho elemento.

¹⁰TRATAMIENTO Y DEPURACION DE LAS AGUAS RESIDUALES
METCALF- EDDY, EDITORIAL LABOR S.A, BARCELONA-1981

3.2.4.3. *Diseño de Desarenador (De flujo horizontal)* ¹²

Se utilizará una sección transversal parabólica bajo condiciones de caudal máximo normal, utilizando la ecuación de Bernulli como principio y criterios de diseño.

Criterios de Diseño:

- $V = 0.3 \text{ m/s}$ (velocidad de sedimentación de arena)
- Adoptando un ancho de canal $T = 0.5 \text{ m}$.
- Se diseñará una sección transversal parabólica:
Area hidráulica = $(2/3) TH$
Para $Q_{\text{máx}} = 0.00597 \text{ m}^3/\text{s}$

Por continuidad $Q=AH * V$

$$Q=(2/3)TH * V$$

Entonces:

$$H=(3/2) Q / TV = ((3/2) (0.00597 \text{ m}^3/\text{s})) / (0.5 (0.3 \text{ m/s}))=0.06$$

usar **$H= 0.60 \text{ m}$ (es el minimo permitido)**

Aplicando en la ecuación de Bernulli la figura 3.14

$$P/\sigma +H + V_1^2 / 2g = P_c / \sigma + d_c + V_c^2 / 2g + 0.1V_c^2 / 2g$$

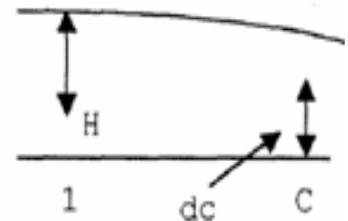


fig.3.16 Esquema de desarenador

Sustituyendo:

$$H + V_1^2 / 2g = d_c + V_c^2 / 2g + 0.1V_c^2 / 2g$$

Donde $d_c= 2 (V_c^2 / 2g)$ (En el canal cuando el flujo coincide con la profundidad)

Entonces :

$$H+ V_1^2 / 2g = 3.1 V_c^2 / 2g$$

Despejando:

$$\begin{aligned} V_c^2 / 2g &= (1/ 3.10) (H+ V_1^2 / 2g) \\ &= (1/ 3.10) (0.60 + (0.3)^2 / 2(9.81)) \end{aligned}$$

$$V_c^2 / 2g = 0.195$$

$$V_c= (0.195 * 2 * 9.81)^{1/2}$$

$$\mathbf{V_c = 1.956 \text{ m / s}}$$

Entonces:

$$\begin{aligned}dc &= 2 (Vc^2 / 2g) \\ &= (1.956)^2 / 9.81\end{aligned}$$

$$\mathbf{dc = 0.39 m.}$$

$$Q = A \cdot V_c$$

$$\text{Area} = Q / V_c = (0.00597 \text{ m}^3 / \text{s}) / 1.956 \text{ m/s} = 0.00306 \text{ m}^2$$

$$A = L \cdot dc$$

$$L = A/dc = 0.00306 \text{ m}^2 / 0.39 \text{ m} = 0.00785 \text{ m}$$

Por lo tanto: velocidad de sedimentación = $1600 \text{ m}^3 / \text{m}^2 / \text{día} = 1.12 \text{ m/min}$

Bajo condiciones de $Q_{\text{máx}}$ normal es:

Vel = dist./tiempo ; despejando tiempo se tiene:

$$t = 0.06 \text{ m} / 1.12 \text{ m/min} = 0.054 \text{ min.}$$

$$t = 3.3 \text{ seg.}$$

$$d (\text{long}) = t \cdot V_o$$

$$d = 3.3 \text{ seg} \cdot 0.3 \text{ m/s}$$

$$d = 1.0 \text{ m}$$

$$LT = L + 1/4 L$$

$$LT = 1.0 + 1/4(1) = 1.25$$

$$\mathbf{LT=3.25m.}$$

¹²TRATAMIENTO Y DEPURACION DE LAS AGUAS PESIDUALES

METCALF- EDDY, EDITORIAL LABOR S .A, BARCELONA-1981

Los 2.0 m adicionales aproximados serán adecuados para contrarrestar la turbulencia bajo las condiciones normales de flujo máximo diario.

Se construirán dos desarenadores para dejar fuera de servicio uno de ellos, ya sea por emergencia o limpieza.

3.2.4.4. *Diseño de Medidor de Caudal Tipo Parshall* ¹³

Se utilizará el caudal de diseño proyectado a los veinticinco años y utilizando un ancho de garganta según tabla de capacidades (L/seg), se verificará si los resultados cumplen con los rangos aceptables.

CALCULO DE CANALETA PARSHALL

➤ Datos: $Q = 5.97 \text{ Lt/s} = 21.49 \text{ m}^3/\text{hora}$

¹³ CURSO DE OBRAS HIDRAULICAS
E HIDRAULICA, SAMUEL TRUEBA CORONEL

Adoptando un $W = 30 \text{ cm}$, se obtienen los valores siguientes en cuadro 3.7 y 3.8.

$W = 30\text{m}$	$K = 0.076 \text{ m}$	$c = 0.61 \text{ m}$	$k = 0.68$
$D = 0.845 \text{ m}$	$G' = 0.915 \text{ m}$	$N = 0.228 \text{ m}$	$n = 1.522$

Cuadro 3.7 : Dimensiones estándar aproximadas para aforadores Parshall

Longitudes en cm. Gastos en Lt / seg.

W	A	B	C	D	E	F	G	K	N	X	Y	Gastos limite p. descarga libre	
												Máxima	Mínima
7.6	46.6	45.7	17.8	25.9	30.2	15.2	30.5	2.5	5.7	2.5	3.8	34.0	0.8
15.2	62.2	61.0	39.4	39.4	45.7	30.5	61.0	7.6	11.4	5.1	7.6	109.2	1.4
30.5	137.0	134.2	61.0	84.5	91.5	61.0	91.5	7.6	22.8	5.1	7.6	454.0	9.8
50.0	140.0	140.0	70.0	100.0	92.0	61.0	91.5	7.6	22.8	5.1	7.6	720.0	15.0
75.0	158.0	154.0	100.0	140.0	92.0	61.0	91.5	7.6	22.8	5.1	7.6	1200.0	25.0
100.0	170.0	165.0	120.0	165.0	92.0	61.0	91.5	7.6	22.8	5.1	7.6	1450.0	28.0
150.0	194.0	190.0	175.0	225.0	92.0	61.0	91.5	7.6	22.8	5.1	7.6	2240.0	45.0
200.0	215.0	215.0	225.0	285.0	92.0	61.0	91.5	7.6	22.8	5.1	7.6	3000.0	90.0
250.0	242.0	250.0	285.0	340.0	95.0	61.0	91.5	8.5	24.5	9.0	10.0	4000.0	120.0

FUENTE: HIDRAULICA; SAMUEL TRUEBA CORONEL

Cuadro 3.8 : Valores de k y n para la fórmula del gasto en el aforador Parshall

W metros	K	n	W metros	k	n
0.15	0.3812	1.580	1.25	3.033	1.579
0.30	0.6800	1.522	1.50	3.673	1.588
0.50	1.1610	1.542	1.75	4.316	1.593
0.75	1.7740	1.558	2.00	4.968	1.599
1.00	2.4000	1.570	2.50	6.277	1.608

FUENTE: HIDRAULICA; SAMUEL TRUEBA CORONEL

➡ Altura en la zona de medición:

$$H = (Q/K)^{1/n} = (0.00597 / 0.68)^{1/1.522} = 0.044\text{m}$$

➔ Ancho en la sección de medición

$$D' = \left(\frac{2}{3} * (D - W) \right) + W$$

$$D' = \left(\frac{2}{3} * (0.845 - 0.3) \right) + 0.3$$

$$D' = 0.66$$

➔ Velocidad en la sección de medición

$$V_o = Q / (D' * H) = 0.00597 / (0.66 * 0.044)$$

$$V_o = 0.20 \text{ m/s}$$

➔ Energía en la sección de medición

$$E_o = H + \frac{V_o^2}{2g} + N$$

$$E_o = 0.044 + \left[\frac{(0.20)^2}{2 * (9.81)} \right] + 0.228$$

$$E_o = 0.275 \text{ m}$$

➔ Velocidad antes del resalto

$$V_1 = \frac{2 \cos \theta}{3} \left(\frac{2g * E_o}{3} \right)^{1/2}$$

$$\cos \theta = - \frac{g * Q}{(W * (2g * E_o / 3))^{1.5}}$$

$$\cos \theta = - \frac{9.81 * 0.00597}{((0.3) * (2 * 9.81) * 0.275 / 3)^{1.5}} = \frac{0.058}{0.401}$$

$$\theta = 81.69^\circ$$

$$\theta/3 = 27.23^\circ \quad ; \quad \cos \theta/3 = 0.889$$

Luego:

$$V_1 = \frac{2 * (0.889) * \left(\frac{2 * (9.81) * (0.275)}{3} \right)^{1/2}}$$

$$V_1 = 2.38 \text{ m/s}$$

➔ Altura de agua antes del resalto

$$h_1 = E_o - \left(\frac{V_1^2}{2g} \right) = 0.275 - \left(\frac{(2.38)^2}{2 * (9.81)} \right)$$

$$h_1 = 0.015 \text{ m}$$

➔ Número de froude

$$N_F = V_1 / (g * h_1)^{1/2} = 2.38 / (9.81 * 0.015)^{1/2} = 6.26$$

es aceptable dentro del rango recomendable NF= 5 – 9

➔ Altura del resalto

$$h_2 = -h_1 / 2 + ((2V_1^2 * h_1 / g) + (h_1^2 / 4))^{1/2}$$

$$h_2 = -0.015 / 2 + ((2 (2.38)^2 * 0.015 / 9.81) + (0.015^2/4))^{1/2}$$

$$h_2 = 0.12 \text{ m}$$

➔ Velocidad en el resalto

$$V_2 = Q / (W * h_2) = 0.00597 / (0.3 * 0.0086) = 0.156 \text{ m / s}$$

➔ Tirante en la sección de salida

$$h_3 = h_2 - (N-K) = 0.12 - (0.228 - 0.076)$$

$$h_3 = 0.027 \text{ m}$$

➔ Velocidad en la sección de salida.

$$V_3 = Q / (C * h_3) = 0.00597 / (0.61 * 0.027) = 0.39 \text{ m / s}$$

➔ Velocidad media

$$V = (V_2 + V_3) / 2 = (0.156 + 0.39) / 2$$

$$V = 0.25 \text{ m / s}$$

➔ Periodo de retención

$$t_o = G' / V = 0.915 / 0.25 = 3.6 \text{ seg.}$$

➔ Pérdida de carga

$$h_f = H + K - h_3 = 0.044 + 0.076 - 0.027$$

$$h_f = 0.10 \text{ m, es aceptable dentro del rango recomendado } h_f = 0.10 \text{ — } 0.15$$

➔ Gradiente

$$G = \frac{hf}{to} = \frac{(981*0.10)^{1/2}}{(0.01009*0.93)^{1/2}} = 51.96 \text{ seg}^{-1}$$

$G = 51.96 \text{ seg}^{-1}$ es aceptable dentro del rango recomendado $G < 1500 \text{ seg}^{-1}$

¹³ TRATAMIENTO Y DEPURACION DE LAS AGUAS RESIDUALES

METCALF- EDDY, EDITORIAL LABOR S .A, BARCELONA-1981

3.2.4.5. *Diseño de Sedimentador Primario* ^{3.41}

Sedimentador: se utilizará el caudal de diseño proyectado a veinticinco años en m³/hrs, criterios de velocidad para encontrar las dimensiones del sedimentador, así como el tiempo de retención hidráulica para establecer su altura.

Sedimentador:

➔ Datos:

$$Q = 5.97 \text{ L/s} = 21.49 \text{ m}^3/\text{h} = 515.76 \text{ m}^3/\text{d}$$

Sólidos en suspensión= 350mg/lts

Factor de mejoramiento= 1.25

Porcentaje a separar de carga de sólidos= 65%

Tiempo retención= 60mint

Para una altura de sedimentación de 1.8mts

Con base a la Fig 3.10 y 3.11 para separación del 65% de SS

Fig. 3.10 t=60 minut

Fig. 3.11 65 m³/ m².d

Utilizando el Factor de corrección de 1.25

$$T = 60 \text{ min} \times 1.25 = 75 \text{ min}$$

$$\text{Factor de Carga} = 65/1.25 = 52 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{d}$$

De la Fig. 3.12 para $t = 60 \text{ min}$ se lee

$$X_u = 1.70\% \text{ (} 17,000 \text{ mg/l)}$$

Para separar el 60% :

$$X_e = 0.6 \times 350 = 210 \text{ mg/l}$$

Según Ec 3.8

$$Q_e = \frac{Q_o(X_u - X_o)}{(X_u - X_e)}$$

$$Q_e = 515.76 (17,000 - 350) / (17,000 - 210) = 511.46 \text{ m}^3 / \text{d}$$

Según Ecuación 3.9

$$Q_u = Q_o - Q_e = 515.76 - 511.46 = 4.30 \text{ m}^3 / \text{d}$$

Calculando el Área de la sección, diámetro y altura efectiva del Clarificador:

$$A = Q_e / \text{Factor de carga} = (515.76 \text{ m}^3 / \text{d}) / (52 \text{ m}^3 / \text{m}^2.\text{d}) = 9.92 \text{ m}^2$$

$$D = (4A / \pi)^{1/2} = 3.55 \text{ m}$$

$$H = V / A = (515.76 \text{ m}^3 / \text{d} \times (1/1440 \text{ d/min}) \times 60 \text{ min}) / (9.92) = 2.16 \text{ m}$$

Se aproxima a 2.20mts

3.41 TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES , R.S Ramalho
Faculty of Science and Engineering
Laval University, Quebec, Canada

3.2.4.6. Diseño de Digestor de Lodos¹⁶

Datos:

Población de diseño (año 2034)= **744** habitantes (ver cuadro 3.2)

Volumen de diseño: carga per cápita = 35 lt / hab

Volumen requerido = 744 hab x 35 lt / hab

$$= 26,040 \text{ lt.}$$

$$= 26.04 \text{ m}^3$$

Usar V = 26.0 m³

Considerando h = 2.0 m.

Volumen: V = volumen de cilindro + volumen de cono

$$V = \pi r^2 h + (1/3) \pi r^2 h$$

$$V = \frac{4\pi r^2 h}{3}$$

Entonces:

$$r = 1.50 \text{ m} \quad ; \quad D = 3. \text{ m}$$

3.2.4.7. *Diseño de Lechos de Secado de Lodos*¹⁶

Con la población futura a los veinticinco años y la carga de diseño por habitante se obtendrá el área requerida del lecho.

Datos:

Población = 744 hab,

Carga de diseño = $0.02 \text{ m}^2 / \text{hab}$.¹⁶

Área requerida de lechos:

$A = 0.02 \text{ m}^2 / \text{hab} * 744 \text{ hab}$

$A = 14.88 \text{ m}^2$ Usar $A = 15 \text{ m}^2$

➤ Longitud y ancho de lechos

Adoptando una relación para lechos de secado rectangular

$A = \text{largo} * \text{ancho}$

Donde:

Largo $2L$; Ancho = $3L$

Entonces:

$A = 2L * 3L = 6L^2$

Luego:

$L = (15 / 6)^{1/2} = 2.5 \text{ m}$.

Ancho de cada cámara

Ancho total de lecho = $3(2.5) = 7.5 \text{ m}$

Largo total del lecho = $2(2.5) = 5.0 \text{ m}$

¹⁶ **SEWAGE TREATMENT, IMHOFF – FAIR**

➤ Profundidad:

Para el cálculo de la profundidad se mantiene el criterio de capas de 30cm de lodo y dejar un borde libre mínimo de 50 cms, luego la profundidad será de 80cm.

3.2.4.8. *Diseño del Reactor Fotocatalítico.*

Los parámetros a utilizar bajo condiciones de caudal máximo normal, utilizando la Formula de la Ley de Beer:

3.2.4.8.1. *ESQUEMA DE TRABAJO DE LA DEGRADACIÓN FOTOCATALÍTICA DE AGUAS RESIDUALES*

Las dos muestras de agua residual de la misma línea de producción fueron tomadas con la finalidad siguiente: la primer muestra control se utilizó para determinar el grado de contaminación del agua residual antes del tratamiento fotocatalítico, realizándole análisis según la NSO 13.49.01:06 aplicada para aguas residuales.

3.2.4.8.2. *Parte Experimental*

3.2.4.8.2.1.. *Sondeo cualitativo del tipo de agua de la muestra*

Se tomaron los espectros UV-VIS de la muestra, con el propósito de conocer las bandas de absorción características de los compuestos químicos presentes en la muestra proveniente de las aguas residuales de tipo domestico despues de los tratamientos preliminares.

3.2.4.8.3. Estudio Cinético

Se realizó un estudio cinético para estimar el tiempo de residencia o tiempo de radiación (tiempo de la reacción de fotodegradación de los contaminantes) necesario para determinar así el momento en el que se logra la fotodegradación necesaria para compuestos orgánicos que se encuentren disueltos en el agua residual.

Se determinó por espectroscopia UV-VIS el componente o contaminante disuelto en el agua residual que más tiempo necesitó para su fotodegradación.

Se tomó como base este contaminante, para estimar el tiempo de residencia total de acuerdo con la ley cinética encontrada para el agua residual en estudio, puesto que es el que limita la velocidad total de fotodegradación de los contaminantes presentes.

El estudio cinético fue realizado a un pH de 6.2, es el pH neutro característico de las aguas residuales para efectos prácticos y no tener que nivelar el pH, cabe aclarar que se podrían haber hecho experimentos con diferentes pH, con el propósito de medir el efecto del pH en la velocidad de reacción, y establecer el pH en el que se obtiene una cinética de reacción más rápida.

3.2.4.8.4. Procedimiento del tratamiento fotocatalítico:

- Se midió una muestra de 250ml con una probeta, posteriormente se colocó en un erlenmeyer de 250 mL y se tomó el pH inicial.
- Se pesó en una balanza analítica la cantidad exacta de 1.00 g de óxido de zinc y se adicionó a la muestra tomada anteriormente la cantidad en base a su proporción que para 1 litro agregar 1.00 g de óxido de zinc
- El pH de la suspensión no se tubo que modificar ya que se trabajo con el pH inicial, ya que se se obtuvieron buenos resultados según el estudio cinético.
- Se colocó la muestra por 20 minutos en el ultrasonido para minimizar el tamaño de partícula del fotocatalizador (óxido de zinc), obteniendo partículas finamente

divididas para que se produzca el efecto cuántico de tamaño sobre el cual se fundamenta la técnica de fotocatalisis.

-. Posteriormente se colocó la muestra con agitación magnética exponiéndola a una irradiación de luz ultravioleta (UV), utilizando una lámpara de Arco de Xenón de alta presión de 150 Watts, la cual produjo la energía necesaria capaz de generar transiciones electrónicas por absorción de la luz en el fotocatalizador. A partir de este momento se comenzó a tomar el tiempo de la reacción, utilizando un cronómetro para determinar el tiempo.

-. En cada intervalo de tiempo establecido en el estudio cinético se tomaron alícuotas de 2.0 mL de la suspensión y se colocaron en tubos de hemólisis los cuales se protegieron de la irradiación ultravioleta.

-. Inmediatamente se llevaron a centrifugar los tubos con la finalidad de remover el óxido de zinc.

-. Finalmente se tomaron los espectros UV-VIS de cada una de las alícuotas de los diferentes intervalos de tiempo establecidos.

-. Se seleccionaron las bandas características de la muestra para seguir la cinética de fotodegradación de los contaminantes en la muestra.

-. Se ajustaron los datos obtenidos de absorbancia y tiempo con modelos matemáticos cinéticos para establecer la ley de velocidad de fotodestrucción de los contaminantes en la muestra.

3.2.4.8.5. Sondeo cualitativo de muestras de agua residual de tipo domestico

Para efectos de el diseño se tomaron muestras de agua residual producida en Santa Ana Norte, y se trataron fotocatalíticamente en presencia de 1 g/L de fotocatalizador ZnO a temperatura ambiente y a un pH ácido de aproximadamente de 6.2 unidades de pH. El comportamiento de degradación de los contaminantes

disueltos en las aguas se monitoreó tomando los espectros UV-VIS a diferentes tiempos de irradiación.

3.2.4.8.6. Degradación fotocatalítica de agua residual de tipo domestica

La Figura 3.23 muestra el espectro UV-VIS en función del tiempo de irradiación de agua residual domestica a pH de 6.2 se observa una banda de absorción en las cuales sus máximos se sitúan aproximadamente a 220.97 nm de longitud de onda. Se observa que esta banda decae su intensidad con el aumento en el tiempo de irradiación, la cual se presume que se debe a la absorción neta de los contaminantes orgánicos disueltos en el agua y puesto que decae con el tiempo de irradiación demuestra que estos contaminantes orgánicos se están degradando fotocatalíticamente durante el proceso del tratamiento.

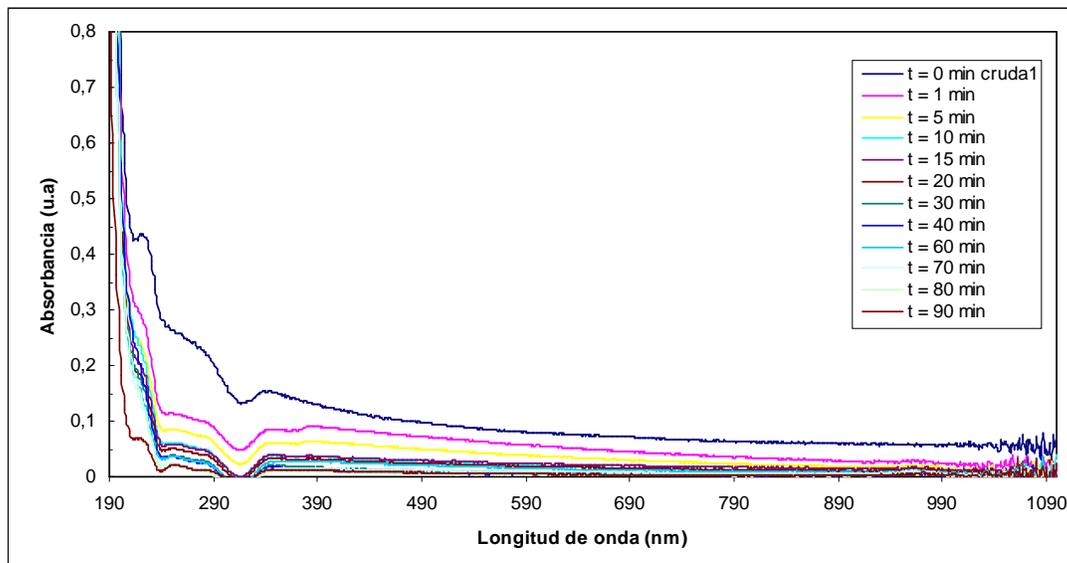


Fig. 3.23 degradación fotocatalítica de agua residual de tipo domestico a ph 6.2 utilizando zno y radiación uv-vis.

Estudio cinético para determinar el tiempo de irradiación en el tratamiento fotocatalítico de las aguas residuales de Tipo domestico.

Se colocó la muestra de agua residual en estudio con 1 g/L de fotocatalizador ZnO a pH 6.2. Luego se irradió con luz ultravioleta (UV) a partir de este momento se comenzó a tomar el tiempo de la reacción. En cada intervalo de tiempo se tomaron alícuotas de 2.0 mL de la suspensión y se centrifugó para remover el óxido de zinc. Se tomaron los espectros UV-VIS de cada una de las alícuotas de los diferentes intervalos de tiempo establecidos y se seleccionó la banda característica de la muestra para seguir la cinética de fotodegradación de los contaminantes en la muestra. Se ajustaron los datos obtenidos de absorbancia y tiempo con modelos matemáticos cinéticos para establecer la ley de velocidad de fotodestrucción de los contaminantes en la muestra.

Cinética de degradación del agua residual de producción de jarabe de Ambroxol a pH 6.2.

En la Figura 24 se presenta la gráfica de absorbancia vs tiempo de agua residual de tipo domestica a pH 6.2 sometida a irradiación UV en presencia de ZnO como fotocatalizador, donde se observa un decaimiento en la intensidad de la banda situada a 220.97 nm la cual representa las absorciones de los contaminantes disueltos en el agua residual. Este resultado demuestra que los contaminantes se están fotodegradando con el tiempo de irradiación.

Linealidad de la cinética de agua residual de tipo domestica a pH 6.2.

En la figura 25 se observa una representación de $\ln\{(A_0 - A_\infty)/(A_f - A_\infty)\}$ vs t donde se nota una tendencia lineal en el comportamiento de los datos experimentales. La muestra analizada en este estudio ajustó mejor con el modelo matemático de primer orden de acuerdo al mecanismo de Langmuir- Hinshelwood

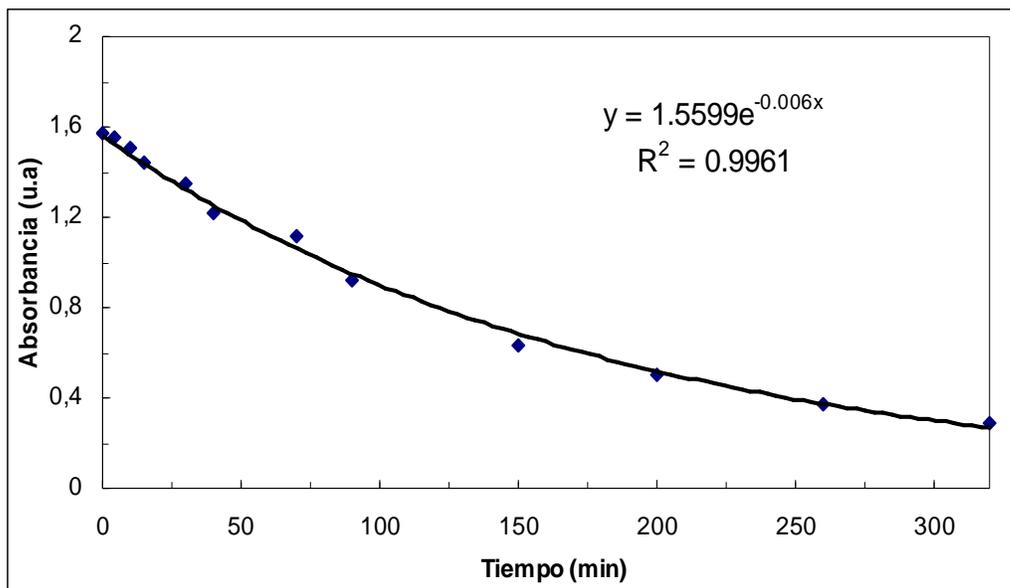


Figura N° 24: Cinética de degradación fotocatalítica de la banda de 220.97 nm de Agua Residual de Tipo doméstica a pH = 6.2.

propuesto en la literatura.

$$\ln \left(\frac{A_0 - A_\infty}{A_f - A_\infty} \right) = kt$$

Donde:

A_0 = Absorbancia inicial

A_∞ = Absorbancia medida a un tiempo infinito

A_f = Absorbancia final

Se ha corregido la línea base midiendo la absorbancia en el tiempo infinito (A_∞) la cual corresponde a la absorbancia residual que debe sustraerse para corregir el tiempo infinito que no es posible alcanzar en una reacción química. El tiempo infinito se ha tomado como aquel en el cual ya no se observa variación en la absorbancia durante el transcurso de la reacción. La linealidad de los datos experimentales obtenidos demuestran que la degradación fotocatalítica de los contaminantes disueltos ajustan perfectamente con el modelo cinético de primer orden propuesto por Langmuir- Hinshelwood, se obtiene una constante de

velocidad de 0.0437 min⁻¹ y una ley de velocidad de fotodestrucción de los contaminantes disueltos la cual es:

$$\ln \left[\frac{[A]_0}{[A]} \right] = (0.0437 \pm 0.0001) \text{ min}^{-1}$$

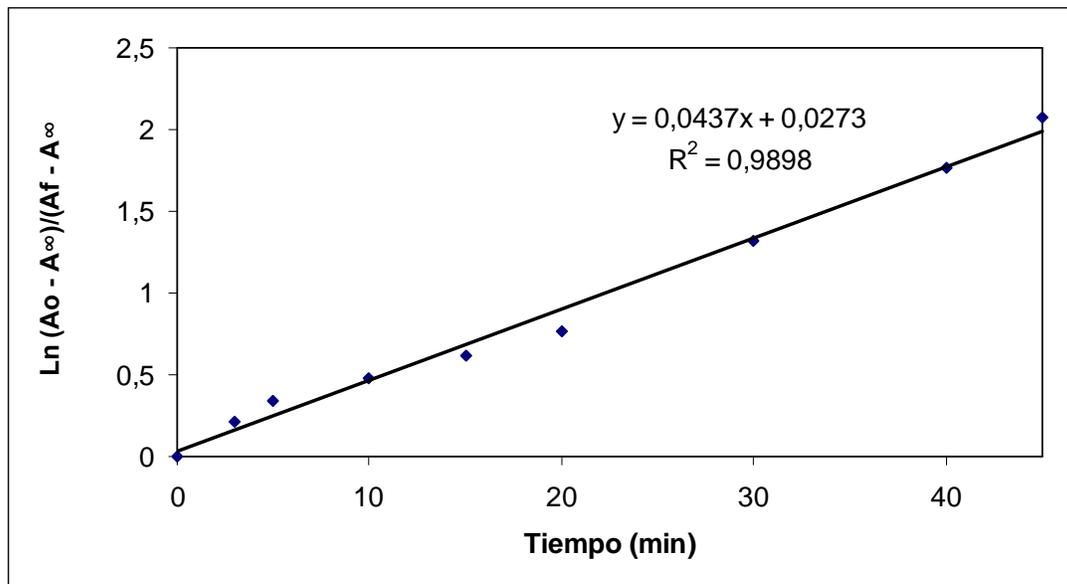


Figura 25 Linealidad de la cinética de agua residual de tipo doméstica pH de 6.2, para la banda a 220.97 nm de longitud de onda.

Determinación del tiempo de residencia de irradiación para las aguas residuales de tipo domésticas.

Se utilizó la Ley de Beer para calcular la concentración Molar (M) de fenol durante la degradación fotocatalítica.

Formula de la Ley de Beer:

$$A = \epsilon b C$$

Despejando la concentración:

$$C = \frac{A}{\epsilon b}$$

Donde:

A = Absorbancia

ϵ = Epsilon de fenol a longitud de onda de 220.97 nm = 1450 M⁻¹ cm⁻¹

b = Espesor de la celda: 1 cm.

C = Concentración de la muestra (Molar)

Para la determinación del tiempo de residencia, se empleó la siguiente fórmula, la cual establece el tiempo necesario para lograr el 80% de la fotodegradación del agua residual hasta la concentración máxima permisible según la NSO 13.49.01:09 aplicada para aguas residuales para vertidos en cuerpos receptores.

Fórmula para determinar el tiempo de residencia

$$t = (\ln (C_0/C)) / k$$

Donde:

t = Tiempo de residencia

C₀ = Concentración inicial (0,434603542)

C = Concentración final (0.09)

k = Constante de velocidad de reacción, pendiente de la recta (0.0437min⁻¹)

Sustituyendo:

$$t = (\ln (0./0.5))/0.0074)$$

$$t = 23.68 \text{ minutos}$$

Dando como resultado 23 minutos el tiempo necesario para lograr la fotodegradación completa, pero se considero dar un tiempo mas como factor de seguridad, así el tiempo residencia para diseño de los tanques fue de 35.

Criterios de Diseño:

Q diseño= 3.3 lts /seg = 11.88 m³ / hora

Q diseño= 11.88m³ /h x 24h = 285.12 m³

Tiempo de Residencia= 35min

Radiación efectiva por día= 11hrs = 660 min

Vol. (pp), A tratar en periodo de residencia= ?

Considerando que los espesores de los tanque no pueden ser mayores a 40cm por la trasmittancia de los rayos UV. Tenemos

Calculo:

Vol(pp) = (285.12 m³ X35min)/ 660min = 15.12 m³

Volumen tratado por cada periodo de 35 minutos .

Construir 4 tanques

Vol(pp) = 15.12m³ /4 = 3.78 m³

Dimensiones de los tanques :

A=3.78m³ /0.4m= 9.45 m²

L= 6.0mts

H= 9.45m/ 6.0 = 1.57mts = 1.60mts

3.2.4.8.7. Análisis Posteriores

Después de tratamiento fotocatalítico se colocaron las muestras analizadas en refrigeración para su posterior análisis verificando su cumplimiento con la Norma Salvadoreña Obligatoria para Aguas Residuales NSO 13.49.01:09 comparando los

resultados de los análisis realizados con la muestra que fueron sometida al tratamiento fotocatalítico como análisis microbiológicos los siguientes: determinación de Coliformes Totales, Coliformes Termotolerantes, Escherichia coli.

Muestra de agua residual	Parámetro	Limite permitido por la Norma NSO 13.49.01:09, aplicada para aguas residuales	Resultado antes del tratamiento fotocatalítico	Resultado después del tratamiento fotocatalítico
AGUA RESIDUAL DE TIPO DOMESTICO	ANALISIS MICROBIOLÓGICOS			
	Coliformes totales	10,000 NMP/100ml	1,600,000 NMP/100ml	<2 NMP/100ml
	Coliformes termotolerantes	2000 NMP/100ml	28,000 NMP/100ml	<2 NMP/100ml
	Escherichia coli	2000 NMP/100ml	28,000 NMP/100ml	<2 NMP/100ml
	ANALISIS FISICO QUIMICOS			
	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	100 mg/L	285 mg/L	85 mg/L
	Demanda Química de Oxígeno (DQO)	300 mg/L	455 mg/L	211 mg/L
	Sólidos sedimentables	15 mL/L	45 mL/L	5 mL/L
	Aceites y grasas	30 mg/L	25 mg/L	15 mg/L

Norma Salvadoreña Obligatoria para Aguas Residuales NSO 13.49.01:09

3.2.4.8.8. *Presentación del Proyecto de Diseño de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales domésticas de la Colonia la Union.*

En este apartado se presenta en (Anexo6 en la figura 3.26), el terreno donde se proyecta construir la planta de tratamiento, delimitado con sus respectivos mojones y su cuadro de rumbos y distancias; obtenido con el levantamiento topográfico con estación total.

En (Anexo6 la figura 3.27),se tiene la ubicación en planimetría de la planta, en esta figura también se pueden apreciar las curvas de nivel del terreno donde se proyecta construir dicha planta que son el resultado del levantamiento topográfico con estación total y que sirven para calcular la terracería.

En (Anexo 6 las figuras 3.28 a 3.33) se presentan los planos de los componentes de la planta de tratamiento propuesta que son el resultado de la memoria de cálculo desarrollada en apartado 3.2.4.

En el Anexo 7 se presenta un plano de conjunto red de Alcantarillado Sanitario y Planta de tratamiento Por fotocatalis Heterogenea.

En el Anexo 8 Presupuesto del proyecto completo red de alcantarillado y la planta de tratamiento

En el Anexo 9 se presenta un manual de operaciones básicas para la planta de tratamiento.

En el Anexo 10 se presenta un Reglamento especial de aguas residuales

CAPITULO

IV

4. EVALUACIÓN RÁPIDA DE IMPACTO AMBIENTAL

4.1. DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES DEL PROYECTO POTENCIALMENTE IMPACTANTES.

Con la información recolectada del Proyecto **GESTIÓN AMBIENTAL PARA EL MANEJO DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS DE LA COLONIA “LA UNIÓN” DEL MUNICIPIO DE SANTA ANA**”, se obtendrán las diferentes actividades que se realizan dentro de dicho proyecto que potencialmente pueden producir impacto sobre el medio analizado. Se tendrán en cuenta, todas y cada una de las acciones que directa o indirectamente puedan generarse tanto en la fase de construcción, como de la fase de operación.

Se conceptúa por actividades del proyecto las distintas intervenciones que se contemplan en el mismo y que son necesarias para conseguir los objetivos en él definidos. Estas acciones se clasifican, según el momento en que se produzcan, en acciones de la fase de obra o de la fase de operación.

4.2. IDENTIFICACIÓN DE FUENTES DE IMPACTO AMBIENTAL

Las fuentes de impacto ambiental consideradas para el proyecto son las siguientes:

FASE DE CONSTRUCCIÓN:

⊗ Instalaciones provisionales: (oficinas, zonas de acopio). Consiste en la construcción y habilitación de infraestructura de servicios y oficinas temporales utilizadas en obras. Acopio de materiales en los alrededores de las instalaciones.

- ⊗ Contratación de mano de obra. Se requerirá la mano de obra no calificada local para la ejecución de las diferentes actividades a lo largo de todo el periodo de ejecución del proyecto.
- ⊗ Descapote y tala de árboles en el área de la construcción de la planta de tratamiento.
- ⊗ Movimiento de tierras. Se refiere a cortes, nivelaciones y en general, a toda la intervención del suelo que genere una pérdida de las características de éste y/o su posterior traslado.
- ⊗ Excavación. Para casi todas las etapas del proyecto se deben realizar excavaciones.
- ⊗ Construcción de estructuras. Ensamblado de red , pozos de visita ,planta de tratamiento.
- ⊗ Disposición de exceso de suelo. El material excavado debe ser retirado del sitio de la estructura y trasladado a lugares adecuados y previamente definidos.
- ⊗ Tala y desbroce. Se refiere a la poda y corta de la vegetación y en general de todo elemento natural que pueda interferir en la construcción del proyecto.
- ⊗ Generación de residuos de obra. Se refiere la generación de: residuos domésticos, residuos industriales no peligrosos (bolsas de cemento, restos de materiales), residuos peligrosos (aceites y lubricantes), etc.

FASE DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO:

- Presencia de la infraestructura de la planta de tratamiento.
- Operación y mantenimiento de planta de tratamiento: Generación de residuos tales como: lodos, aguas tratadas , residuos industriales no peligrosos (plásticos)

4.3. IDENTIFICACIÓN DE LOS EFECTOS POTENCIALES.

Son efectos potenciales aquellos que probablemente se producirían sobre el medio ambiente como consecuencia de las distintas acciones asociadas a la construcción y funcionamiento del sistema de alcantarillado sanitario.

Durante las distintas fases, se producirán los siguientes efectos sobre el medio:

Fase de construcción:

- Afectación al suelo
- Alteración en la calidad de agua
- Alteración de la calidad del aire
- Alteración de la calidad de paisaje
- Incremento y expansión de nuevas condiciones económicas
- Generación de empleos
- Generación de residuos

Fase de operación:

- Alteración en la calidad de agua
- Alteración de la calidad del aire
- Incremento y expansión de nuevas condiciones económicas
- Generación de empleos
- Generación de residuos

FASES DEL PROYECTO	MEDIO POTENCIALMENTE AFECTADO
CONSTRUCCION	Suelo, agua ,atmósfera Vegetación Fauna Medio socioeconómico Paisaje
OPERACION	atmósfera Fauna Medio socioeconómico

Cuadro 5.1. Efectos potenciales sobre el medio ambiente según la fase del proyecto

4.4. DESCRIPCIÓN DE LOS EFECTOS POTENCIALES

A continuación pasan a describirse los impactos potenciales que como consecuencia de la Construcción del Sistema de Alcantarillado Sanitario en la Colonia la Union del municipio de Santa Ana, podrían producirse sobre el medio, agrupados en función, por un lado, del elemento que es afectado, y por el otro, de la fase en la que se producen.

4.4.1. Efectos Potenciales Sobre el Suelo

La mayor parte de los efectos potenciales sobre el suelo se desarrollarán sobre la **fase de construcción**.

Los posibles efectos sobre el suelo que se han identificado son:

- Excavación y remoción del suelo
- Compactación del suelo
- Contaminación por vertidos accidentales
- Ocupación del suelo

Las excavaciones se realizarán con el cuidado necesario para evitar que se generen daños innecesarios en el terreno circundante, estas dependerán del tipo de cimentación a utilizar (tierra, mixta o roca); aunque se produciría modificación por pérdida de cierto volumen de estrato orgánico y una compactación del suelo debido al movimiento de las maquinas.

La compactación del suelo produce una disminución de la permeabilidad del suelo, dificultando la regeneración de la vegetación. Este efecto será reducido debido a la limitación de la superficie afectada.

4.4.2. Efectos potenciales Sobre el Agua

Los efectos producidos sobre el agua son debidos a los aportes que se realicen sobre la quebrada que esta descarga al río el molino, a vertidos accidentales de desechos de materiales, detergentes, combustibles, aceites, aditivos utilizados por las maquinarias. También es afectada por el aumento de sedimentos en suspensión en las aguas superficiales que son producidas por movimiento y remoción de tierra, y arrastradas por las precipitaciones.

Se producirán principalmente durante la **fase de construcción**, debido a las siguientes acciones:

- Movimiento de tierras
- Circulación de equipos pesados
- Operaciones de lavado de las maquinarias
- Transporte, carga y descarga de materiales

Estos aportes son generalmente consecuencia del arrastre de material de desecho, estratos orgánicos y vertidos, influyendo en la calidad de las aguas, por aumento, principalmente, de los sólidos en suspensión. De cualquier manera, los aportes tendrían lugar en los periodos de lluvia, cuando el caudal es mayor, actuando el cauce como autodepurador de los mismos, de manera que la afección no sería significativa. De cualquier manera, la existencia de una cubierta vegetal potente minimiza los arrastres que se puedan producir.

Los procesos por los cuales un contaminante presente en el suelo pasa a incorporarse a la red superficial de agua son ciertamente complejos, pero en el caso objeto de estudio se puede asumir que el arrastre por parte del agua superficial será la principal causa de movilización de contaminación.

La contaminación de las aguas subterráneas se produce cuando se dan simultáneamente una serie de circunstancias, o factores favorables, como la existencia de acuíferos subterráneos (superficiales o profundos), materiales o suelos con cierta permeabilidad, que puede reducirse por la compactación de los mismos, presencia o cercanía de focos contaminantes. Los procesos por los cuales la contaminación es movilizada, transportada e incorporada al sistema acuífero son múltiples y complejos, y no se pretende analizarlos en el presente proyecto.

4.4.3. Efectos potenciales sobre la atmósfera

El impacto potencial sobre la atmósfera se producirá principalmente en la **fase de operación**.

Durante la **fase de construcción**, el impacto potencial es debido al incremento de polvo en el ambiente por el movimiento de maquinarias. Este incremento de partículas en suspensión, que podría suponer un efecto negativo sobre la flora y las personas, se puede comparar con el producido por las maquinarias agrícolas en la realización de los trabajos habituales del campo, por lo que se considera prácticamente nulo si se tiene en cuenta además su carácter claramente temporal, ya que una vez finalizado el proyecto, éste no producirá ninguna contaminación por aumento de partículas en suspensión. Además, se trata de un impacto fácilmente mitigable con las medidas correctoras oportunas, consistentes en regar aquellas zonas donde interese evitar que se levante más polvo. Por todo ello se puede considerar un impacto no significativo.

4.4.4. Efectos potenciales sobre la flora

No se proyecta la tala de árboles para la construcción del proyecto ya que la red se construirá sobre zona completamente urbanizada y la planta de tratamiento

estará en un terreno libre de árboles .Por lo que se considera un impacto no significativo.

4.4.5. Efectos potenciales sobre la fauna

Al estudiar los impactos sobre la fauna hay que diferenciar claramente durante la **fase de construcción y la de operación**.

Durante la **fase de obras** hay que tener en cuenta las afecciones que se producen como consecuencia de la pérdida, fragmentación y alteración de hábitats, repercutiendo especialmente sobre la fauna terrestre. Esto por efecto de los ruidos y movimiento de maquinaria, mayor presencia humana, y otras molestias que las obras pueden ocasionar.

Durante la **fase de operación**, solamente la planta de tratamiento podría tener efectos negativos .En cualquier caso, el principal efecto potencial que podría suponer sobre la fauna será el ahuyento de la misma.

4.4.6. Efectos potenciales sobre el medio socioeconómico

A) Efectos potenciales sobre la población:

Durante la fase de construcción, la población puede verse afectada por la circulación de maquinarias pesadas, incremento de partículas en suspensión, ruidos y humos. Se trata de afecciones temporales que terminarán una vez acaben las obras.

Respecto a la población activa, se generarán empleos, principalmente durante la fase de construcción, y en menor medida en la de operación. Serán de tipo directo en la propia construcción de la red y la planta, y también indirectos en el sector servicios (alojamientos, restaurantes, comercio).

En lo que respecta a la **fase de operación**, es de prever que los puestos necesarios serán cubiertos por personal capacitado para la operación de la planta de tratamiento.

En lo referente a la magnitud del efecto de la acción, ésta puede ordenarse siguiendo una escala de niveles creciente como se describe a continuación:

Impacto positivo: Se considera un impacto positivo cuando representa beneficios técnicos-científicos o sociales, considerando el análisis de costos-beneficios.

Impacto nulo: No se manifiesta impacto sobre el medio.

Impacto no significativo: Impacto mínimo o de poca relevancia que no modifica el medio ambiente.

Impacto compatible: Impacto de poca relevancia. En el caso de impactos compatibles adversos, habrá recuperación inmediata de las condiciones originales tras el cese de la actuación. No se precisan medidas correctoras.

Impacto moderado: La recuperación de las condiciones originales requiere cierto tiempo y es aconsejable la aplicación de medidas correctoras.

Impacto severo: La magnitud del impacto exige la aplicación de medidas correctoras que minimicen o anulen su efecto. La recuperación, aún con estas prácticas, exige un período de tiempo dilatado.

Impacto crítico: La magnitud del impacto supera el umbral aceptable. Se produce una pérdida permanente de la calidad de las condiciones ambientales, sin posible recuperación de las mismas. Es poco factible la aplicación de medidas correctoras, y en su caso, son poco efectivas.

4.4.7. Identificación y Descripción de Impactos

En las matrices siguientes se presenta la identificación de impactos para la fase de construcción, y operación, en los cuales se entrecruzan las fuentes de impacto ambiental identificadas cada una de sus fases, junto con los componentes y factores ambientales susceptibles de ser impactados.

A continuación, se realiza la identificación y descripción de los impactos ambientales del proyecto.

A) FASE DE CONSTRUCCIÓN

MEDIO FÍSICO

➤ Suelo:

Impacto: Generación de procesos erosivos

Al removerse la capa del suelo en las áreas identificadas, se retira toda la protección que posee el suelo, quedando expuesto a la erosión y a la inestabilidad de taludes por caminos y en los accesos.

De manera general el **impacto** se valora como **compatible**.

Impacto: Disminución en la capacidad de infiltración del suelo/Compactación del terreno

El movimiento de equipo pesado en la fase de construcción del Proyecto provoca la compactación de los suelos, disminuyendo la porosidad y la capacidad de infiltración de los mismos; es un efecto temporal y puntual.

Indirectamente las aguas subterráneas son afectadas al no darse la percolación a la velocidad natural, disminuyendo así la capacidad de almacenamiento y transmisión del flujo en el medio poroso.

La compactación y capacidad de infiltración del suelo es valorado como **impacto moderado**.

➤ Calidad del aire

Impacto: Generación de emisiones de partículas y gases

Este impacto se relaciona con la modificación que se producirá en la calidad del aire, principalmente por el levantamiento de polvo y aumento de gases de

maquinarias que se originará a partir de las obras y acciones del proyecto que involucran movimientos de tierra y excavaciones.

Al respecto se deben tomar medidas correctoras como: humectación de caminos, control de emisiones de motores, lo que implica que este **impacto** sea **moderado**, no siendo significativo sobre la salud de las personas del entorno donde se sitúa el proyecto.

➤ **Hidrología e Hidrogeología**

Impacto: Alteración de hidrología superficial

La alteración de la quebrada será en toda la construcción de la planta de tratamiento, muy puntual, y será debido fundamentalmente a la terracería. El **impacto** por lo tanto es **moderado**.

➤ **Ruido**

Impacto: Aumento de emisiones acústicas

Durante esta fase aumentarán los niveles de ruido producto de la ejecución de actividades tales como: ubicación de instalaciones auxiliares, excavaciones, montaje de estructuras, operación de maquinarias y equipo.

Por lo tanto es un **impacto compatible** para el entorno.

➤ **Calidad de agua**

Impacto: Variación de la calidad de las aguas superficiales

Este impacto se produce por los movimientos y remoción de tierra durante la construcción de la red, terracería, y el movimiento del equipo pesado. El aumento de sedimentos en suspensión en las aguas superficiales se da cuando ocurre la precipitación y el consiguiente arrastre de los mismos a los drenajes principales y secundarios.

Se definirán medidas preventivas encaminadas a minimizar el impacto que se puede producir sobre la calidad de las aguas por efecto del aumento de la

concentración de sólidos en suspensión o vertidos accidentales. **Impacto compatible.**

Impacto: Contaminación de las aguas subterráneas

La contaminación de las aguas subterráneas se produce por el posible derrame de aceites y combustibles del equipo pesado utilizado durante la fase de construcción así como durante la deposición de los desechos producidos en esta etapa. Se valora como **impacto moderado.**

MEDIO BIÓTICO:

➔ Vegetación y flora

Impacto: Fragmentación de ecosistemas y eliminación de cubierta vegetal.

El impacto identificado se va a manifestar en la zona de construcción de la planta de tratamiento.

Este impacto corresponde a los cambios o alteraciones en la fisonomía vegetal, debido a la disminución y pérdida de la cobertura, producto de actividades tales como ubicación de instalaciones auxiliares, roce y despeje del área de la planta de tratamiento, habilitación de caminos de acceso, excavaciones y, principalmente, por la tala y desmoche de arbustos.

En términos generales, este impacto se ha evaluado como negativo, debido a que las actividades propuestas implican una pérdida y modificación de las características originales de las asociaciones vegetales, en cuanto a fragmentación de las comunidades vegetales, pérdida de la cobertura vegetal, pérdida de la diversidad vegetal.

Los **impactos** ambientales más significativos, todos ellos clasificados como **moderados**, ocurren durante las actividades de construcción de, la planta de tratamiento.

➔ Fauna

Impacto: Disminución de las especies terrestres y desplazamiento de individuos

El impacto ocurre debido a que las actividades propias de construcción, demandan la tala de vegetación y movilización de maquinarias y equipos, lo cual afectará la estabilidad ecológica de la zona, provocando que las especies, principalmente, de locomoción rápida se desplacen a zonas más tranquilas. En adición, se pueden suscitar casos de atropellos y accidentes a especies que no puedan desplazarse con suficiente velocidad (animales pequeños de poca locomoción).

Esta acción afectará la frecuencia y riqueza de especies animales. También existirá una repercusión directa sobre los hábitos faunísticos, ya que se afectarán las madrigueras y nidos de animales. No se prevén afecciones significativas asociadas a la reducción del área de alimentación de la fauna, así como tampoco la disminución de número de animales debido a la destrucción de refugios y nidos. Las alteraciones de los hábitats pueden considerarse mínimas por la relación cuantitativa existente entre superficie afectada y las formaciones existentes. El **impacto** se considera **moderado**.

Impacto: Alteración del hábitat y perturbación de la fauna

Las actividades de aperturas de caminos de acceso, excavaciones y construcción en general, provoca en el área del proyecto movimiento de personal, materiales y maquinarias las cuales disminuye e invade, a veces de forma permanente, el espacio o hábitat de las especies propias del área. En otras ocasiones no desplaza al animal, sin embargo, altera o perturba sus actividades cotidianas obligando a éstos a moverse, temporalmente hacia otros sectores más tranquilos y seguros.

Este **impacto** se considera de intensidad alta, sin embargo mitigable por lo que es valorado como **moderado**.

MEDIO PERCEPTUAL:

➤ Paisaje:

Impacto: Alteración de la calidad visual

Las actividades que potencialmente provocarían el impacto sobre el componente paisaje corresponden a las excavaciones en el área urbana para la red de tuberías, tala de vegetación así como a la tala y desbroce de la vegetación.

Las alteraciones del paisaje serán producidas principalmente por la pérdida temporal de atributos paisajísticos del área en particular en lo referente a calidad de la fragilidad visual.

Las modificaciones visuales durante esta fase, dadas las características del Proyecto, provocarán un efecto paisajístico poco significativo. Esto en consideración de las dimensiones y características visuales de las estructuras de la fase de construcción.

De acuerdo a lo anterior, este **impacto** se ha calificado como negativo, **moderado**.

MEDIO SOCIOECONÓMICO Y CULTURAL

Medio Socio cultural

➤ Calidad de vida

Impacto: Molestias y cambios en la calidad de vida de la población

Durante la fase de construcción, las actividades asociadas a movimientos de tierra, tránsito de maquinarias, transporte y acopio de materiales, generación y disposición de residuos líquidos y sólidos, podrían generar molestias en la población residente en las cercanías del trazado de la red de tuberías.

Las actividades de construcción de la planta de tratamiento, las molestias hacia la población estarán asociadas principalmente a las emisiones acústicas y de

polvo asociadas al transporte de maquinaria y personal que laborará en la construcción de dicha planta. **Impacto compatible.**

➤ **Infraestructura y servicios**

Impacto: Efecto sobre la infraestructura local

El mayor daño que se producirá es el rompimiento de las calles que tienen una capa de rodamiento conformada. Dichas molestias y afectaciones a las infraestructuras existentes serán temporales y se considera un **impacto moderado.**

Medio Económico

➤ **Socioeconomía y nivel de empleo**

Impacto: Incremento de empleo

Durante la fase de construcción del proyecto, la actividad asociada a la contratación de mano de obra, podría generar un impacto sobre los niveles de empleo de la población residente en el área de influencia del Proyecto. Este **impacto** se ha considerado **positivo**, de intensidad alta, pero de de corto plazo.

B) FASE DE OPERACIÓN

MEDIO FÍSICO

➤ **Suelo**

Impacto: **Impacto nulo.**

➤ **Calidad del aire**

Impacto: Alteración de la calidad del aire

Este impacto se genera de manera negativa con la operación de la planta de tratamiento al generarse olores medianamente desagradables y de manera positiva con la red de alcantarillado al eliminar los malos olores de las calles.

Aunque en la planta los malos olores se pueden eliminar creando un filtro biológico de árboles, reduciéndolos casi a cero. Por lo que el impacto es **compatible**.

➔ **Hidrología e Hidrogeología**

Impacto: **Impacto nulo**

➔ **Geología y Geomorfología**

Impacto: **Impacto nulo**

➔ **Ruido**

Impacto: **Impacto nulo**

➔ **Calidad del agua**

Impacto: Variación en la calidad de las aguas subterráneas y superficiales.

Con la existencia del sistema de alcantarillado se evita que los residuos humanos se depositen en fosas y contaminen irremediablemente las aguas superficiales y subterráneas. **El impacto es positivo**

Medio Biótico:

➔ **Vegetación:**

Impacto: Recuperación de ecosistemas

Debido a las actividades de compensación ambiental como lo es el reforestado del perímetro de la planta se generara una recuperación paulatina del ecosistema de la zona. lo que permitirá la aparición de especies que podrán residir en el área. El **impacto** en esta fase del proyecto es mucho menor que en la de construcción, y se considera **compatible**.

➔ **Fauna:**

Impacto: Disminución de área de reproducción de especies

El hecho de que donde había suelo se convertirá en concreto afectara el hábitat natural de las especies en el lugar de construcción de la planta dejándolos expuestos y con mayor acceso a depredadores. De igual forma, se ve perturbado

el ambiente de las especies que allí habitan por el paso de operadores y maquinarias de mantenimiento.

Este **impacto** es considerado como **moderado**.

Impacto: Alteración de hábitat

Este impacto consiste en la alteración de las áreas donde pueden anidar algunas aves, que utilizan pequeños arbustos y vegetación herbácea para construir sus nidos, como: codorniz crestada, tortolita rojiza y tórtola aliblanca.

Este **impacto** se ha valorado entre **moderado**, ya que periódicamente se estará afectando las posibles áreas de edificación. Se prevé que este impacto se manifieste a lo largo de la servidumbre del proyecto, especialmente durante la fase de operación.

Impacto: Disminución o desplazamiento de especies terrestres.

La presencia periódica de personal de mantenimiento traerá como consecuencia la emigración de las comunidades faunísticas que habitan en los alrededores de la servidumbre que se vean expuestas y amenazadas por esta presencia a otras zonas más tranquilas; razón por la cual se verá disminuida la cantidad de especies terrestres. Esta disminución de especies es en la mayoría de los casos es mínima y de forma temporal. Estos **impactos** son considerados como **moderado** con el Proyecto.

Medio Perceptual:

➔ **Paisaje**

Impacto: Eliminación de descargas de agua a la vía pública

Se mejora la percepción de la ciudad y su potencial paisajístico además se inserta a la modernidad. Por lo tanto el impacto es **positivo**.

MEDIO SOCIOECONÓMICO Y CULTURAL

Medio Socio cultural:

➔ **Calidad de vida**

Impacto: Mejoras y cambios de la calidad de vida de la población

Durante la operación del sistema de alcantarillado sanitario las condiciones de vida de la población mejorarían en cuanto a mejores condiciones de salud, y un sistema mas adecuado para la disposición de las aguas residuales. Este **impacto** se considera **positivo**, de carácter permanente.

➔ **Infraestructura**

Impacto: Efectos sobre infraestructura local

Se considera un **impacto positivo** permanente, ya que permitirá la disposición adecuada de aguas residuales, la protección del medio ambiente y el cumplimiento de la Ley del Medio Ambiente .Se tiene un **impacto positivo**.

➔ **Patrón de uso de suelo**

Impacto: Cambio en el valor comercial de la tierra

Valoración económica de las tierras de toda el área urbana al aumentar su plusvalía por el apareamiento de nuevos servicios de salubridad al poder convertirse en zonas de riego controladas. El **impacto** producido es considerado como **positivo**.

Medio Económico

➔ **Socioeconomía y nivel de empleo**

Impacto: Incremento de empleo y cambio en las condiciones socioeconómicas

Durante la fase de operación, para las actividades de mantenimiento de la planta de tratamiento la actividad asociada a la contratación de mano de obra, podría generar un impacto sobre los niveles de empleo de la población residente

en el área de influencia del proyecto. Este **impacto** se ha considerado **positivo**, pero de intensidad baja y de largo plazo.

A continuación se presenta en cuadro 4.2 : Matriz de identificación de Impactos Ambientales en la fase de construcción, en el cuadro 4,3 : Matriz de identificación de Impactos Ambientales en la fase de operación y en el cuadro 4,4 : la MATRIZ DE LEOPOLD generalizada.

Cuadro 4.2 : Matriz de identificación de Impactos Ambientales en la fase de construcción.

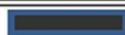
		ETAPA DE CONSTRUCCION								
COMPONENTES	ACTIVIDADES								IMPACTOS	
	Instalaciones auxiliares	Contratación de mano de obra	Desmonte y despeje	Movimiento de tierras	Excavaciones	Construcción de estructuras	Disposición de exceso de suelo	Tala y desbroce		Generación de residuos de obra
MEDIO FISICO										
MEDIO INERTE										
Suelo										Generación de procesos erosivos
										disminución de la capacidad de infiltración del suelo
										Compactación del suelo
Aire										Generación de emisiones de material particulado y gases
Hidrología e hidrogeología										Alteración de la hidrología superficial
										Disminución de la tasa de recarga acuífera
Ruido										Aumento de emisiones acústicas
Calidad de aguas										Variación en calidad de aguas subterráneas
										Variación en calidad de aguas superficiales
MEDIO BIOTICO										
Flora y vegetación										Eliminación de la cubierta vegetal
										Fragmentación de ecosistemas
Fauna										Desplazamiento de especies
										Alteración y perturbación del hábitat para la fauna
MEDIO PERCEPTUAL										
Paisaje y Estética										Alteración de la calidad visual
MEDIO SOCIOECONOMICO Y CULTURAL										
MEDIO SOCIO CULTURAL										
Calidad de vida										Mejoras y cambios de la calidad de vida de la población
Infraestructura										Efectos sobre infraestructura local
Servicios										Dotación de servicios de salubridad
Patrón de uso de suelo										Cambios en el patrón de usos de suelos
MEDIO ECONOMICO										
Socioeconomía y nivel de empleo										Aumento del nivel de empleo
										Migración de la población

■ Impactos negativos

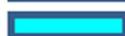
■ Impactos positivos

Cuadro 4,3 : Matriz de identificación de Impactos Ambientales en la fase de operación .

ETAPA DE OPERACION					
COMPONENTES	ACTIVIDADES				IMPACTOS
	Presencia de red de alcantarillado	Presencia de planta de tratamiento	Mantenimiento de red de A. N.	Operación de planta de tratamiento	
MEDIO FISICO					
MEDIO INERTE					
Suelo					N / I
Aire					Generación de emisiones de gases
Hidrología e hidrogeología					N / I
					N / I
Ruido					N / I
Calidad de aguas					Variación en calidad de aguas subterráneas
					Variación en calidad de aguas superficiales
MEDIO BIOTICO					
Flora y vegetación					Recuperación de ecosistemas
Fauna					Disminución de área de reproducción de especies
					Alteración del habitat
MEDIO PERCEPTUAL					
Paisaje y Estética					Eliminación de descargas de agua a la vía publica
MEDIO SOCIOECONOMICO Y CULTURAL					
MEDIO SOCIO CULTURAL					
Calidad de vida					Mejoras y cambios de la calidad de vida de la población
Infraestructura					Efectos sobre infraestructura local
Servicios					Dotación de servicios de salubridad
Patrón de uso de suelo					Cambios en el patrón de usos de suelos
Valor de la tierra					Cambio en el valor comercial de la tierra
MEDIO ECONOMICO					
Socio economía y nivel de empleo					Cambio en las condiciones socioeconómicas
					Migración de la población



Impactos negativos



Impactos positivos

N/I

No se identifican impactos

Cuadro 4,4 : MATRIZ DE LEOPOLD

PROYECTO: EVALUACION DE IMPACTO AMBIENTAL DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLANTA DE TRATAMIENTO EN COLONIA LA UNION, SANTA ANA			Instalaciones auxiliares	Contratación de mano de obra	Desmonte y despeje	Movimiento de tierras	Excavaciones	Construcción de estructuras	Disposición de exceso de suelo	Tala y desbroce	Generación de residuos de obra	Presencia de red de alcantarillado	Presencia de planta de tratamiento	Mantenimiento de red de A . N .	Operación de planta de tratamiento	
ELEMENTOS AFECTADOS	Medio Físico	Medio inerte	Suelo													
			Aire													
			Hidrología e hidrogeología													
			Ruido													
			Calidad de aguas													
		Medio biótico	Flora y vegetación													
			Fauna													
		Medio perceptual	Paisaje y estética													
		Medio socioeconómico y cultural	Medio sociocultural	Calidad de vida												
	Infraestructura															
	Servicios															
	Patrón de uso de suelo															
	Valor de la tierra															
	Medio económico		Socio economía y nivel de empleo													

CONCLUSIONES

1. Las enfermedades que más predominan en la Colonia la Union del municipio de Santa Ana, son las diarreicas y el parasitismo intestinal.
2. La construcción del Alcantarillado Sanitario y planta de tratamiento beneficiará a la población de la Colona la Union directamente e indirectamente a sus alrededores ya que les permitirá tener un método adecuado de disposición de sus aguas residuales, así como la sustitución de las letrinas de hoyo seco por letrinas de cierre hidráulico.
3. La realización del proyecto del sistema de alcantarillado es urgente para mejorar las condiciones ambientales y sanitarias, ya que además de la disminución de los índices de enfermedades gastro- intestinales y el alto grado de contaminación de los recursos hídricos; también se estaría contribuyendo a mejorar las calidad de vida de los habitantes de la colonia
4. La topografía de la Colonia la Union , es adecuada para la implementación de este proyecto, ya que puede encausarse toda el agua residual por gravedad.
5. La fotocatalisis heterogénea es uno de los procesos de oxidación avanzada con mayor eficacia en la degradación de contaminantes orgánicos disueltos en las muestras de agua residual de tipo domestico obteniendo la mineralización completa de los contaminantes disueltos debido a la foto oxidación provocada por los radicales oxidrilos.

6. El pH es un factor determinante para la eficiencia de los procesos fotocatalíticos, reportando en términos generales mayores rendimientos a pH ácido; es decir, que la degradación fotocatalítica es más efectiva a pH entre un rango de 5.5 y 6.5; ya que a un menor pH el ZnO se disuelve en la muestra de agua analizada, y a un pH mayor la reacción es demasiado lenta.
7. Con el estudio cinético aplicado a la muestra de agua residual de tipo domestico se pudo observar la fotodegradarse la cual se utilizó para estimar el tiempo de residencia total de acuerdo con la ley cinética en las muestras de agua residual en estudio, obteniendo como resultado un tiempo de .23 minutos, estimando que al dejar bajo radiación ultravioleta visible, la suspensión con ZnO las muestras de agua residual de tipo domestico , se han destruido un 80% de los contaminantes orgánicos disueltos en ellas, comprobando que la fotocatalisis es efectiva para tratar muestras complejas de contaminantes.
8. Con el tratamiento Fotocatalítico y un tiempo de irradiación de 23 minutos determinado por medio del cálculo matemático experimental, pero por margen de seguridad se estableció el tiempo de residencia de 35min, en ese tiempo se logró la disminución de los contaminantes hasta un 20% del límite máximo permisible por la Norma Salvadoreña Obligatoria NSO 13.49.01:09

RECOMENDACIONES.

1. Se recomienda a la Comunidad de la Unión través de su Directiva, buscar en forma inmediata el financiamiento con entidades Gubernamentales y no Gubernamentales para la realización del proyecto, ya que la necesidad de su ejecución es importantísima para el desarrollo económico y social de sus pobladores, porque con esto estarían mejorando la calidad de vida de sus habitantes.
2. ♦ Que la Alcaldía en conjunto con la Unidad de Salud realicen campañas informativas en materia de Saneamiento Ambiental, para que la población conozca los múltiples beneficios que alcanzarían al implementar la propuesta que se plantea en este documento.
3. Se recomienda utilizar la fotocatalisis Heterogénea como una alternativa de tratamiento para agua residual de tipo domestico en las comunidades por ser auto sostenible y con el objetivo de obtener un estatus de calidad, que respalden así la responsabilidad social y el respeto a las regulaciones ambientales
4. Esta tecnología avanzada de oxidación podría convertirse en una solución a largo plazo para el tratamiento de aguas residuales de tipo domestico y solución del problema de escasez del recurso hídrico para consumo

humano, utilizando la fotocatalisis como una herramienta futura de potabilización de agua

5. En un principio los seres humanos jamás imaginaron tener la necesidad de potabilizar el agua residual o agua de mar para abastecer la demanda de agua para consumo humano; sin embargo hoy en día se hace uso de esta técnica para solucionar este problema, de igual forma esta técnica podría ser la pauta para que a largo plazo permita potabilizar agua. Por lo que se recomienda profundizar los estudios tomando en cuenta la mayoría de parámetros de la norma para agua potable.

BILIOGRAFIA

LIBROS:

- ❖ TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES , R.S Ramalho
Faculty of Science and Engineering
Laval University, Quebec, Canada

- ❖ Alfano, O. y otros. 2001. Eliminación de contaminantes por fotocátalisis heterogénea. Programa Iberoamericano para el Desarrollo de Ciencia y Tecnología (CYTED). La Plata, Ar. Ed. M. Blesa.

- ❖ Tratamiento y Depuración de las Aguas residuales.
Metcalf & Eddy, editorial labor S. A. Barcelona,
Tercera edición.

- ❖ Mecánica de fluidos
Streeter / Wylie.

- ❖ Hidráulica
Samuel Trueba Coronel, editorial continental
Séptima edición.

❖ PURIFICACIÓN DE AGUAS POR FOTOCATÁLISIS HETEROGÉNEA:

ESTADO DEL ARTE, J

Ulían Blanco Gálvez, Sixto Malato Rodríguez, Claudio A. Estrada Gasca,
Erick R. Bandala, Silvia Gelover y Teresa Leal

TESIS:

❖ Diseño de Alcantarillado de Aguas Negras de la Ciudad de la Unión,

Ayala Guerrero, Luís

Año 1999, UES

NORMATIVAS:

❖ Normas Técnicas Para Proyectos de Alcantarillados de ANDA,

Año 1997.

❖ Reglamento Especial de Aguas Residuales de la República de El Salvador,

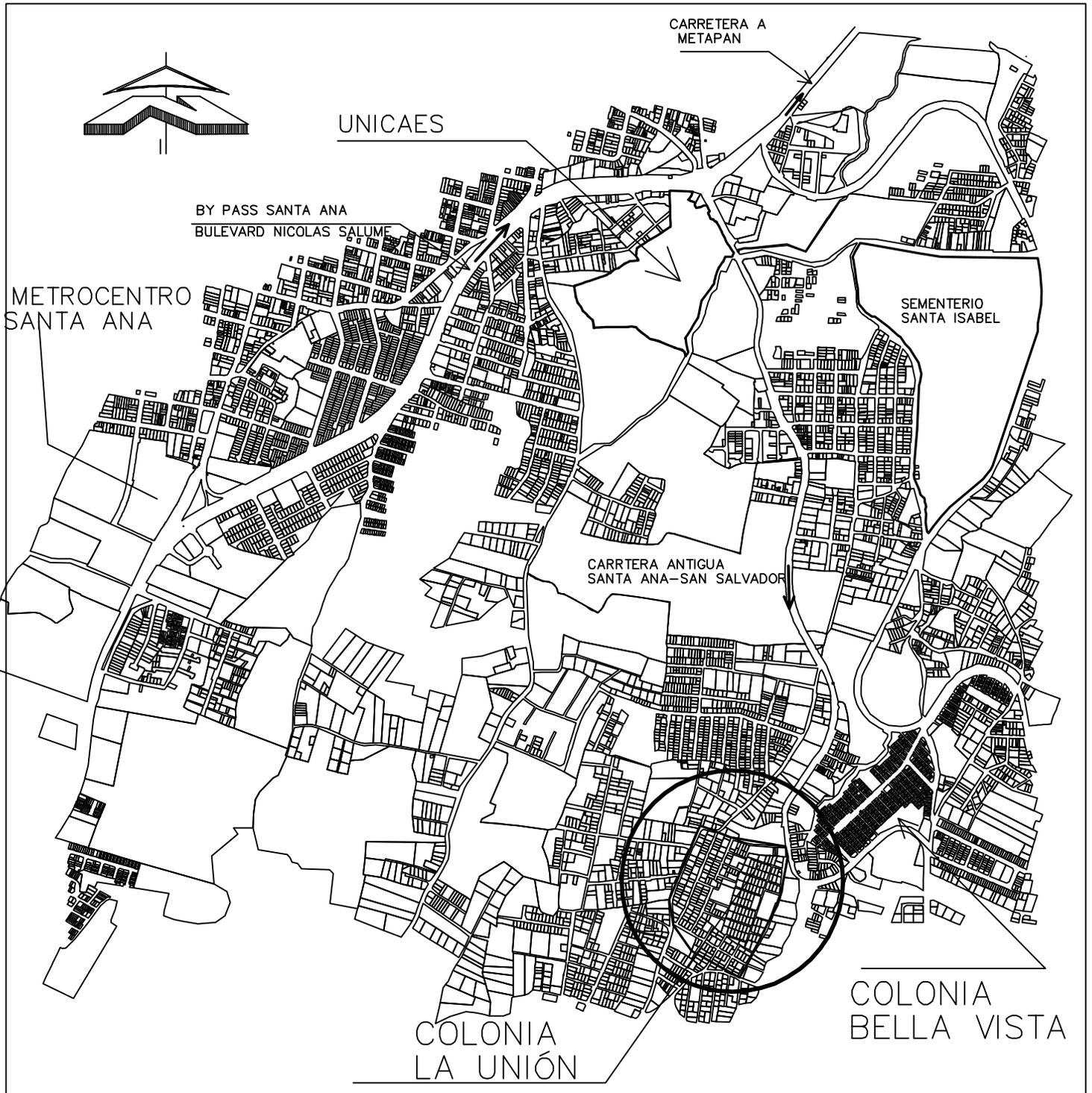
Año 2009

❖ Norma Salvadoreña Obligatoria para Aguas Residuales Descargadas a un

Cuerpo Receptor. NSO 13.49.01:09, Editada por el Consejo Nacional de
Ciencia y Tecnología, CONACYT (aprobada)

ANEXOS

ANEXO N°1



ESQUEMA DE UBICACIÓN SIN ESCALA

ANEXO Nº 1	PROYECTO= DISEÑO DE RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN COLONIA LA UNION, SANTA ANA	
	PROPIETARIO= ALCALDIA MUNICIPAL DE SANTA ANA	UNIVESIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE
	UBICACION= COLONIA LA UNION, CANTON PRIMAVERA, SANTA ANA DEPARTAMENTO DE SANTA ANA.	PRESENTA= ALAS CASTRO, JOSE AGUSTIN GUERRA BRIZUELA, DAVID DE JESUS
ESC. LAS INDICADAS	AGOSTO 2009	

ANEXO N°2

Anexo2: NORMAS TÉCNICAS PARA PROYECTOS DE ALCANTARILLADOS

a) Alcance del Proyecto.

Periodo mínimo deseable de diseño: 20 años

b) Magnitud y Distribución de la Población Futura.

Necesaria para el diseño de la red, se estima con base datos catastrales y planes de desarrollo urbano con una densidad media de 5 a 6 personas / vivienda

c) Población de Diseño.

Sera igual, según sea el caso, al 100% de la población futura o un porcentaje menor, determinado por limitaciones de orden físico o legal que restrinjan el desarrollo de aéreas de la ciudad y de sus habitantes.

d) Caudal de Diseño: Capacidad de las Tuberías

El caudal de diseño será igual al 80% del consumo máximo horario correspondiente al final del periodo de diseño mas una infiltración potencial a lo largo de la tubería de 0.20 lts./seg./ha. Para tubería de cemento y 0.10 lts./seg./ha. La capacidad de la tubería será igual al caudal de diseño multiplicado por un factor, el cual dependerá de la magnitud de variaciones de caudal así:

COLECTOR	FACTOR	COLECTOR	FACTOR
8" \varnothing <math>< 12''</math>	2.00	36"	1.40
15"	1.80	42"	1.35
18"	1.60	48"	1.30
24"	1.50	Interceptores o emisarios	1.20
30"	1.45		

e) Cálculos Hidráulicos.

Se usará la fórmula de Chezy - Manning $V = (R^{2/3} S^{1/2}) / n$ Considerando el diámetro interno efectivo de la tubería.

Donde: R=radio interno de la tubería.

S= pendiente de la tubería.

N = coeficiente de rugosidad

El coeficiente de rugosidad será de 0.015 para colectores de cemento – arena o concreto y de 0.011 para PVC.

f) Límites de Velocidad a tubo lleno.

En colectores primarios y secundarios:

V mínima real = 0.50 m/seg. a caudal de diseño durante el primer año de funcionamiento. En colectores de urbanizaciones prevalecerá el criterio mínimo diámetro pendiente.

Velocidad máxima con el caudal de diseño:

TUBERIAS	V MAX.
PVC	5.0 m/s
Hierro	4.0 m/s
Tubería de concreto	3.0 m/s

g) Diámetro Mínimo de Tuberías.

Colectores pasajes peatonales (vivienda mínima)

PVC Ø = 6" si longitud >100 mts.

Acometidas domiciliarias Ø= 6"

Colectores terciarios Ø= 8" (cemento o PVC)

h) Pendiente Mínima.

La pendiente mínima: 1 % en los tramos iniciales.

0.5% en los otros tramos. Para PVC

i) Clase de Sistema y Trazo de Red.

El alcantarillado de la red será de la clase "separado absoluto de las aguas lluvias".

El trazo y configuración de la red (ortogonal, con interceptores, etc) será una resultante del

Aprovechamiento optimizado de las condiciones topográficas e hidrológicas.

j) Materiales y Secciones de Tubería.

Se usaran tuberías de PVC, cemento-arena, concreto simple, concreto reforzado o hierro fundido dúctil, de sección circular. Para interceptores o emisarios se podrían usar canales de diferente forma.

k) Profundidad de los Colectores.

En los tramos de conexión domiciliar, los límites de profundidad de las tuberías en las

Zanjas, para protección contra las variaciones de carga viva e impacto será de 1.20 a 3.00 mt

de relleno sobre la corona de la tubería.

Si el espesor del relleno es menor de 1.20 m habrá que proteger la tubería con losetas de hormigón armado sobre muros laterales de mampostería; a profundidades mayores de 3.0 m se diseñaran colectores superficiales paralelos para conectar las acometidas domiciliarias.

l) Ubicación de tuberías de agua potable y aguas negras.

Con el fin de evitar contaminación del agua potable, se tendrá que respetar la separación entre los sistemas de abastecimiento de agua y los de alcantarillado de aguas negras así: en planimetría, las alcantarillas de aguas negras al lado opuesto de las tuberías de acueductos, es decir, al sur en las calles y al poniente en las avenidas, a 1.5 del cordón (0.6 m en pasaje peatonal). En los cruces horizontales de tubería de agua potable y aguas negras la red de alcantarillado se proyectará de manera que todos los colectores queden debajo de los acueductos con una separación mínima libre de 20 cms. Las zanjas de alcantarillado no podrán utilizarse para asentar tuberías de aguas lluvias, de aguas potables, o ductos telefónicos.

m) Características Hidráulicas de la Red.

Cada tramo de colector deberá presentar las especificaciones siguientes: material de tubería, longitud, diámetro, pendiente, caudal de diseño a a sección

llena, velocidad de diño a caudal lleno, niveles de cama hidráulica. Datos sobre el caudal real y la velocidad real del flujo podrán ser adicionados.

n) Pozos de Visita.

Deberían permitir sin riesgos ocupacionales y con la mínima interferencia hidráulica, fácil acceso para observación y mantenimiento del alcantarillado. En tramos rectos la distancia entre pozos de visita no excederá 100 mt si $\varnothing < a 24''$.

o) Cajas de inspección.

Si la cama hidráulica del pozo se encuentra a una profundidad mayor de 1.40m se construirá un pozo de diámetro interno = 1.0 m. Si la profundidad es menor, se construirá una caja de 1.00 x 1.00 x h. m. , según modelos de ANDA.

p) Pozos de Visita con Caja Sostén.

Si la tubería entrante alcanza el pozo de visita a mas de un metro, sobre el nivel del fondo se construirá un pozo con caja de sostén. La caída no excederá de 4.00 mts hasta 7.50 mt. Se usaran cajas dobles. Las cajas de sostén se construirán según modelos de ANDA.

q) Aliviadores.

Los pozos de visita de colectores principales, paralelos a quebradas o arenales, tendrán aliviaderos de rebose para atender obstrucciones o reparaciones aguas abajo.

r) Anchos de zanja.

El ancho en el fondo será igual al diámetro externo de la campana de la tubería mas 20cm a cada lado, para permitir la colocación adecuada de la tubería.

s) Conexiones domiciliarias.

Se construirán de acuerdo a planos tipo ANDA. Las conexiones domiciliarias no se conectarán a pozos de visita ni a colectores cuya profundidad exceda de 3mts.

ANEXO N°3

ANEXO
3-1

PROYECTO-- DISEÑO DE RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLANTA DE TRATAMIENTO EN COLONIA LA UNION, SANTA ANA

PROPIETARIO-- ALCALDIA MUNICIPAL DE SANTA ANA

UBICACION-- COLONIA LA UNION, CANTON PRIMAVERA, SANTA ANA DEPARTAMENTO DE SANTA ANA.

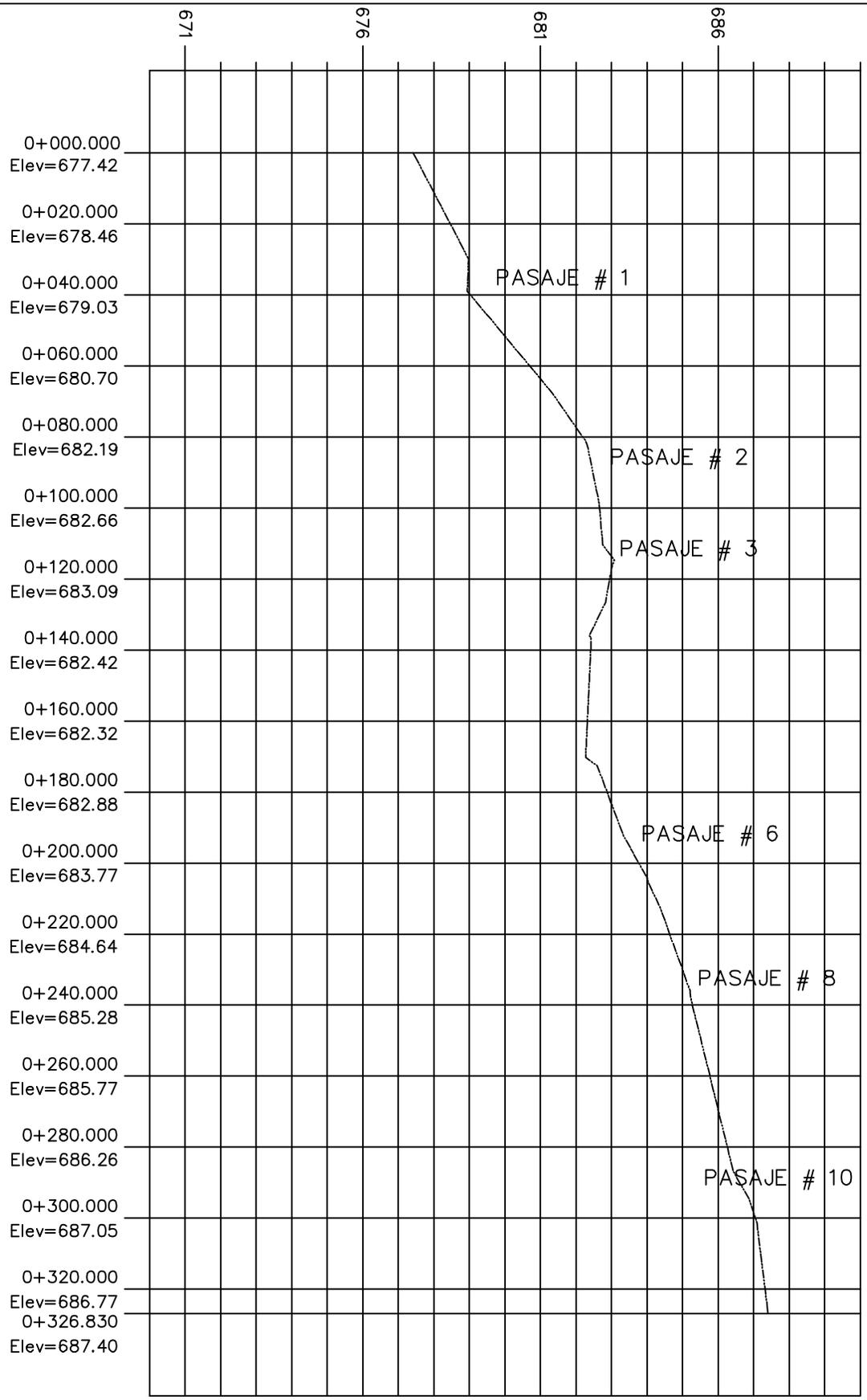
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE

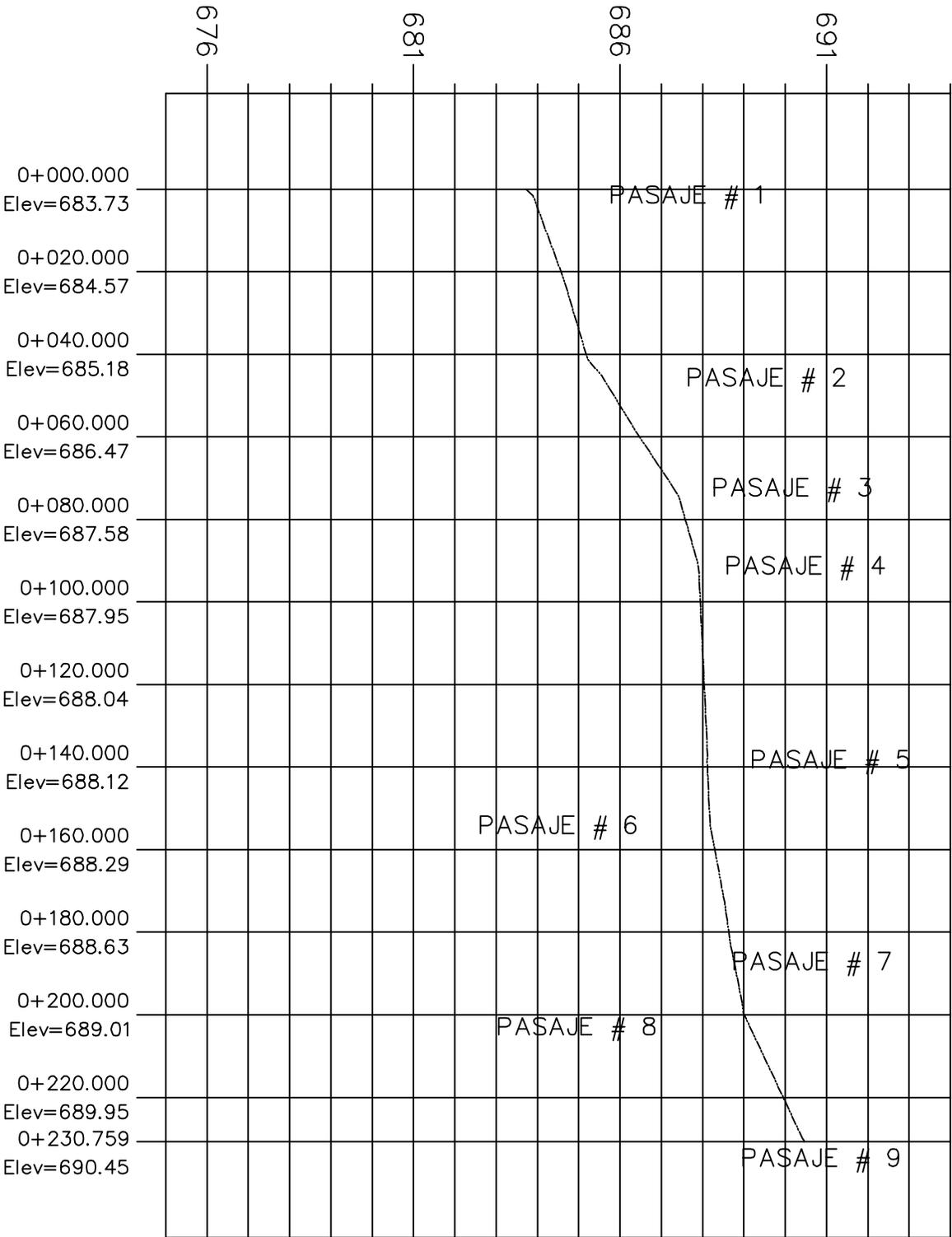
ESC. LAS INDICADAS JULIO 2009

PRESENTA-- ALAS CASTRO, JOSE AGUSTIN GUERRA BRIZUELA, DAVID DE JESUS

PERFIL
AVENIDA PRINCIPAL

ESCALA HORIZONTAL 1 : 1700
ESCALA VERTICAL 1 : 170





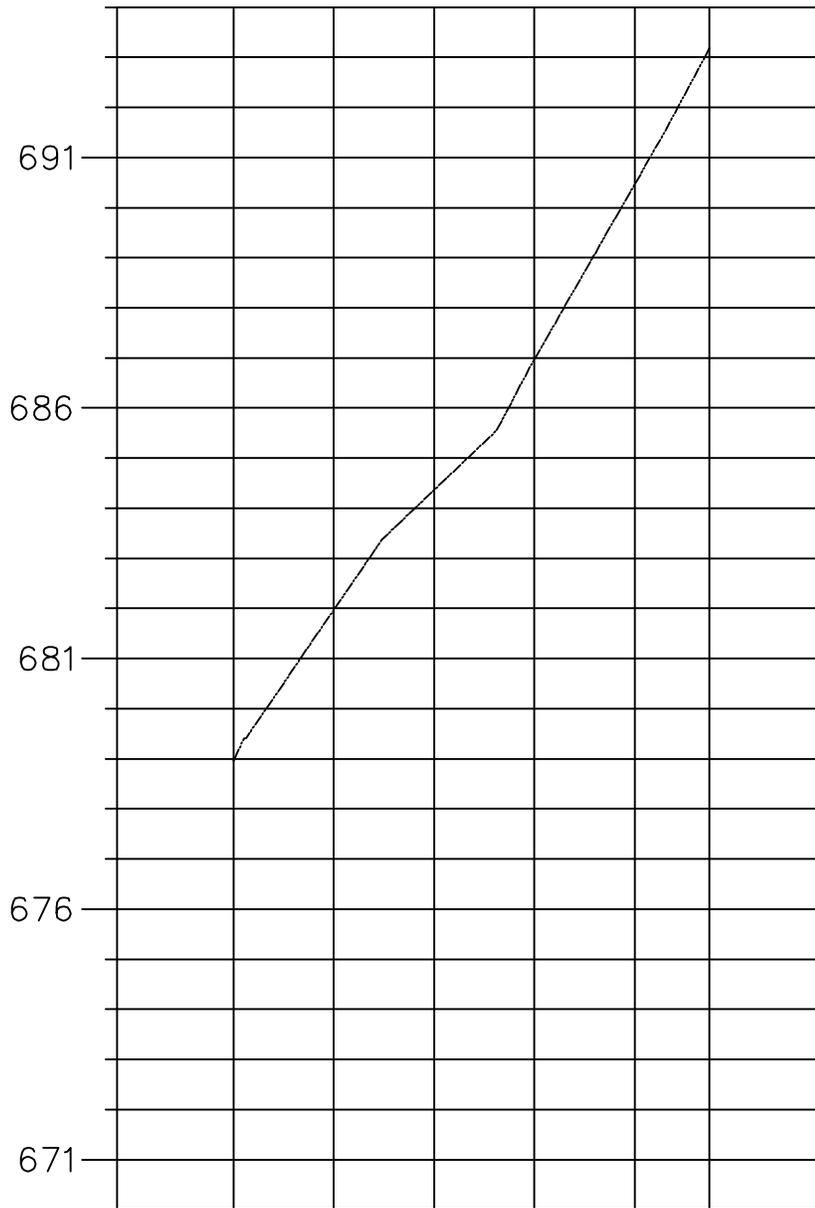
ESCALA HORIZONTAL 1 : 1500
 ESCALA VERTICAL 1 : 150

PERFIL
 AVENIDA SECUNDARIA

ANEXO
DISEÑO DE RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO
Y PLANTA DE TRATAMIENTO EN COLONIA LA UNION, SANTA ANA

PROYECTO -
 PROPIETARIO - ALCALDIA MUNICIPAL DE SANTA ANA
 UBICACION - COLONIA LA UNION, CANTON PRIMAVERA, SANTA ANA
 DEPARTAMENTO DE SANTA ANA.

ESQ. LAS INDICADAS
 JULIO 2008
 PRESENTA - ALAS CASTRO, JOSE AGUSTIN
 GUERRA BRIZUELA, DAVID DE JESUS



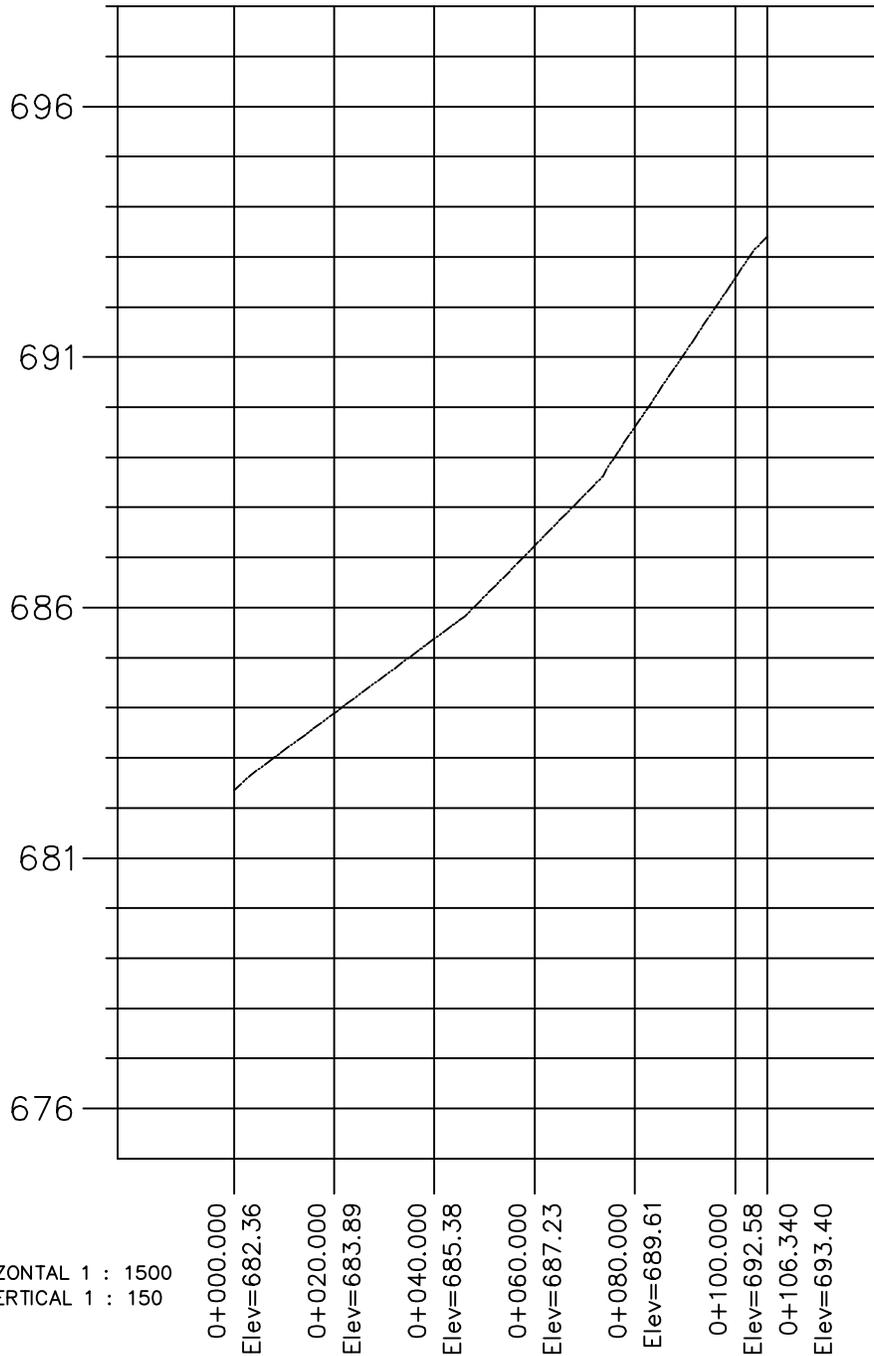
ESCALA HORIZONTAL 1:1500
 ESCALA VERTICAL 1:150

0+000.000 Elev=678.95
 0+020.000 Elev=681.97
 0+040.000 Elev=684.36
 0+060.000 Elev=686.97
 0+080.000 Elev=690.46
 0+094.900 Elev=693.18

PERFIL PASAJE # 1

ANEXO
3.3

PROYECTO= DISEÑO DE RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLANTA DE TRATAMIENTO EN COLONIA LA UNION, SANTA ANA	
PROPIETARIO= ALCALDIA MUNICIPAL DE SANTA ANA	
UBICACION= COLONIA LA UNION, CANTON PRIMAVERA, SANTA ANA DEPARTAMENTO DE SANTA ANA.	
ESC. LAS INDICADAS	JULIO 2009
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE	
PRESENTA= ALAS CASTRO, JOSE AGUSTIN GUERRA BRIZUELA, DAVID DE JESUS	

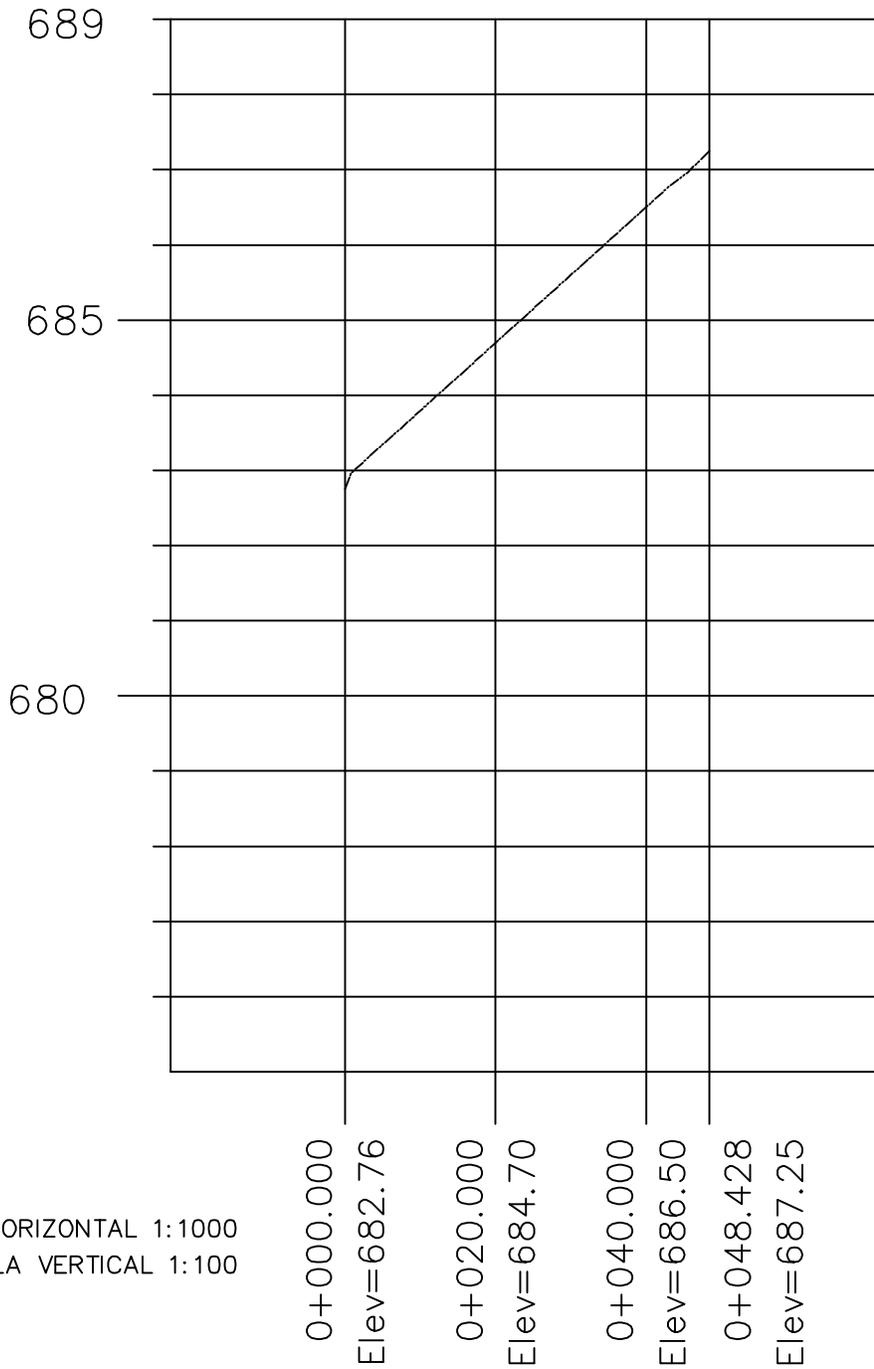


ESCALA HORIZONTAL 1 : 1500
 ESCALA VERTICAL 1 : 150

PERFIL PASAJE #2

ANEXO
3.4

PROYECTO- DISEÑO DE RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLANTA DE TRATAMIENTO EN COLONIA LA UNION, SANTA ANA		UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE
PROPIETARIO- ALCALDIA MUNICIPAL DE SANTA ANA		
UBICACION- COLONIA LA UNION, CANTON PRIMAVERA, SANTA ANA DEPARTAMENTO DE SANTA ANA.		PRESENTA- ALAS CASTRO, JOSE AGUSTIN GUERRA BRIZUELA, DAVID DE JESUS
ESC. LAS INDICADAS	JULIO 2009	



ESCALA HORIZONTAL 1:1000
 ESCALA VERTICAL 1:100

PERFIL PASAJE #3

ANEXO
3.5

PROYECTO- **DISEÑO DE RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLANTA DE TRATAMIENTO EN COLONIA LA UNION, SANTA ANA**

PROPIETARIO- ALCALDIA MUNICIPAL DE SANTA ANA

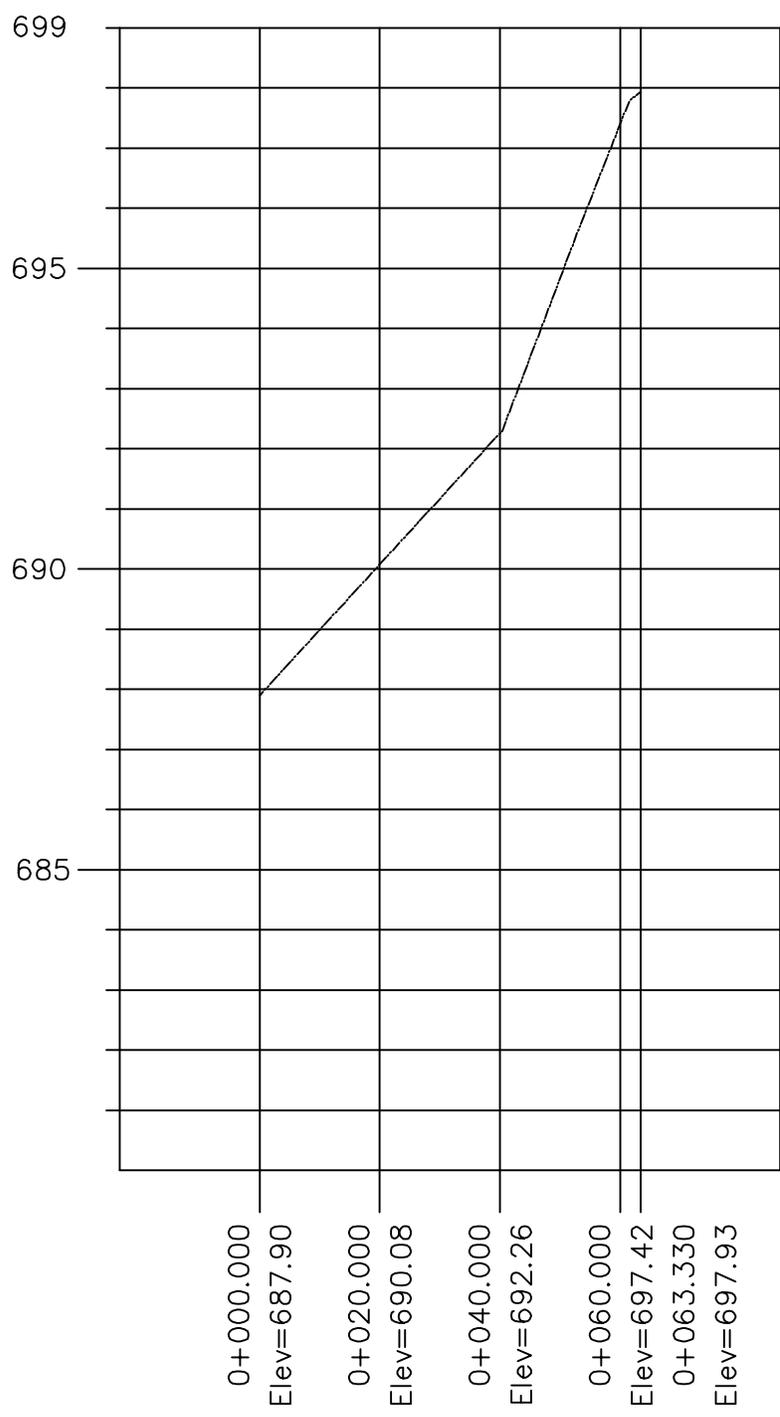
UBICACION- COLONIA LA UNION, CANTON PRIMAVERA, SANTA ANA DEPARTAMENTO DE SANTA ANA.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA
 DE OCCIDENTE

ESC. LAS INDICADAS

JULIO 2009

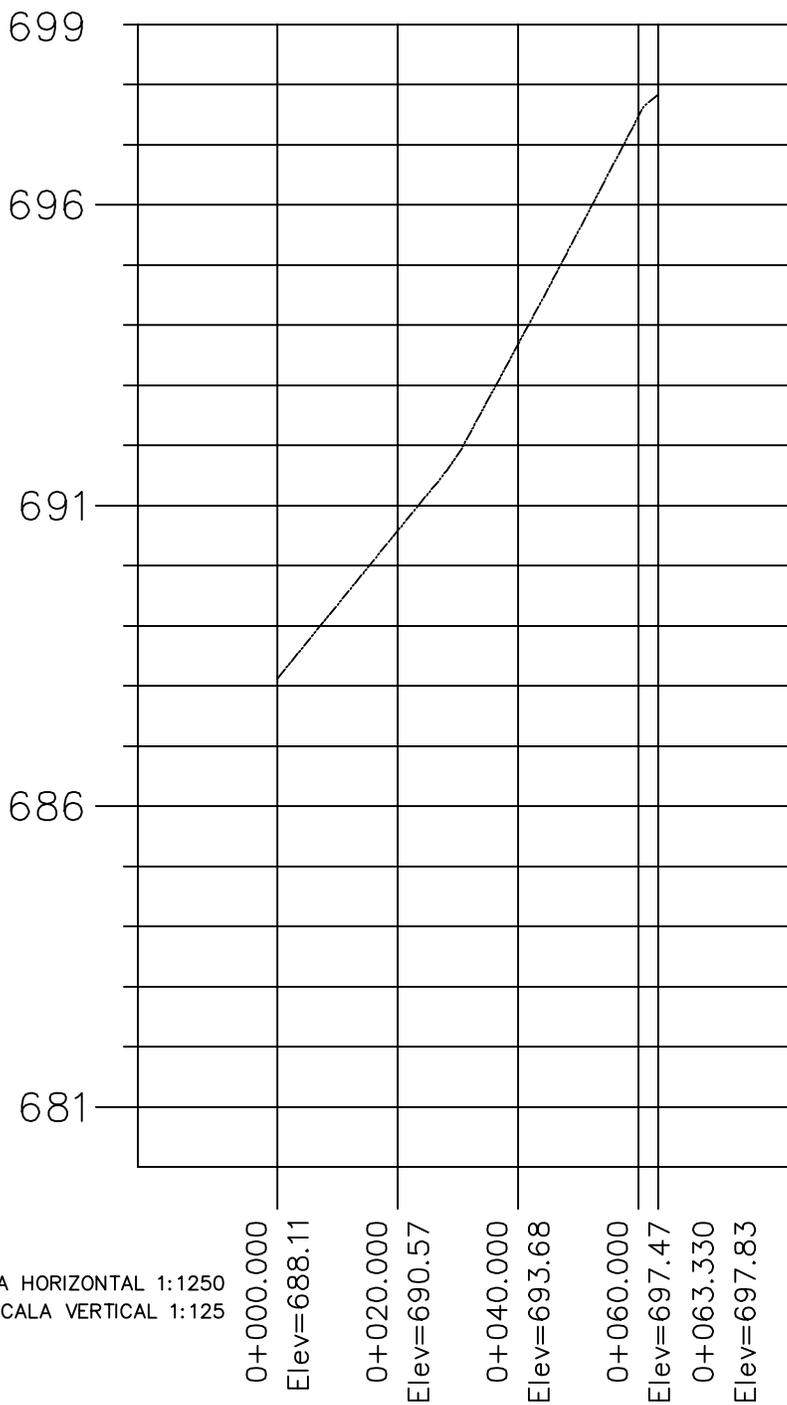
PRESENTA- ALAS CASTRO, JOSE AGUSTIN
 GUERRA BRIZUELA, DAVID DE JESUS



ESCALA HORIZONTAL 1:1250
 ESCALA VERTICAL 1:125

PERFIL PASAJE #4

ANEXO 3.6	PROYECTO- DISEÑO DE RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLANTA DE TRATAMIENTO EN COLONIA LA UNION, SANTA ANA	
	PROPIETARIO- ALCALDIA MUNICIPAL DE SANTA ANA	UNIVESIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE
	UBICACION- COLONIA LA UNION, CANTON PRIMAVERA, SANTA ANA DEPARTAMENTO DE SANTA ANA.	
ESC. LAS INDICADAS	JULIO 2009	PRESENTA- ALAS CASTRO, JOSE AGUSTIN GUERRA BRIZUELA, DAVID DE JESUS



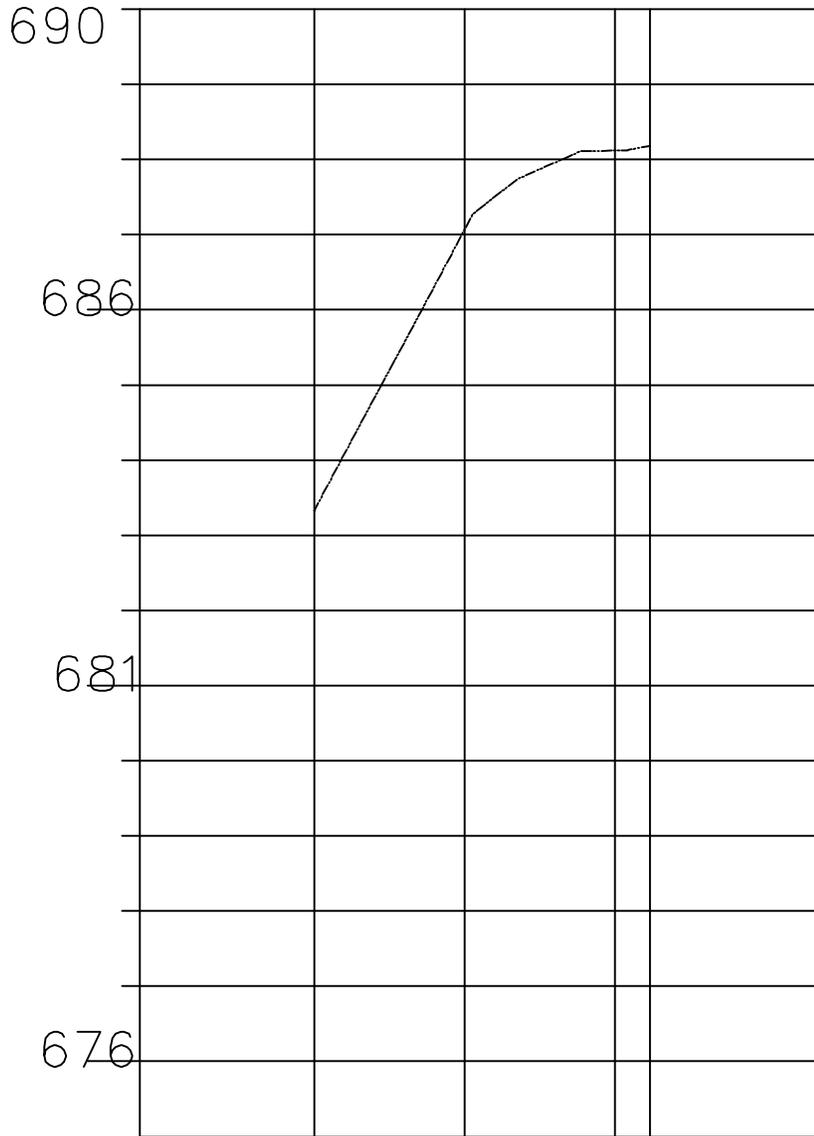
ESCALA HORIZONTAL 1:1250
 ESCALA VERTICAL 1:125

PERFIL PASAJE #5

ANEXO
3.7

PROYECTO= DISEÑO DE RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLANTA DE TRATAMIENTO EN COLONIA LA UNION, SANTA ANA	
PROPIETARIO= ALCALDIA MUNICIPAL DE SANTA ANA	
UBICACION= COLONIA LA UNION, CANTON PRIMAVERA, SANTA ANA DEPARTAMENTO DE SANTA ANA.	
ESC. LAS INDICADAS	JULIO 2009
PRESENTA= ALAS CASTRO, JOSE AGUSTIN GUERRA BRIZUELA, DAVID DE JESUS	

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA
 DE OCCIDENTE



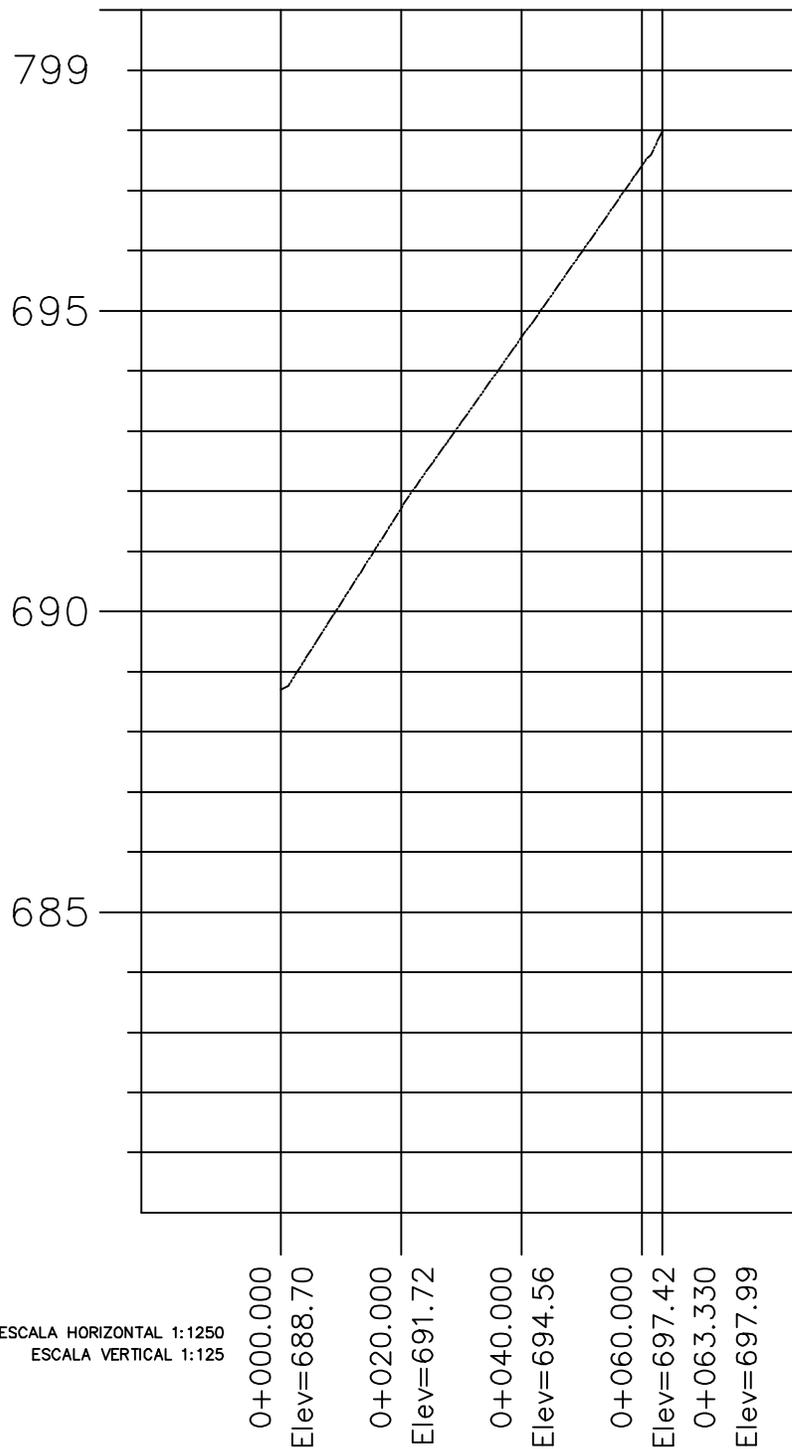
ESCALA HORIZONTAL 1:1000
 ESCALA VERTICAL 1:100

0+000.000 Elev=683.33
 0+020.000 Elev=687.48
 0+040.000 Elev=688.12
 0+044.667 Elev=688.18

PERFIL PASAJE #6

ANEXO
3.8

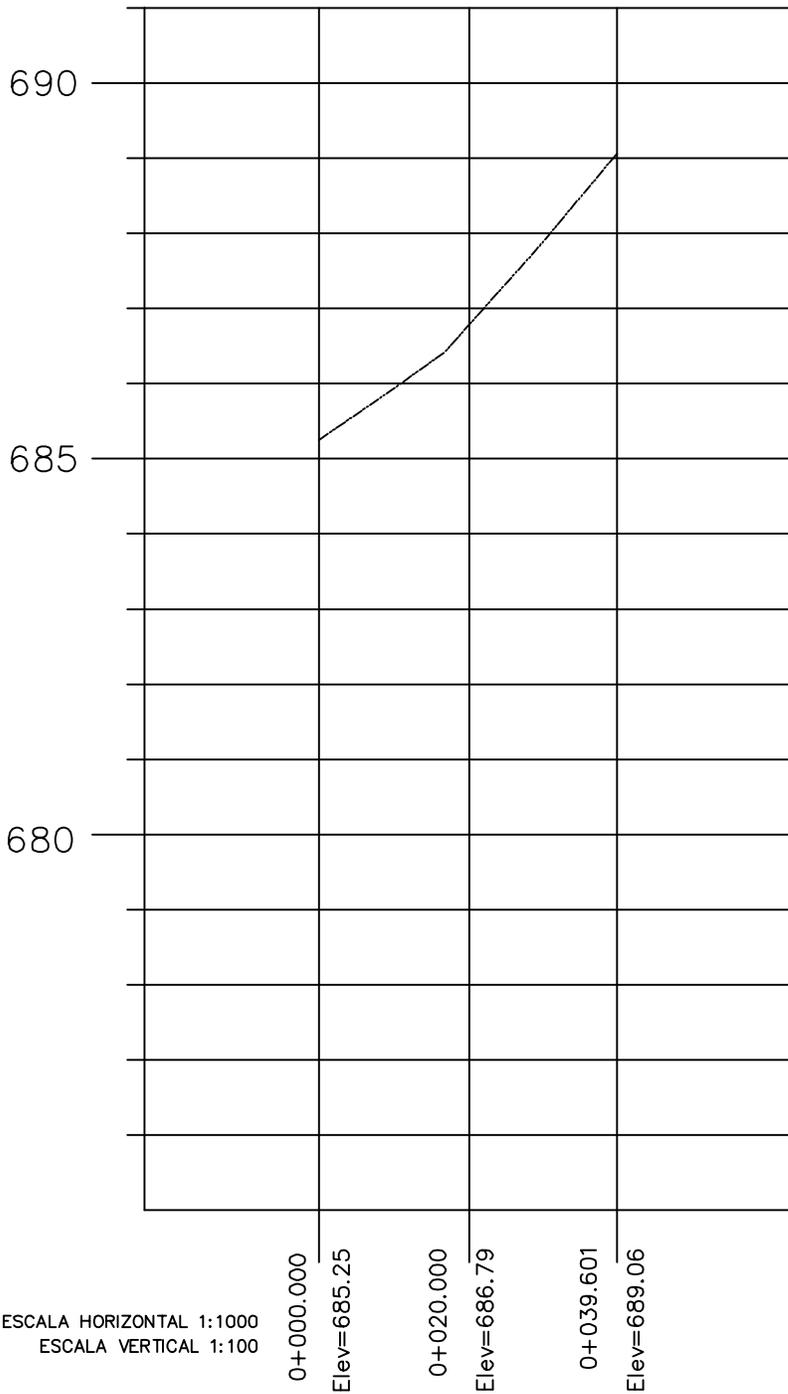
PROYECTO= DISEÑO DE RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLANTA DE TRATAMIENTO EN COLONIA LA UNION, SANTA ANA	
PROPIETARIO= ALCALDIA MUNICIPAL DE SANTA ANA	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE
UBICACION= COLONIA LA UNION, CANTON PRIMAVERA, SANTA ANA DEPARTAMENTO DE SANTA ANA.	PRESENTA= ALAS CASTRO, JOSE AGUSTIN GUERRA BRIZUELA, DAVID DE JESUS
ESC. LAS INDICADAS	JULIO 2009



ESCALA HORIZONTAL 1:1250
ESCALA VERTICAL 1:125

PERFIL PASAJE #7

ANEXO 3.9	PROYECTO= DISEÑO DE RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLANTA DE TRATAMIENTO EN COLONIA LA UNION, SANTA ANA	
	PROPIETARIO= ALCALDIA MUNICIPAL DE SANTA ANA	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE
	UBICACION= COLONIA LA UNION, CANTON PRIMAVERA, SANTA ANA DEPARTAMENTO DE SANTA ANA.	PRESENTA= ALAS CASTRO, JOSE AGUSTIN GUERRA BRIZUELA, DAVID DE JESUS
ESC. LAS INDICADAS	JULIO 2009	

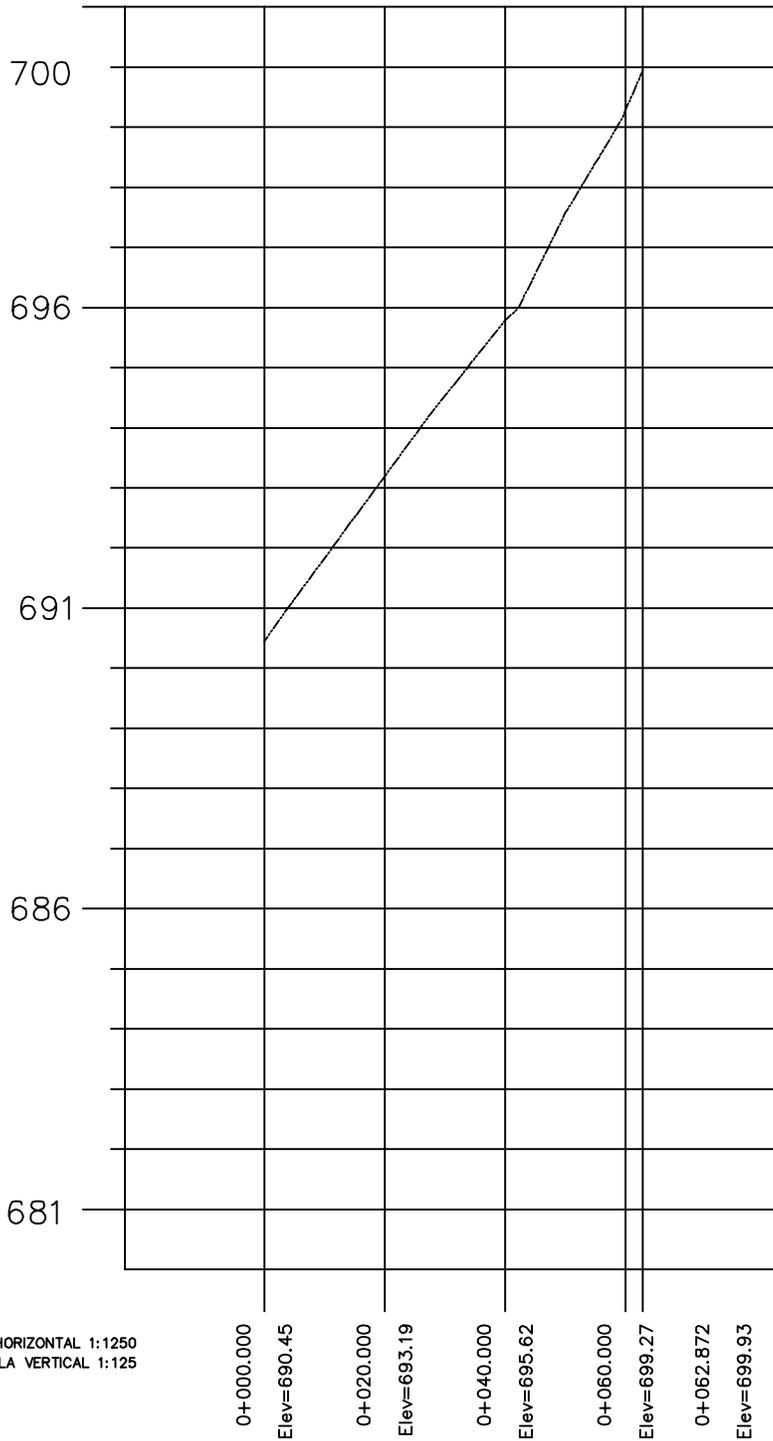


ESCALA HORIZONTAL 1:1000
 ESCALA VERTICAL 1:100

PERFIL PASAJE #8

**ANEXO
3.10**

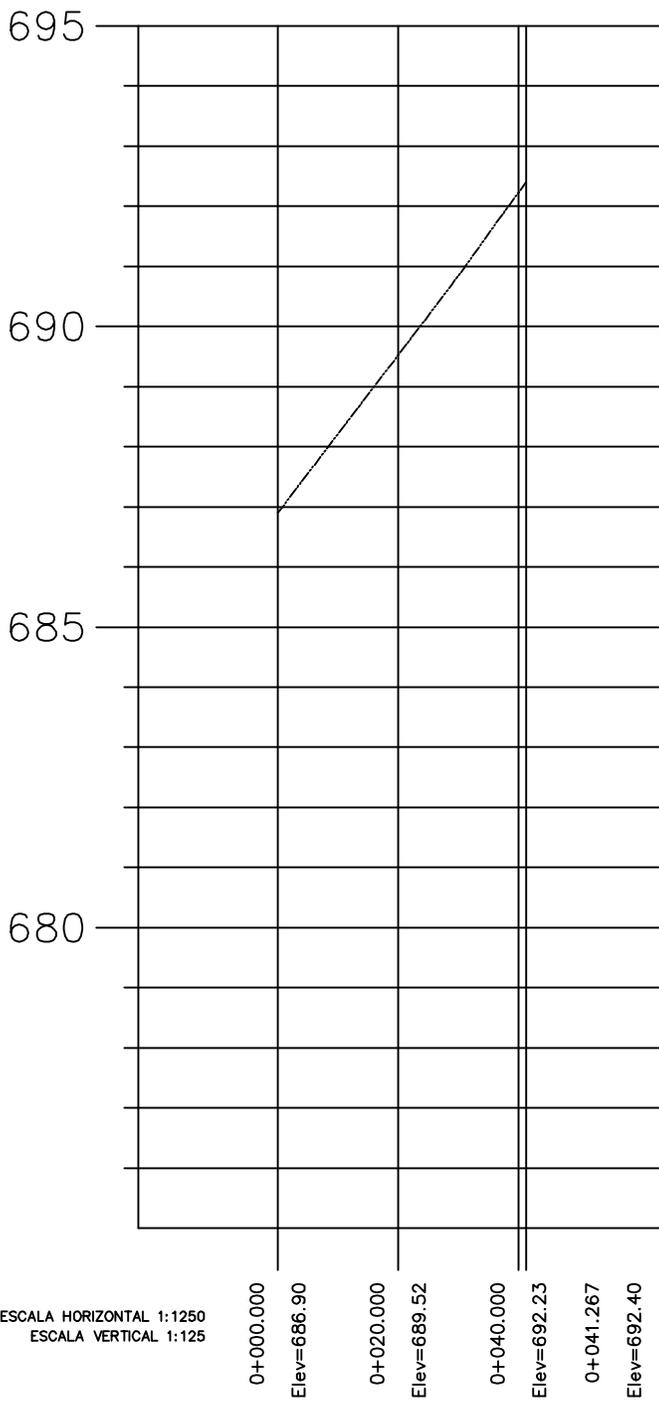
PROYECTO= DISEÑO DE RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLANTA DE TRATAMIENTO EN COLONIA LA UNION, SANTA ANA		UNIVESIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE
PROPIETARIO= ALCALDIA MUNICIPAL DE SANTA ANA		
UBICACION= COLONIA LA UNION, CANTON PRIMAVERA, SANTA ANA DEPARTAMENTO DE SANTA ANA.		PRESENTA= ALAS CASTRO, JOSE AGUSTIN GUERRA BRIZUELA, DAVID DE JESUS
ESC. LAS INDICADAS	JULIO 2009	



ESCALA HORIZONTAL 1:1250
 ESCALA VERTICAL 1:125

PERFIL PASAJE #9

ANEXO 3.11	PROYECTO= DISEÑO DE RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLANTA DE TRATAMIENTO EN COLONIA LA UNION, SANTA ANA	
	PROPIETARIO= ALCALDIA MUNICIPAL DE SANTA ANA	
	UBICACION= COLONIA LA UNION, CANTON PRIMAVERA, SANTA ANA DEPARTAMENTO DE SANTA ANA.	
ESC. LAS INDICADAS	JULIO 2009	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE
		PRESENTA= ALAS CASTRO, JOSE AGUSTIN GUERRA BRIZUELA, DAVID DE JESUS



ESCALA HORIZONTAL 1:1250
ESCALA VERTICAL 1:125

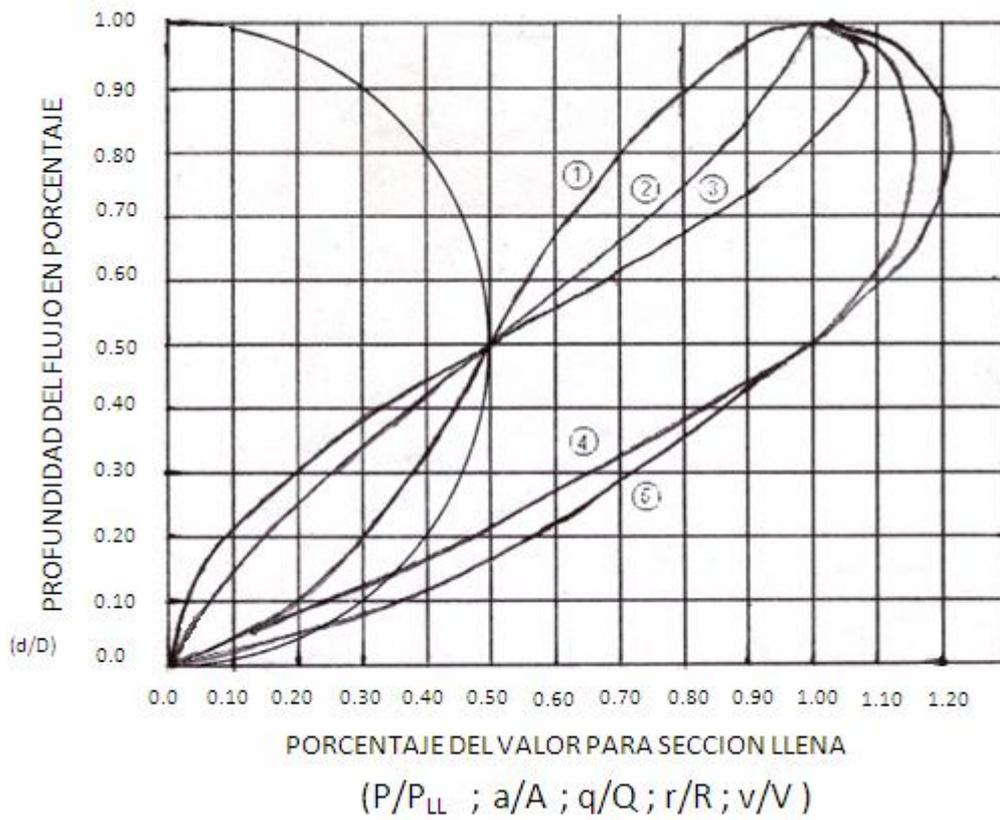
PERFIL PASAJE #10

**ANEXO
3.12**

PROYECTO= DISEÑO DE RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLANTA DE TRATAMIENTO EN COLONIA LA UNION, SANTA ANA		UNIVESIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE
PROPIETARIO= ALCALDIA MUNICIPAL DE SANTA ANA		
UBICACION= COLONIA LA UNION, CANTON PRIMAVERA, SANTA ANA DEPARTAMENTO DE SANTA ANA.		PRESENTA= ALAS CASTRO, JOSE AGUSTIN GUERRA BRIZUELA, DAVID DE JESUS
ESC. LAS INDICADAS	JULIO 2009	

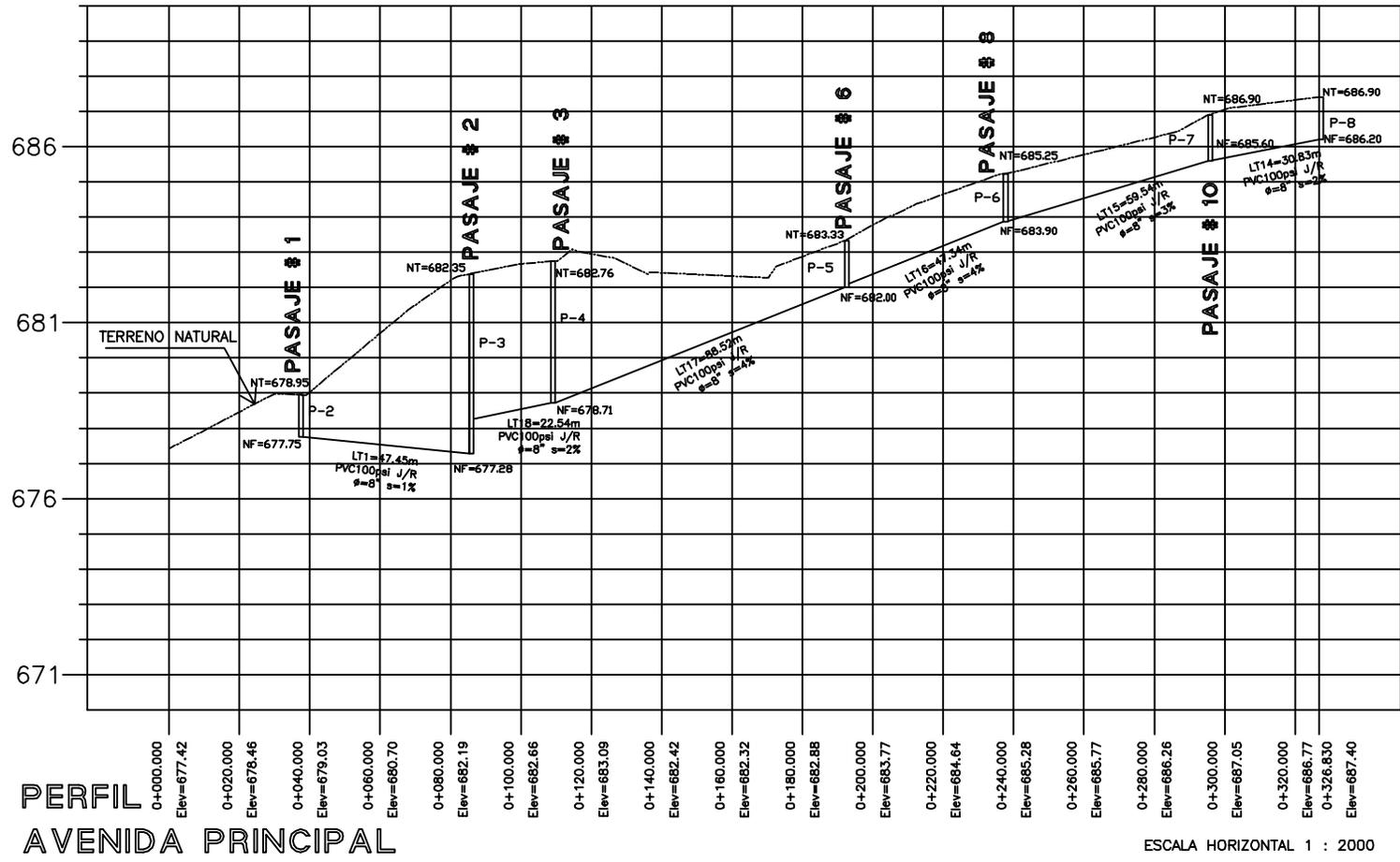
ANEXO N°4

Anexo 4: Curva de elementos hidráulicos (curva del banano)



1. Perímetro Mojado
2. Área
3. Caudal
4. Radio Hidráulico
5. Velocidad

ANEXO N°5



PERFIL AVENIDA PRINCIPAL

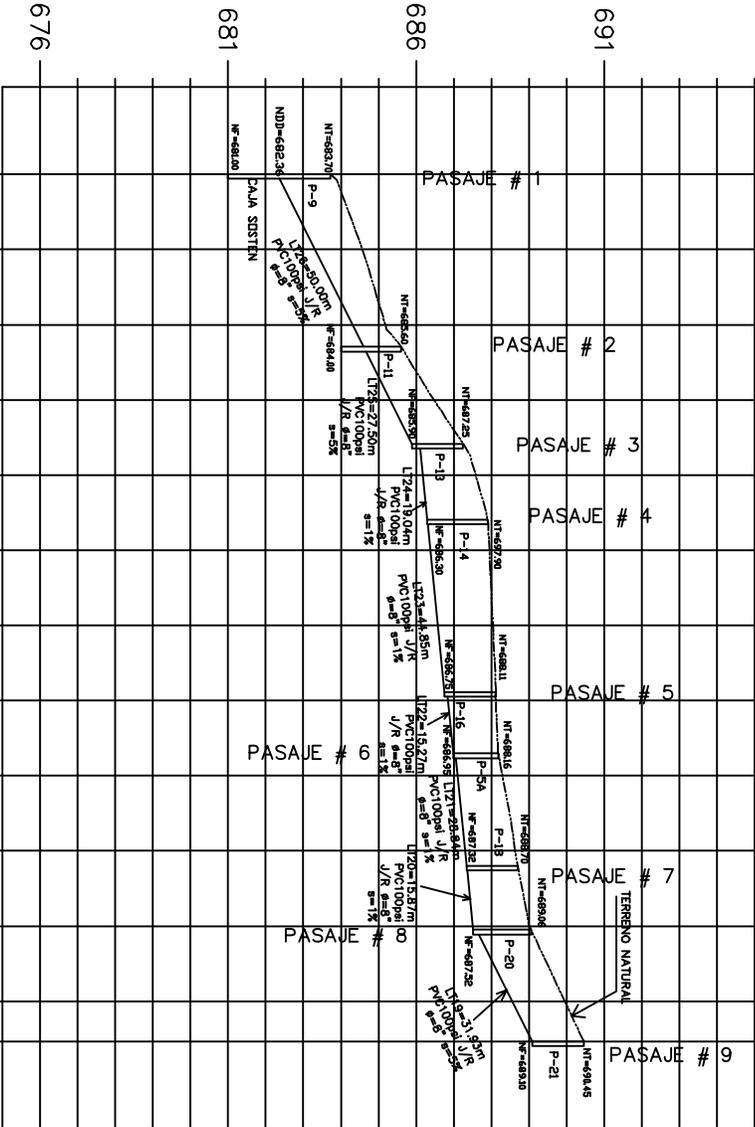
ANEXO 5.1

PROYECTO= DISEÑO DE RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLANTA DE TRATAMIENTO EN COLONIA LA UNION, SANTA ANA	
PROPIETARIO= ALCALDIA MUNICIPAL DE SANTA ANA	
UBICACION= COLONIA LA UNION, CANTON PRIMAVERA, SANTA ANA DEPARTAMENTO DE SANTA ANA.	
ESC. LAS INDICADAS	JULIO 2009
PRESENTA= ALAS CASTRO, JOSE AGUSTIN GUERRA BRIZUELA, DAVID DE JESUS	

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA
DE OCCIDENTE

PERFIL
AVENIDA SECUNDARIA

ESCALA HORIZONTAL 1 : 2000
ESCALA VERTICAL 1 : 200



ANEXO
5.2

PROYECTO= **DISEÑO DE RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLANTA DE TRATAMIENTO EN COLONIA LA UNION, SANTA ANA**

PROPIETARIO= ALCALDIA MUNICIPAL DE SANTA ANA
UBICACION= COLONIA LA UNION, CANTON PRIMAVERA, SANTA ANA DEPARTAMENTO DE SANTA ANA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE

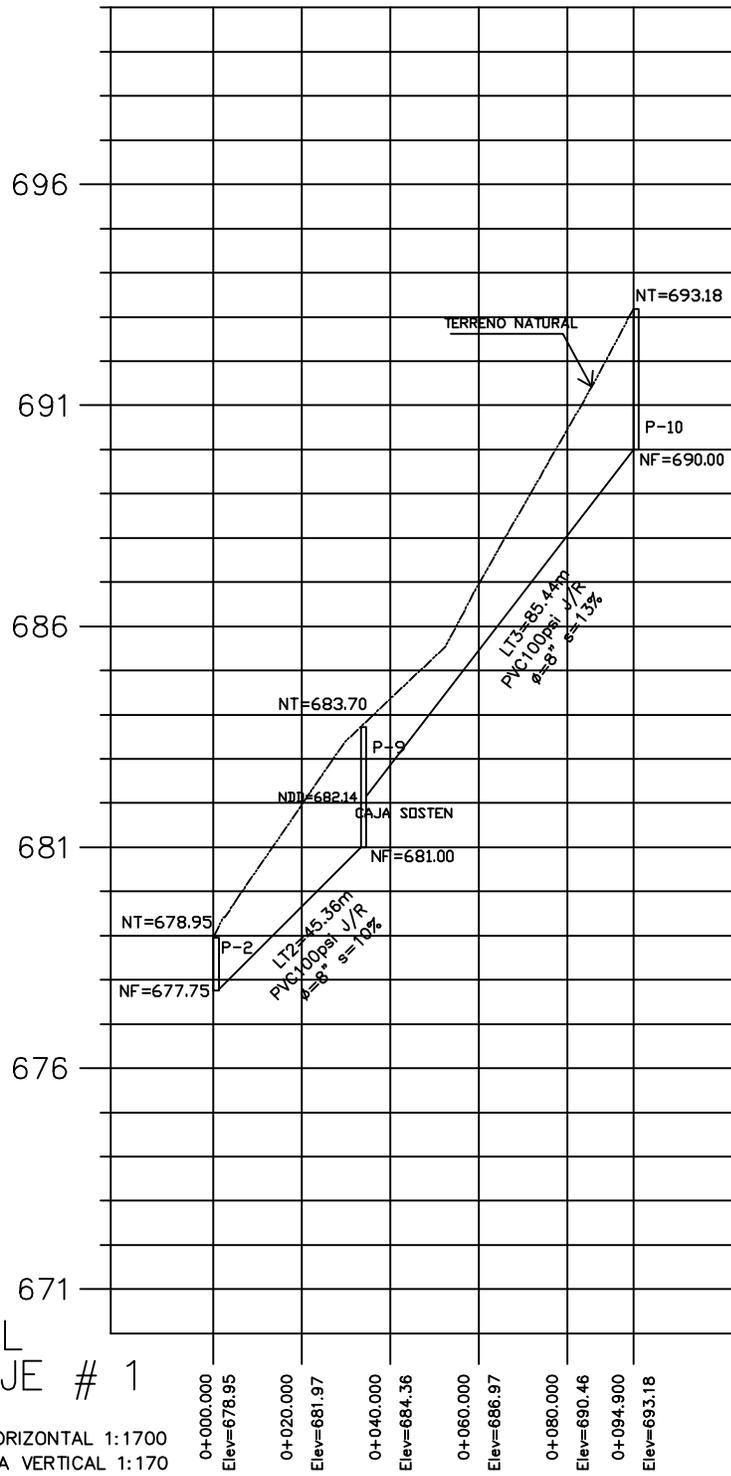
ESC. LAS INDICADAS

JULIO 2009

PRESENTA= ALAS CASTRO, JOSE AGUSTIN
QUERRA BRIZUELA, DAVID DE JESUS

PERFIL PASAJE # 1

ESCALA HORIZONTAL 1:1700
ESCALA VERTICAL 1:170



ANEXO 5.3

PROYECTO= **DISEÑO DE RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLANTA DE TRATAMIENTO EN COLONIA LA UNION, SANTA ANA**

PROPIETARIO= ALCALDIA MUNICIPAL DE SANTA ANA

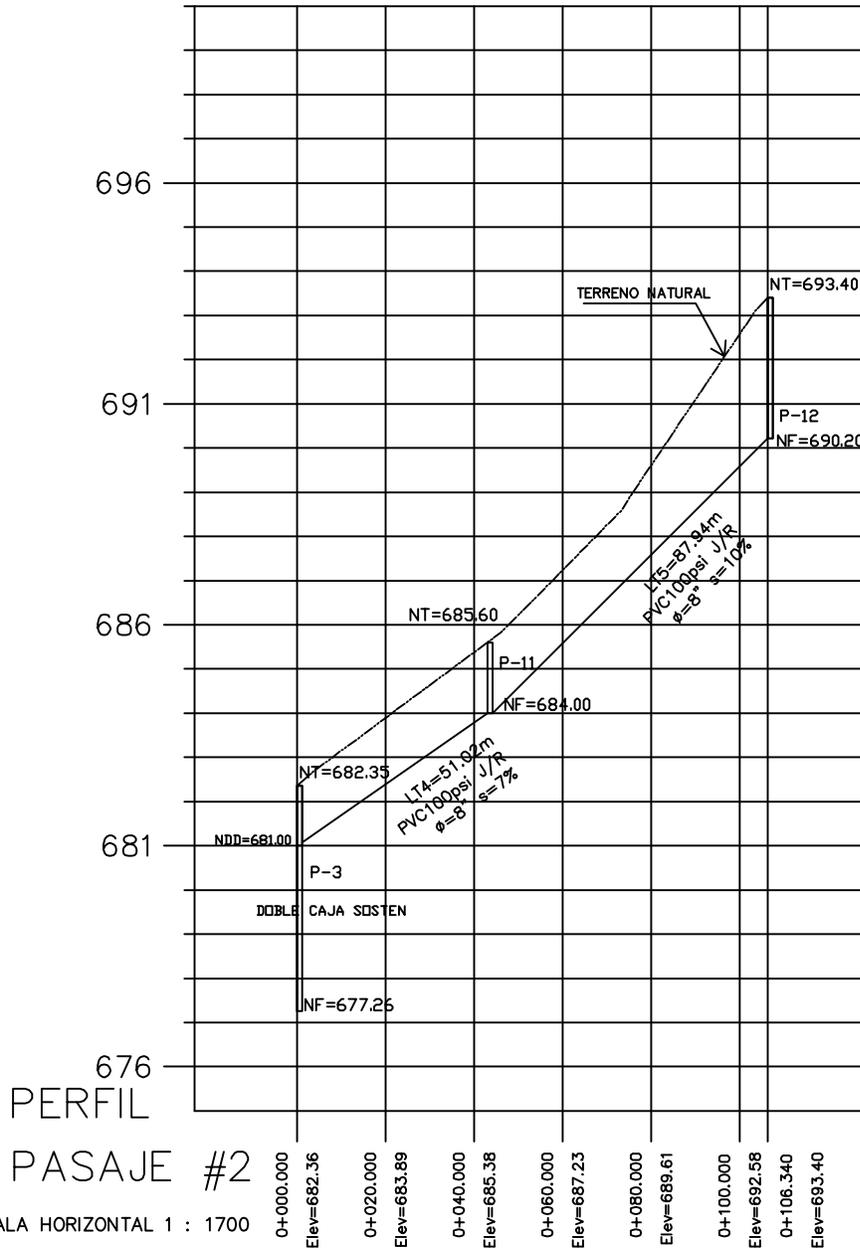
UBICACION= COLONIA LA UNION, CANTON PRIMAVERA, SANTA ANA DEPARTAMENTO DE SANTA ANA.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE

ESC. LAS INDICADAS

JULIO 2009

PRESENTA= ALAS CASTRO, JOSE AGUSTIN GUERRA BRIZUELA, DAVID DE JESUS



ANEXO
5.4

PROYECTO= **DISEÑO DE RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLANTA DE TRATAMIENTO EN COLONIA LA UNION, SANTA ANA**

PROPIETARIO= ALCALDIA MUNICIPAL DE SANTA ANA

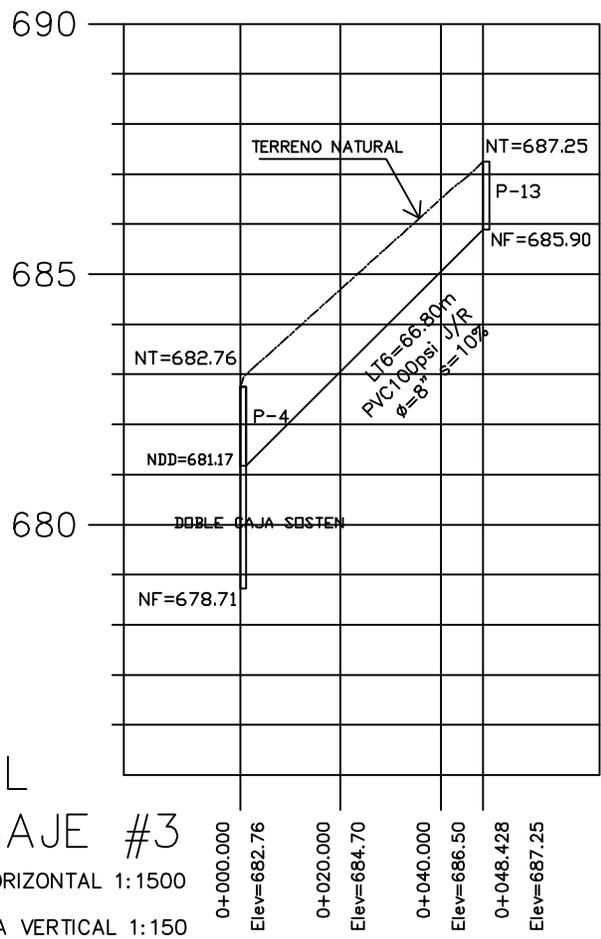
UBICACION= COLONIA LA UNION, CANTON PRIMAVERA, SANTA ANA DEPARTAMENTO DE SANTA ANA.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE

ESC. LAS INDICADAS

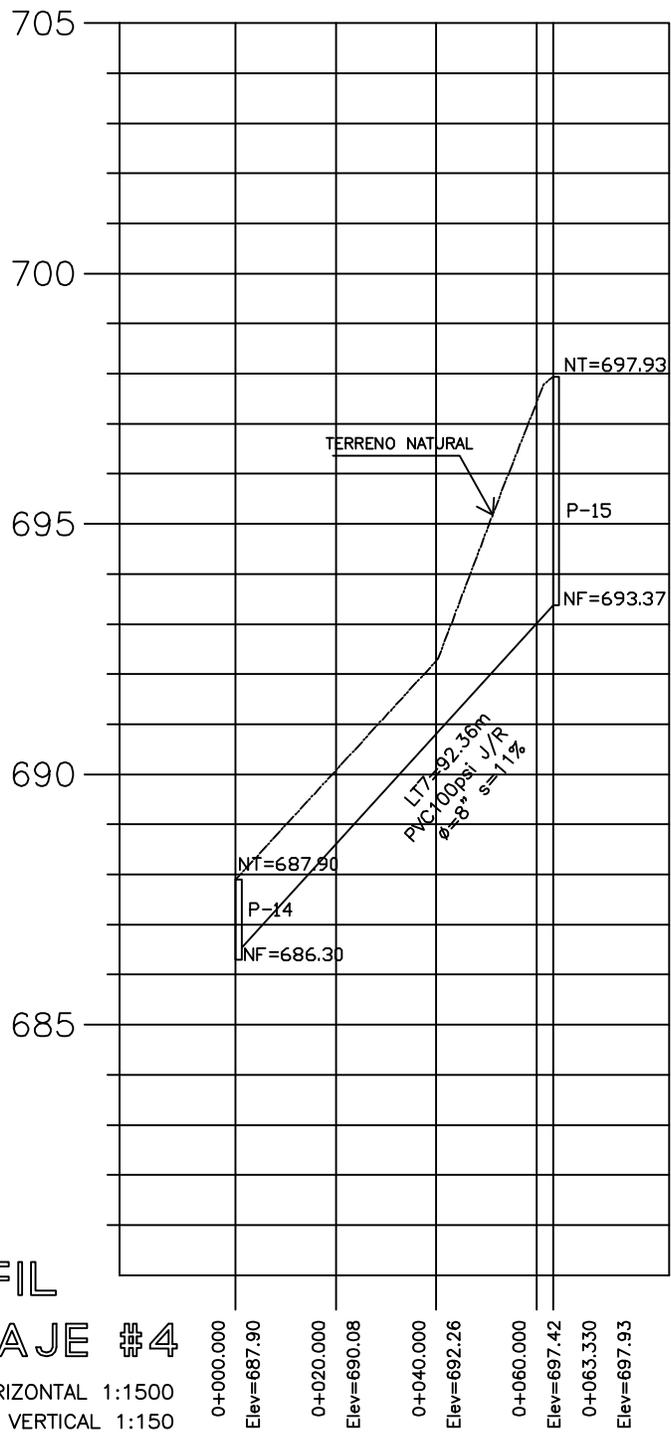
JULIO 2009

PRESENTA= ALAS CASTRO, JOSE AGUSTIN GUERRA BRIZUELA, DAVID DE JESUS



ANEXO 5.5

PROYECTO= DISEÑO DE RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLANTA DE TRATAMIENTO EN COLONIA LA UNION, SANTA ANA	
PROPIETARIO= ALCALDIA MUNICIPAL DE SANTA ANA	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE
UBICACION= COLONIA LA UNION, CANTON PRIMAVERA, SANTA ANA DEPARTAMENTO DE SANTA ANA.	PRESENTA= ALAS CASTRO, JOSE AGUSTIN GUERRA BRIZUELA, DAVID DE JESUS
ESC. LAS INDICADAS	JULIO 2009



**ANEXO
5.6**

PROYECTO= **DISEÑO DE RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLANTA DE TRATAMIENTO EN COLONIA LA UNION, SANTA ANA**

PROPIETARIO= ALCALDIA MUNICIPAL DE SANTA ANA

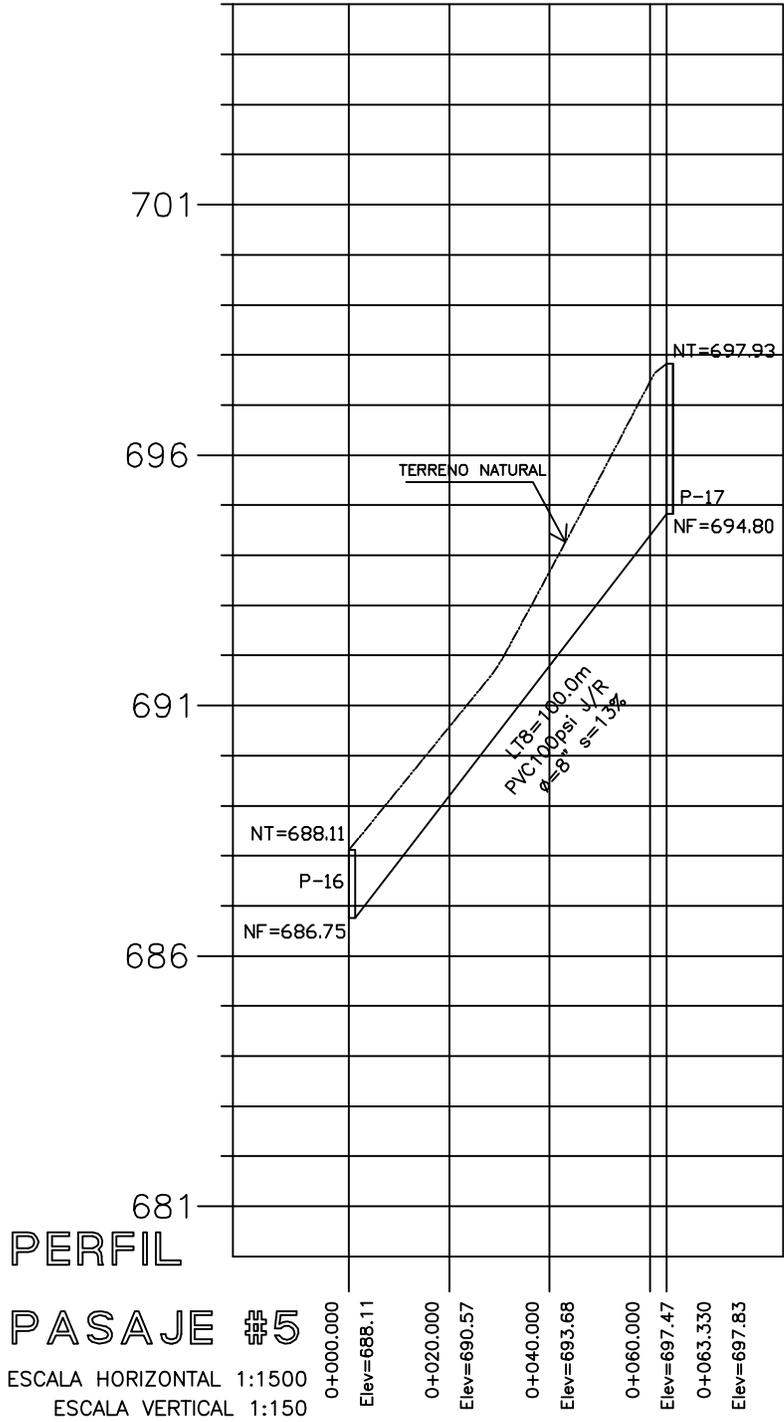
UBICACION= COLONIA LA UNION, CANTON PRIMAVERA, SANTA ANA DEPARTAMENTO DE SANTA ANA.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE

ESC. LAS INDICADAS

JULIO 2009

PRESENTA= ALAS CASTRO, JOSE AGUSTIN GUERRA BRIZUELA, DAVID DE JESUS



ANEXO 5.7

PROYECTO= **DISEÑO DE RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLANTA DE TRATAMIENTO EN COLONIA LA UNION, SANTA ANA**

PROPIETARIO= ALCALDIA MUNICIPAL DE SANTA ANA

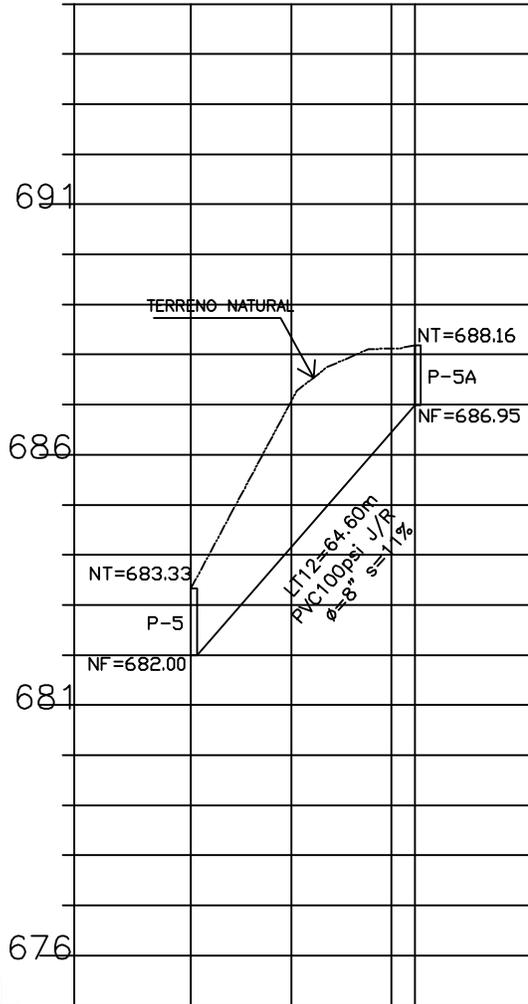
UBICACION= COLONIA LA UNION, CANTON PRIMAVERA, SANTA ANA DEPARTAMENTO DE SANTA ANA.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE

ESC. LAS INDICADAS

JULIO 2009

PRESENTA= ALAS CASTRO, JOSE AGUSTIN GUERRA BRIZUELA, DAVID DE JESUS



PERFIL
PASAJE #6

ESCALA HORIZONTAL 1:1500
ESCALA VERTICAL 1:150

0+000.000 Elev=683.33
0+020.000 Elev=687.48
0+040.000 Elev=688.12
0+044.667 Elev=688.18

ANEXO
5.8

PROYECTO= **DISEÑO DE RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLANTA DE TRATAMIENTO EN COLONIA LA UNION, SANTA ANA**

PROPIETARIO= ALCALDIA MUNICIPAL DE SANTA ANA

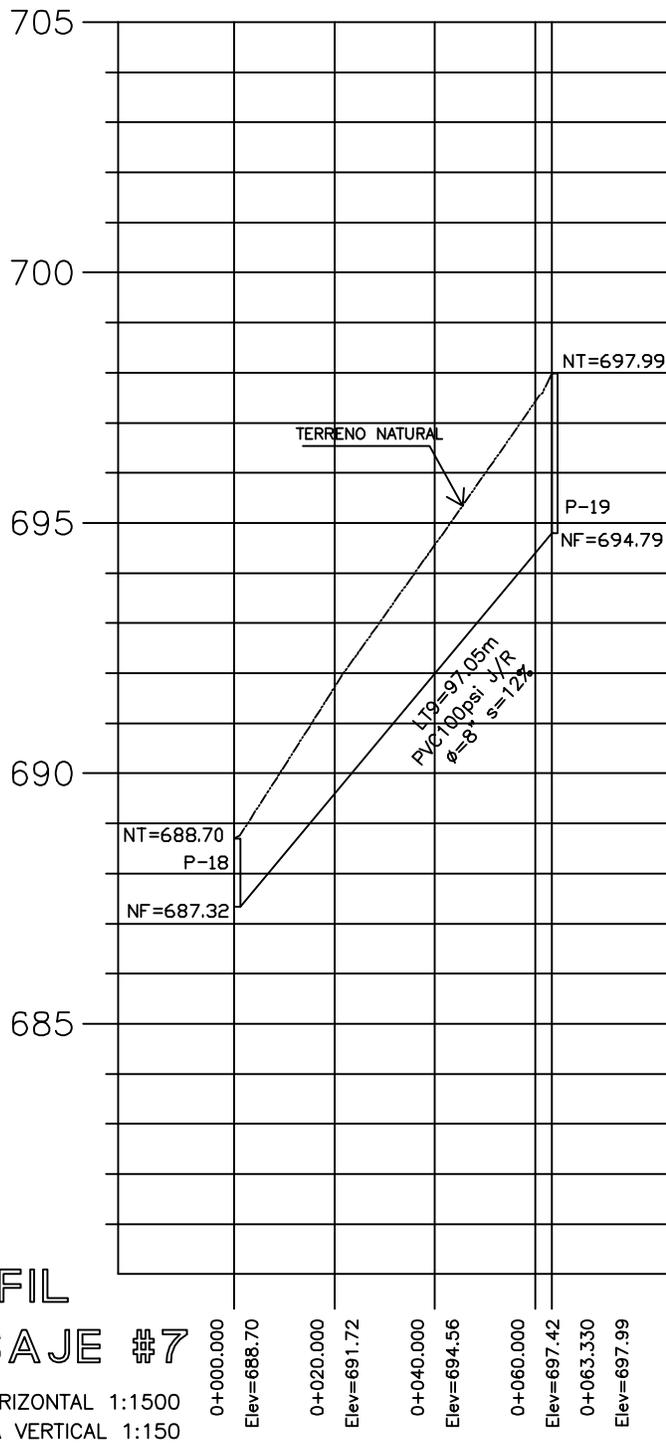
UBICACION= COLONIA LA UNION, CANTON PRIMAVERA, SANTA ANA DEPARTAMENTO DE SANTA ANA.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA
DE OCCIDENTE

ESC. LAS INDICADAS

JULIO 2009

PRESENTA= ALAS CASTRO, JOSE AGUSTIN
GUERRA BRIZUELA, DAVID DE JESUS



ANEXO 5.9

PROYECTO= **DISEÑO DE RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLANTA DE TRATAMIENTO EN COLONIA LA UNION, SANTA ANA**

PROPIETARIO= ALCALDIA MUNICIPAL DE SANTA ANA

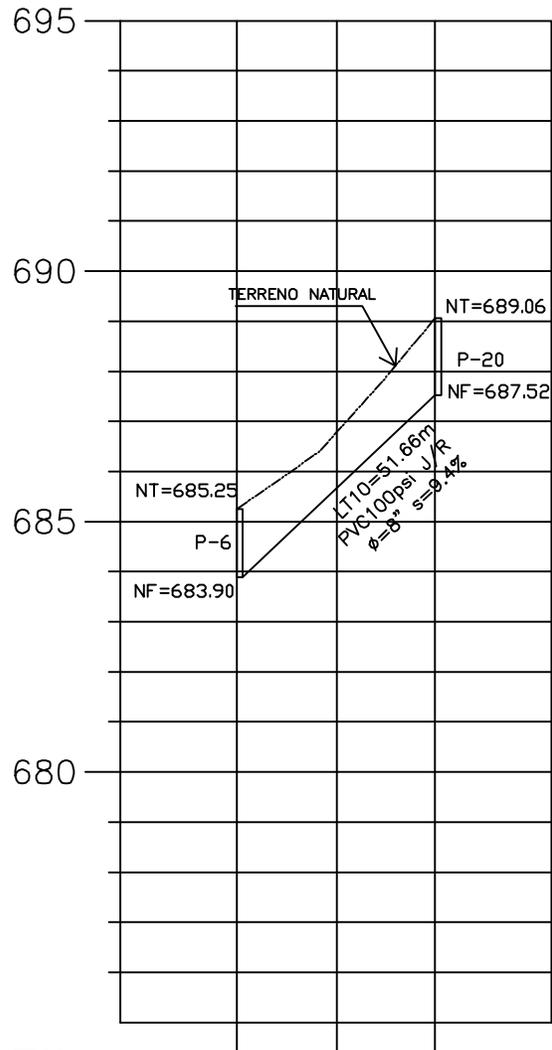
UBICACION= COLONIA LA UNION, CANTON PRIMAVERA, SANTA ANA DEPARTAMENTO DE SANTA ANA.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE

ESC. LAS INDICADAS

JULIO 2009

PRESENTA= ALAS CASTRO, JOSE AGUSTIN GUERRA BRIZUELA, DAVID DE JESUS



PERFIL PASAJE #8

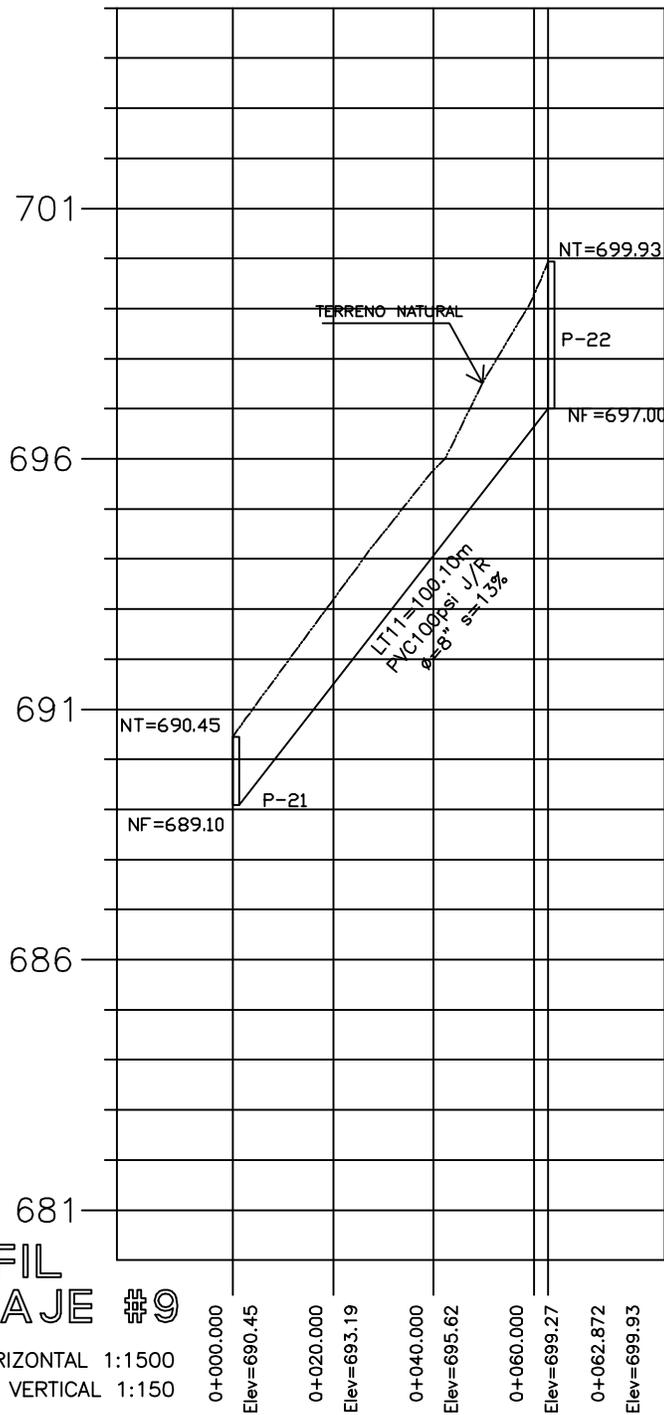
ESCALA HORIZONTAL 1:1500
 ESCALA VERTICAL 1:150

ANEXO 5.10

PROYECTO= DISEÑO DE RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLANTA DE TRATAMIENTO EN COLONIA LA UNION, SANTA ANA		UNIVESIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE
PROPIETARIO= ALCALDIA MUNICIPAL DE SANTA ANA		
UBICACION= COLONIA LA UNION, CANTON PRIMAVERA, SANTA ANA DEPARTAMENTO DE SANTA ANA.		PRESENTA= ALAS CASTRO, JOSE AGUSTIN GUERRA BRIZUELA, DAVID DE JESUS
ESC. LAS INDICADAS	JULIO 2009	

PERFIL PASAJE #9

ESCALA HORIZONTAL 1:1500
ESCALA VERTICAL 1:150



ANEXO
5.11

PROYECTO= **DISEÑO DE RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLANTA DE TRATAMIENTO EN COLONIA LA UNION, SANTA ANA**

PROPIETARIO= ALCALDIA MUNICIPAL DE SANTA ANA

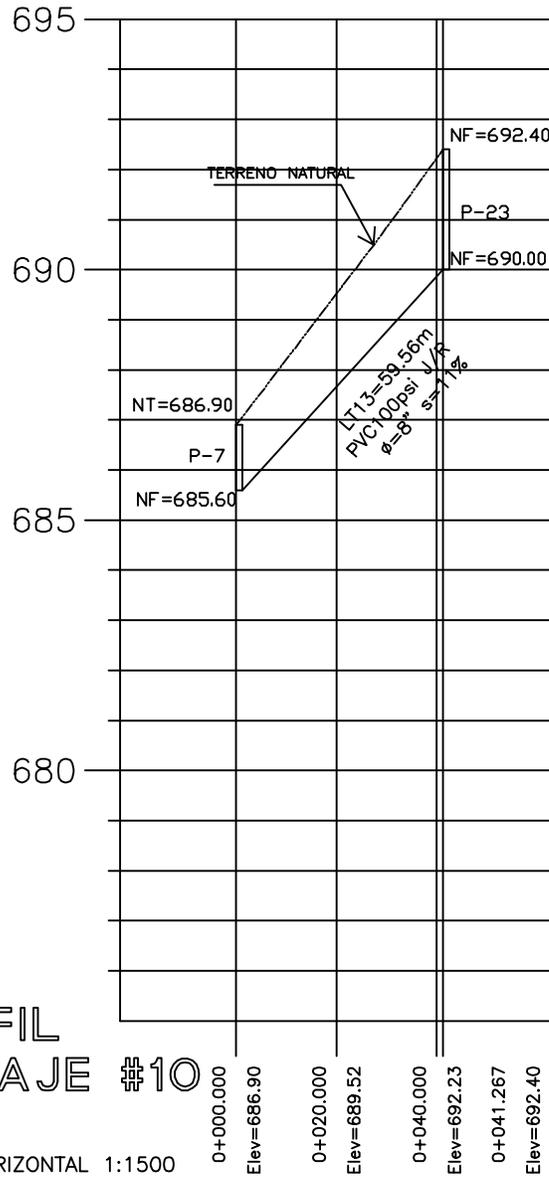
UBICACION= COLONIA LA UNION, CANTON PRIMAVERA, SANTA ANA DEPARTAMENTO DE SANTA ANA.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA
DE OCCIDENTE

ESC. LAS INDICADAS

JULIO 2009

PRESENTA= ALAS CASTRO, JOSE AGUSTIN
GUERRA BRIZUELA, DAVID DE JESUS



PERFIL PASAJE #10

ESCALA HORIZONTAL 1:1500
ESCALA VERTICAL 1:150

ANEXO 5.12

PROYECTO= **DISEÑO DE RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLANTA DE TRATAMIENTO EN COLONIA LA UNION, SANTA ANA**

PROPIETARIO= ALCALDIA MUNICIPAL DE SANTA ANA

UBICACION= COLONIA LA UNION, CANTON PRIMAVERA, SANTA ANA DEPARTAMENTO DE SANTA ANA.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE

ESC. LAS INDICADAS

JULIO 2009

PRESENTA= ALAS CASTRO, JOSE AGUSTIN GUERRA BRIZUELA, DAVID DE JESUS

CALCULO DEL CAUDAL TRIBUTARIO POR TRAMOS COLECTOR DE AGUAS RESIDUALES COLONIA LA UNION

Cuadro 2.1:

CALCULO DE CAUDALES POR CADA TRAMO DE TUBERIA A.N.														
LOG TUB	TRAMOS	PI-PF	No LOT	No HAB X LOT	HAB X TRAMO	Q TRAMO X HAB	PROV SOCIAL	Q PROVIG SOC	Q / TRAMO(mdio diario)	MAXIMO (hor) (lts/S)	AREA TRIB (ha)	Q DISEÑO= 0.8Qmaxhor+0.1lts/se g/ha	FACTOR DE SEGURIDAD	CONTRIBUCION DEL TRAMO
47.45	1	2-3	2	6	12	0.021			0.021	0.05	0.0523	0.045	2.000	0.090
45.36	2	9-2	6	6	36	0.063			0.063	0.15	0.2826	0.148	2.000	0.297
85.44	3	10-9	11	6	66	0.115			0.115	0.275	0.1122	0.231	2.000	0.462
51.02	4	11-3	7	6	42	0.073			0.073	0.175	0.0918	0.149	2.000	0.298
87.94	5	12-11	14	6	84	0.146			0.146	0.35	0.3163	0.312	2.000	0.623
66.8	6	13-4	0	6	0	0.000			0.000	0	0.0527	0.005	2.000	0.011
92.36	7	15-14	12	6	72	0.125			0.125	0.3	0.3198	0.272	2.000	0.544
100	8	17-16	12	6	72	0.125			0.125	0.3	0.3067	0.271	2.000	0.541
97.07	9	19-18	14	6	84	0.146			0.146	0.35	0.3052	0.311	2.000	0.621
51.66	10	20-6	6	6	36	0.063			0.063	0.15	0.1217	0.132	2.000	0.264
91.68	11	22-21	10	6	60	0.104			0.104	0.25	0.2826	0.228	2.000	0.457
64.6	12	5A-5	3	6	18	0.031			0.031	0.075	0.0734	0.067	2.000	0.135
59.56	13	23-7	5	6	30	0.052			0.052	0.125	0.1181	0.112	2.000	0.224
30.83	14	8-7	4	6	24	0.042			0.042	0.1	0.098	0.090	2.000	0.180
59.54	15	7-6	7	6	42	0.073			0.073	0.175	0.1989	0.160	2.000	0.320
47.34	16	6-5	4	6	24	0.042			0.042	0.1	0.1387	0.094	2.000	0.188
88.52	17	5-4	7	6	42	0.073	ZON VERD	0.057	0.130	0.3118	0.1448	0.264	2.000	0.528
22.54	18	4-3	0	6	0	0.000			0.000	0	0.0244	0.002	2.000	0.005
31.93	19	21-20	0	6	0	0.000			0.000	0	0.0273	0.003	2.000	0.005
15.87	20	20-18	0	6	0	0.000			0.000	0	0.0273	0.003	2.000	0.005
28.84	21	18-5A	0	6	0	0.000			0.000	0	0.0268	0.003	2.000	0.005
15.27	22	5A-16	0	6	0	0.000			0.000	0	0.0268	0.003	2.000	0.005
44.85	23	16-14	0	6	0	0.000	IGLE YCLIN	0.028	0.028	0.0672	0.0525	0.059	2.000	0.118
19.04	24	14-13	0	6	0	0.000			0.000	0	0.06935	0.007	2.000	0.014
27.5	25	13-11	0	6	0	0.000			0.000	0	0.06935	0.007	2.000	0.014
50	26	9	0	6	0	0.000			0.000	0	0.1047	0.010	2.000	0.021

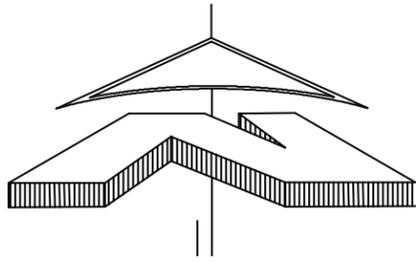
DISEÑO HIDRAULICO DEL DIAMETRO DE LA TUBERIA Y VELOCIDADES REALES
 POBLACION AL FINAL DEL PERIODO DE DISEÑO COL. LA UNION (AÑO 2034)=744 HABITANTES
Cuadro 2.2

TRAMO	Q llegada L/S	q tramo L/S	q tramo(sal) L/S	DIAM PUL	DIAM m	AREA M2	RH m	PEND %	n maning	V m/seg	Q TUBO m3/seg	LLENO lts/seg	REL q/Q	RE Vo/V	RE y/D	V REAL M/S	TIRANT HIDR Y
1	0.780	0.090	0.870	8	0.203	0.032	0.051	13.000	0.011	4.496	0.146	145.80	0.006	0.30	0.09	1.349	0.018
2	0.483	0.297	0.780	8	0.203	0.032	0.051	10.000	0.011	3.943	0.128	127.88	0.006	0.30	0.09	1.183	0.018
3	0.000	0.462	0.462	8	0.203	0.032	0.051	13.000	0.011	4.496	0.146	145.80	0.003	0.27	0.08	1.214	0.016
4	2.954	0.298	3.252	8	0.203	0.032	0.051	7.000	0.011	3.299	0.107	106.99	0.030	0.35	0.10	1.155	0.020
5	0.000	0.623	0.623	8	0.203	0.032	0.051	10.000	0.011	3.943	0.128	127.88	0.005	0.30	0.09	1.183	0.018
6	0.000	0.011	0.011	8	0.203	0.032	0.051	10.000	0.011	3.943	0.128	127.88	0.0001	0.18	0.06	0.710	0.012
7	0.000	0.544	0.544	8	0.203	0.032	0.051	11.000	0.011	4.136	0.134	134.12	0.004	0.22	0.08	0.910	0.016
8	0.000	0.541	0.541	8	0.203	0.032	0.051	13.000	0.011	4.496	0.146	145.80	0.004	0.22	0.08	0.989	0.016
9	0.000	0.621	0.621	8	0.203	0.032	0.051	12.000	0.011	4.320	0.140	140.08	0.004	0.22	0.08	0.950	0.016
10	0.000	0.264	0.264	8	0.203	0.032	0.051	9.000	0.011	3.741	0.121	121.31	0.002	0.18	0.06	0.673	0.012
11	0.000	0.457	0.457	8	0.203	0.032	0.051	13.000	0.011	4.496	0.146	145.80	0.003	0.22	0.07	0.989	0.014
12	0.000	0.135	0.135	8	0.203	0.032	0.051	11.000	0.011	4.136	0.134	134.12	0.001	0.18	0.06	0.744	0.012
13	0.000	0.224	0.224	8	0.203	0.032	0.051	11.000	0.011	4.136	0.134	134.12	0.002	0.18	0.06	0.744	0.012
14	0.000	0.180	0.180	8	0.203	0.032	0.051	2.000	0.011	1.763	0.057	57.19	0.003	0.25	0.08	0.441	0.016
15	0.403	0.320	0.723	8	0.203	0.032	0.051	3.000	0.011	2.160	0.070	70.04	0.010	0.25	0.09	0.540	0.018
16	0.987	0.188	1.175	8	0.203	0.032	0.051	4.000	0.011	2.494	0.081	80.88	0.015	0.25	0.09	0.623	0.018
17	1.310	0.528	1.838	8	0.203	0.032	0.051	4.000	0.011	2.494	0.081	80.88	0.023	0.30	0.10	0.748	0.020
18	1.848	0.005	1.853	8	0.203	0.032	0.051	2.000	0.011	1.763	0.057	57.19	0.032	0.30	0.10	0.529	0.020
19	0.457	0.005	0.462	8	0.203	0.032	0.051	5.000	0.011	2.788	0.090	90.42	0.005	0.22	0.08	0.613	0.016
20	0.462	0.005	0.467	8	0.203	0.032	0.051	1.000	0.011	1.247	0.040	40.44	0.012	0.30	0.10	0.374	0.020
21	1.088	0.005	1.094	8	0.203	0.032	0.051	1.000	0.011	1.247	0.040	40.44	0.027	0.32	0.10	0.399	0.020
22	1.094	0.005	1.099	8	0.203	0.032	0.051	1.000	0.011	1.247	0.040	40.44	0.027	0.32	0.10	0.399	0.020
23	1.641	0.118	1.759	8	0.203	0.032	0.051	1.000	0.011	1.247	0.040	40.44	0.043	0.34	0.11	0.424	0.022
24	2.303	0.014	2.316	8	0.203	0.032	0.051	1.000	0.011	1.247	0.040	40.44	0.057	0.36	0.12	0.449	0.024
25	2.316	0.014	2.330	8	0.203	0.032	0.051	5.000	0.011	2.788	0.090	90.42	0.026	0.36	0.12	1.004	0.024
26	0.000	0.021	0.021	8	0.203	0.032	0.051	5.000	0.011	2.788	0.090	90.42	0.000	0.18	0.05	0.502	0.010

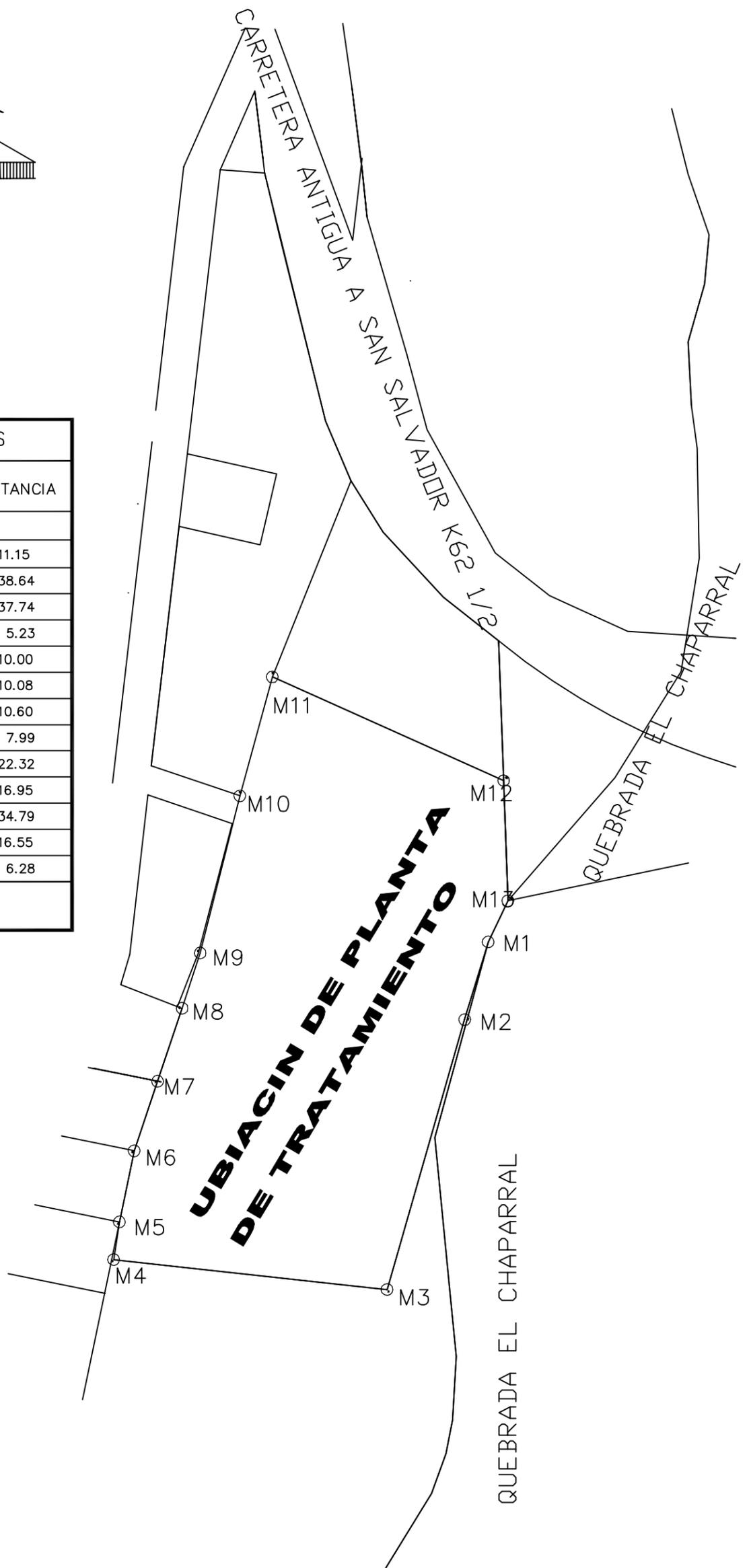
CUADRO 2.3 NIVEL DE TAPADERA Y FONDO DE POZOS DE VISITA DE AGUAS RESIDUALES COLONIA LA UNION

NUM CORR	# POZO	NIVEL DE TAPAD N.T	NIVEL DE FONDO N.F	h pozo	
1	1			0	
2	2	678.95	677.75	1.2	
3	3	682.35	677.28	5.07	
4	4	682.76	678.71	4.05	
5	5	683.33	682	1.33	
6	5A	688.16	686.95	1.21	
7	6	685.25	683.9	1.35	
8	7	689.9	685.6	4.3	
9	8	687.41	686.21	1.2	
10	9	683.7	681	2.7	
11	10	693.18	690	3.18	
12	11	685.6	684	1.6	
13	12	693.4	690.2	3.2	
14	13	687.25	685.9	1.35	
15	14	687.9	686.3	1.6	
16	15	697.93	693.37	4.56	
17	16	688.11	686.75	1.36	
18	17	697.93	694.8	3.13	
19	18	688.7	687.52	1.18	
20	19	697.99	694.79	3.2	
21	20	689.06	687.52	1.54	
22	21	690.45	689.1	1.35	
23	22	699.93	697	2.93	
24	23	692.4	690	2.4	

ANEXO N°6



CUADRO DE RUMBOS Y DISTANCIAS		
MOJON	RUMBO	DISTANCIA
M1-M2	S 16°51'52" O	11.15
M2-M3	S 15°59'24" O	38.64
M3-M4	N 83°43'47" O	37.74
M4-M5	N 08°39'03" E	5.23
M5-M6	N 11°38'49" E	10.00
M6-M7	N 18°32'44" E	10.08
M7-M8	N 18°32'44" E	10.60
M8-M9	N 18°04'48" E	7.99
M9-M10	N 14°08'50" E	22.32
M10-M11	N 15°11'03" E	16.95
M11-M12	S 65°48'01" E	34.79
M12-M13	S 02°03'43" E	16.55
M13-M1	S 25°26'35" O	6.28
SUPERFICIE = 2,915.04 m ²		



**FIG.
3.26**

PLANO TOPOGRAFICO DEL TERRENO PARA LA PLANTA DE TRATAMIENTO

PROYECTO= **DISEÑO DE RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLANTA DE TRATAMIENTO EN COLONIA LA UNION, SANTA ANA**

PROPIETARIO= ALCALDIA MUNICIPAL DE SANTA ANA

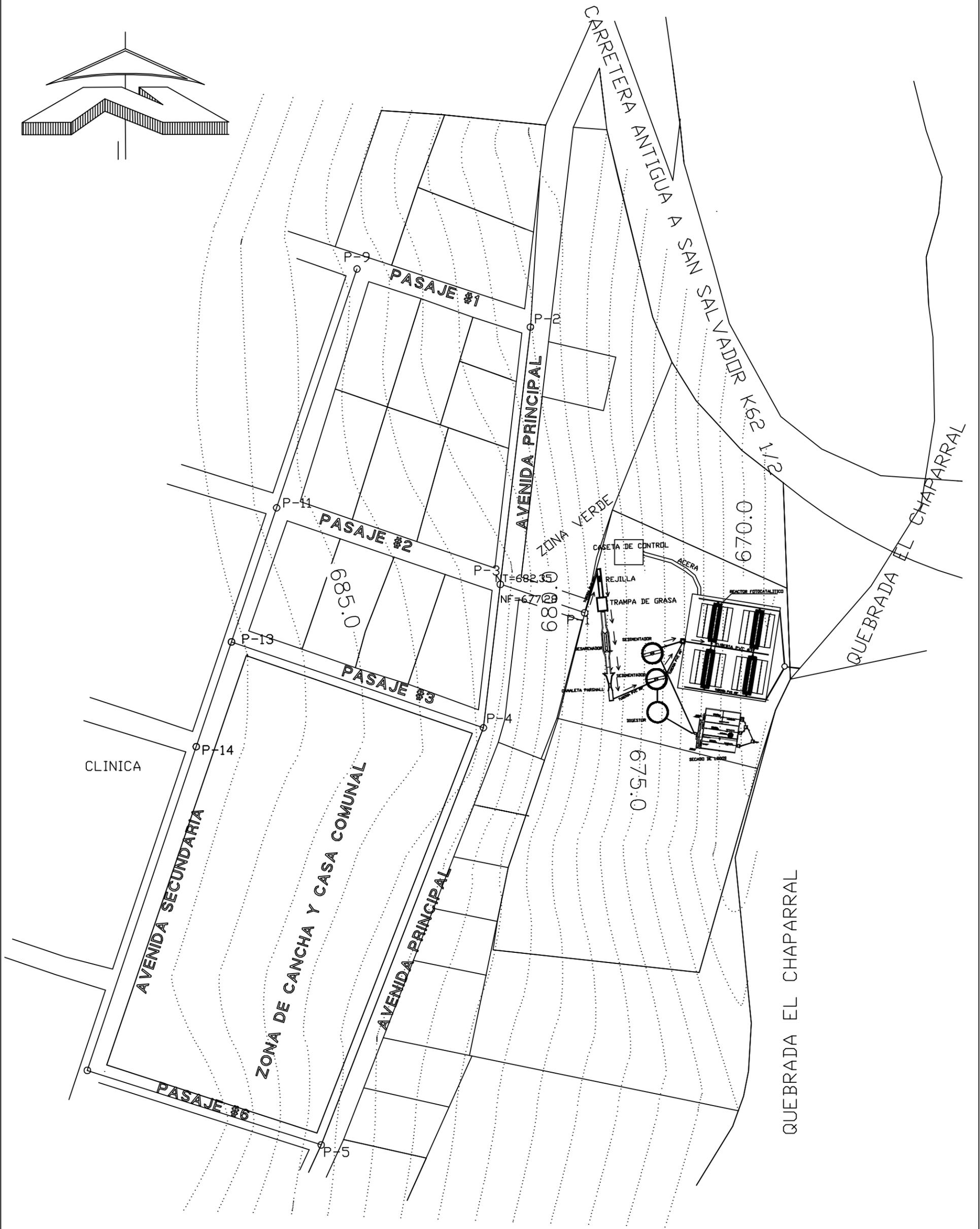
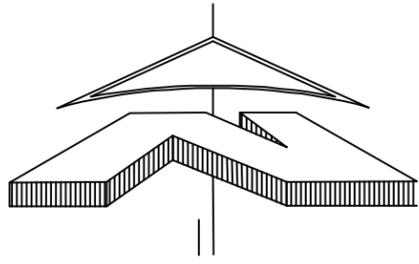
UBICACION= COLONIA LA UNION, CANTON PRIMAVERA, SANTA ANA DEPARTAMENTO DE SANTA ANA.

UNIVESIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE

ESC. LAS INDICADAS

JULIO 2009

PRESENTA= ALAS CASTRO, JOSE AGUSTIN GUERRA BRIZUELA, DAVID DE JESUS



UBICACION DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE A.N

PROYECTO= **DISEÑO DE RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLANTA DE TRATAMIENTO EN COLONIA LA UNION, SANTA ANA**

PROPIETARIO= ALCALDIA MUNICIPAL DE SANTA ANA

UBICACION= COLONIA LA UNION, CANTON PRIMAVERA, SANTA ANA DEPARTAMENTO DE SANTA ANA.

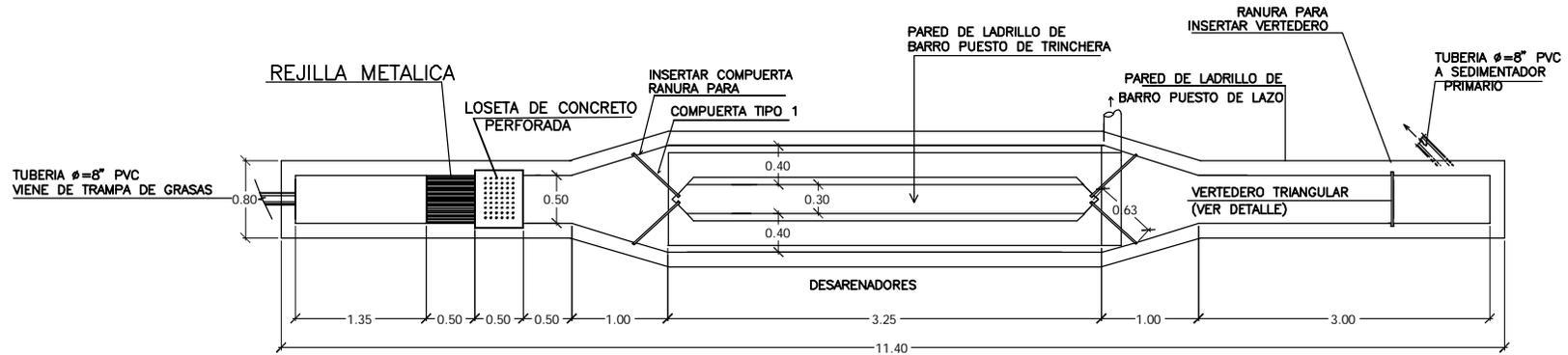
UNIVESIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE

ESC. LAS INDICADAS

JULIO 2009

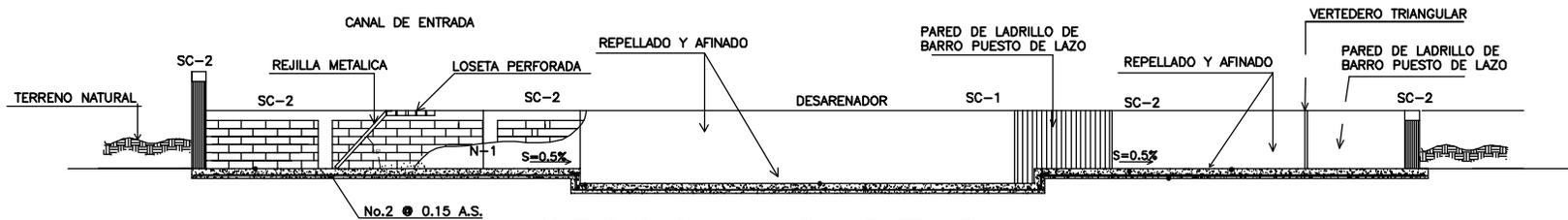
PRESENTA= ALAS CASTRO, JOSE AGUSTIN GUERRA BRIZUELA, DAVID DE JESUS

FIG. 3.27



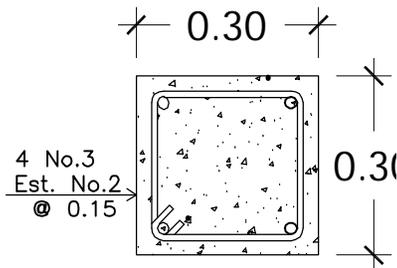
PLANTA CANAL DE ENTRADA Y DESARENADOR

ESCALA: 1:50

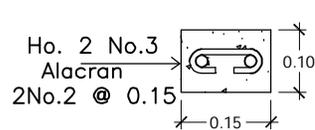


SECCION LONGITUDINAL

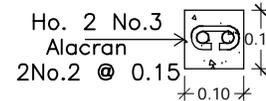
ESCALA: 1:50



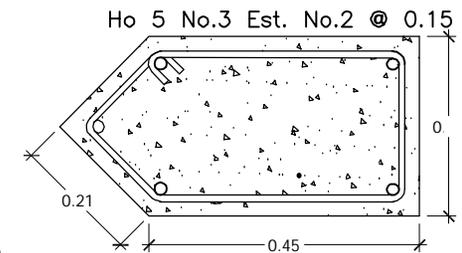
N-2
ESCALA: 1:12.5



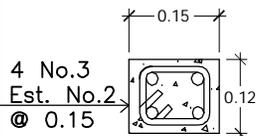
SC-2, N-4
ESCALA: 1:12.5



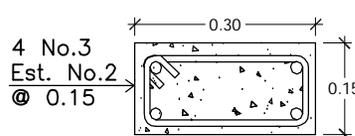
SC-3, N-5
ESCALA: 1:12.5



N-3
ESCALA: 1:12.5

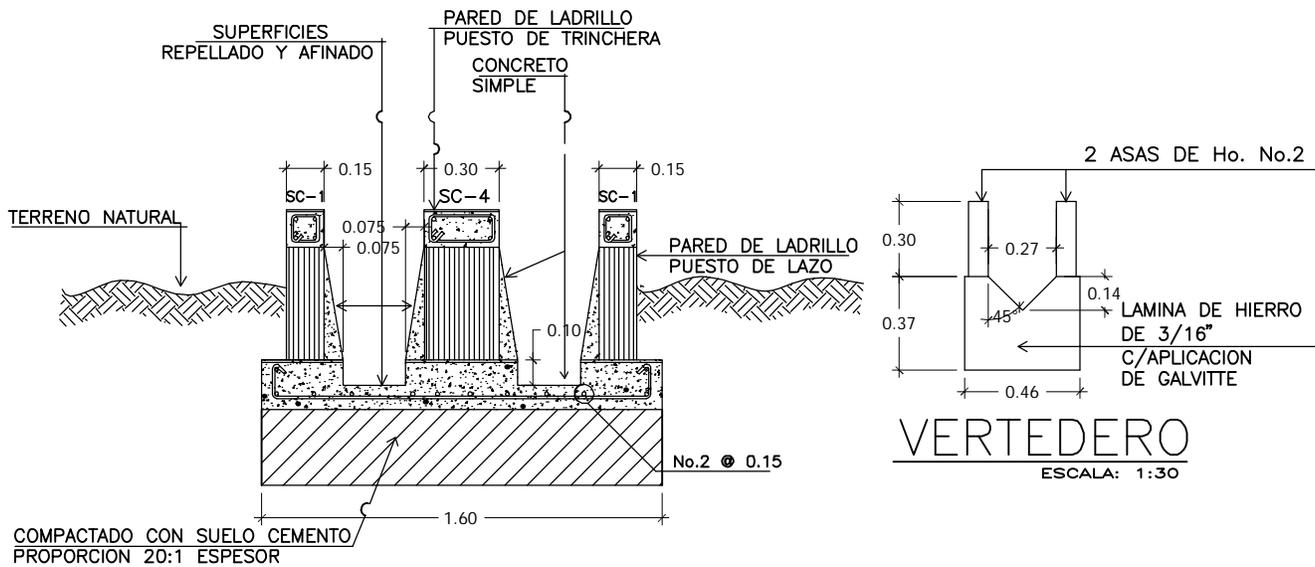


SC-1, N-1
ESCALA: 1:12.5

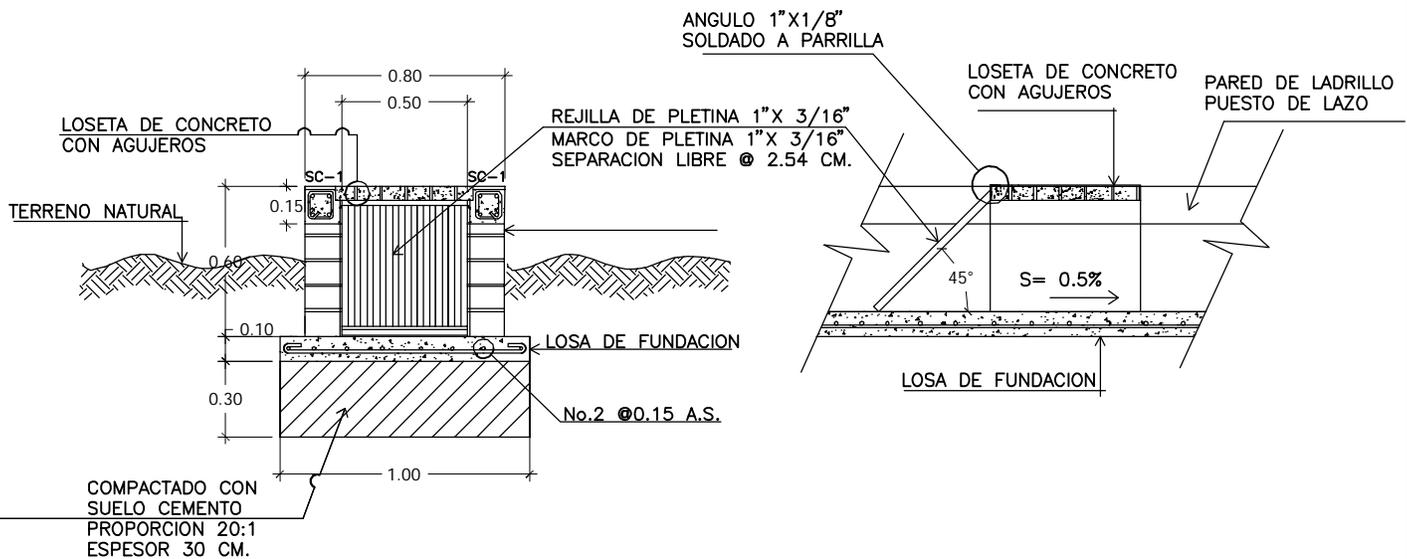


SC-4
ESCALA: 1:12.5

ANEXO Nº 6 FIGURA 3.28	PROYECTO-DISEÑO DE RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN COLONIA LA UNION, SANTA ANA	
	PROPIETARIO= ALCALDIA MUNICIPAL DE SANTA ANA	UNIVESIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE
	UBICACION= COLONIA LA UNION, CANTON PRIMAVERA, SANTA ANA DEPARTAMENTO DE SANTA ANA.	PRESENTA= ALAS CASTRO, JOSE AGUSTIN GUERRA BRIZUELA, DAVID DE JESUS
ESC. LAS INDICADAS	AGOSTO 2009	

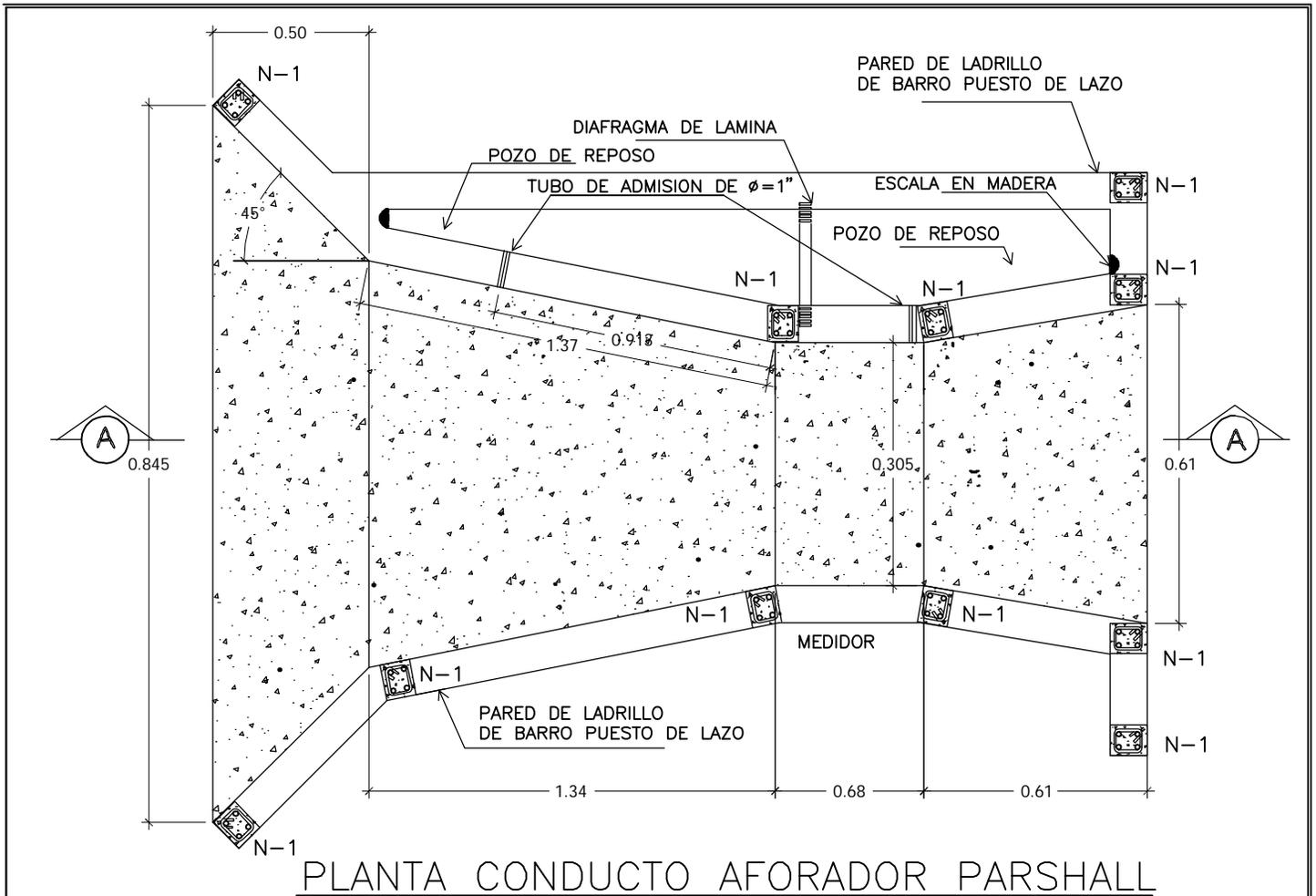


SECCION B-B
CANAL DE ENTRADA Y DESARENADORES
ESCALA: 1:30

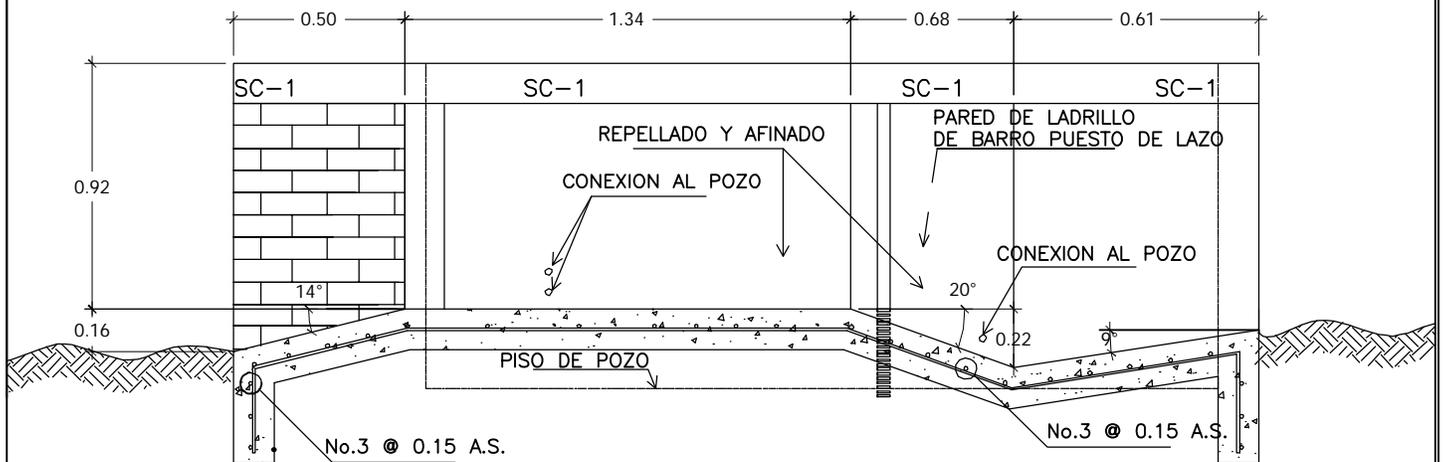


SECCION A-A
ESCALA: 1:30

ANEXO N° 6 FIGURA 3.29	PROYECTO- DISEÑO DE RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN COLONIA LA UNION, SANTA ANA	
	PROPIETARIO- ALCALDIA MUNICIPAL DE SANTA ANA	
	UBICACION- COLONIA LA UNION, CANTON PRIMAVERA, SANTA ANA DEPARTAMENTO DE SANTA ANA.	
ESC. LAS INDICADAS	AGOSTO 2009	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE
		PRESENTA- ALAS CASTRO, JOSE AGUSTIN GUERRA BRIZUELA, DAVID DE JESUS

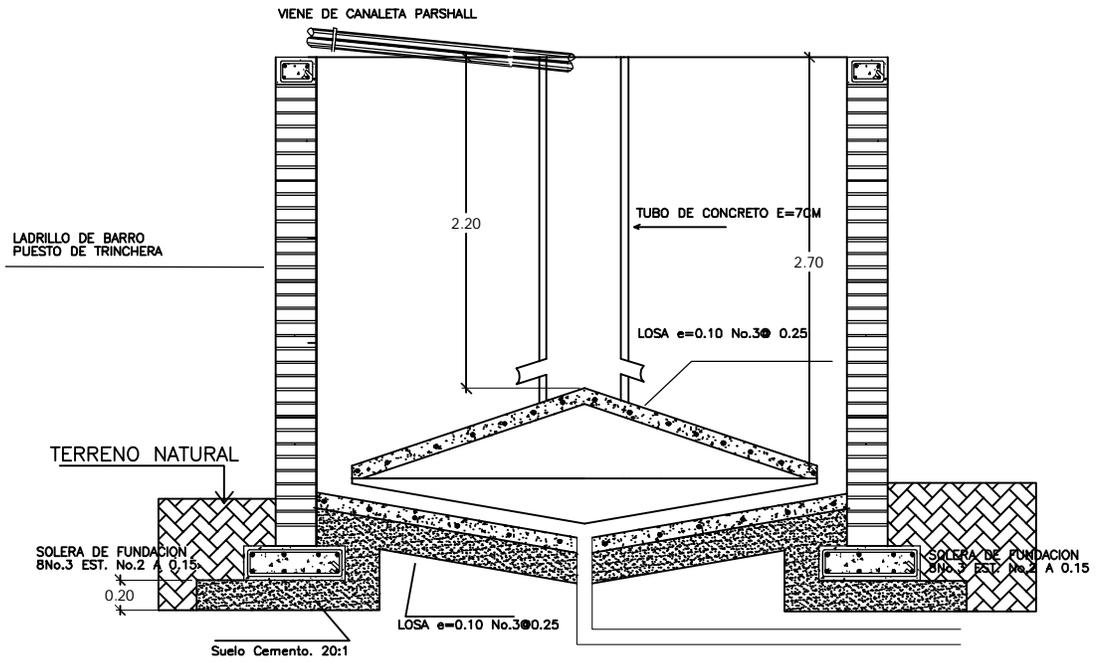


ESCALA: 1:50



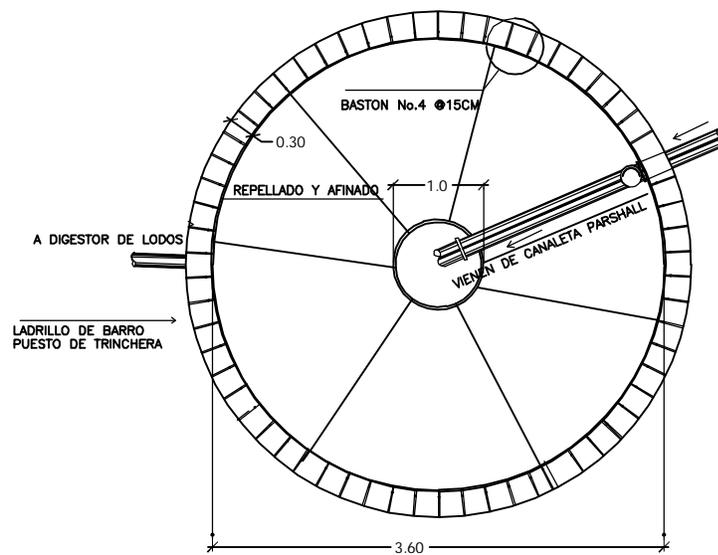
ESCALA: 1:50

<p>ANEXO N° 6 FIGURA 3.30</p>	<p>PROYECTO- DISEÑO DE RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN COLONIA LA UNION, SANTA ANA</p>	
	<p>PROPIETARIO- ALCALDIA MUNICIPAL DE SANTA ANA</p>	
	<p>UBICACION- COLONIA LA UNION, CANTON PRIMAVERA, SANTA ANA DEPARTAMENTO DE SANTA ANA.</p>	
<p>ESC. LAS INDICADAS</p>	<p>AGOSTO 2009</p>	<p>UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE</p>
<p>PRESENTA- ALAS CASTRO, JOSE AGUSTIN GUERRA BRIZUELA, DAVID DE JESUS</p>		



SEDIMENTADOR PRIMARIO

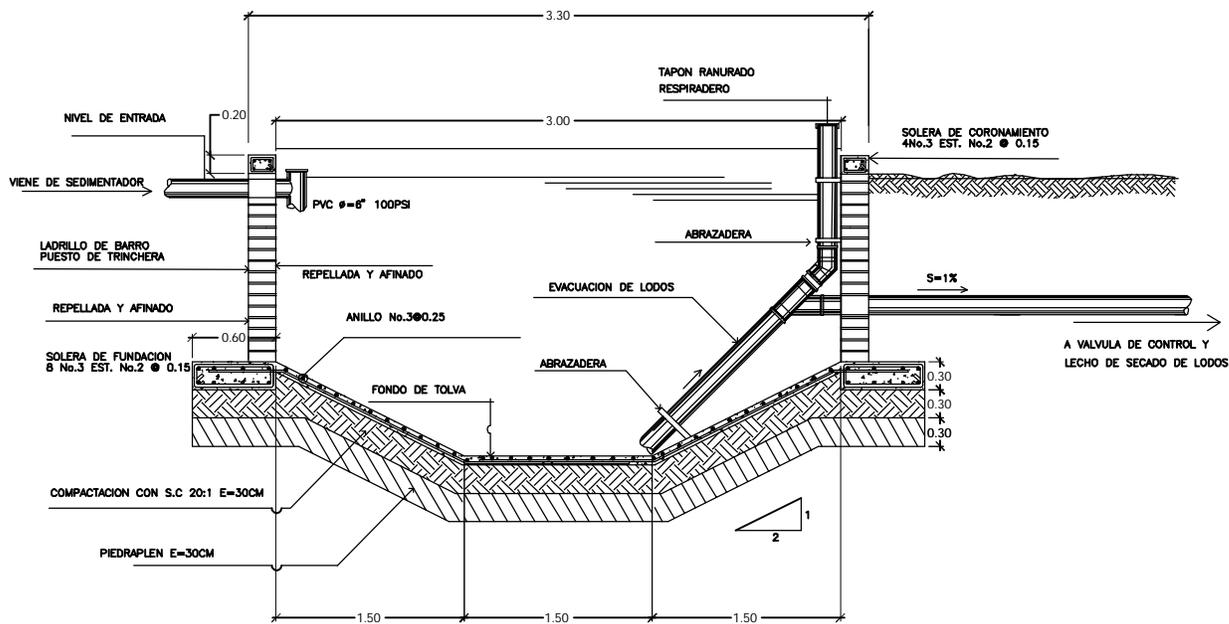
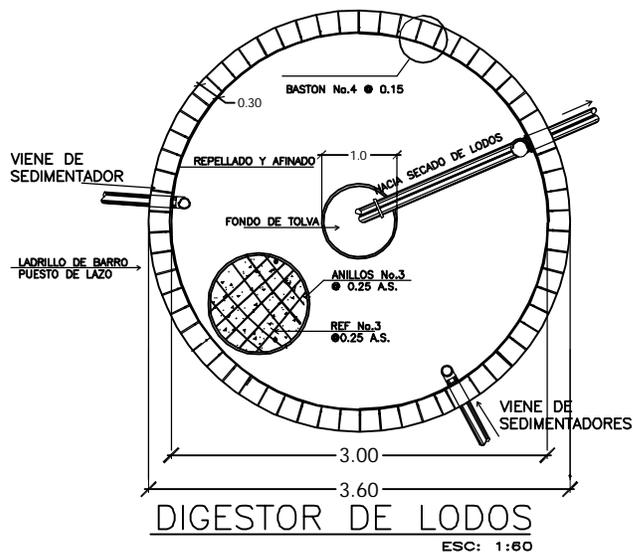
ESC: 1:50



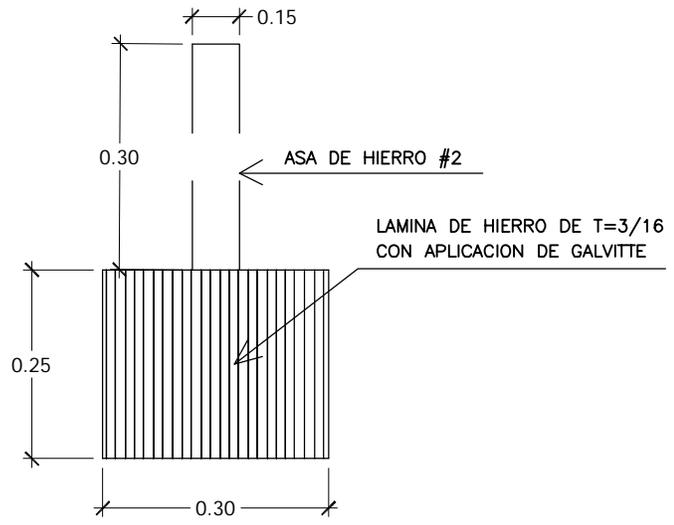
SEDIMENTADOR PRIMARIO

ESC: 1:50

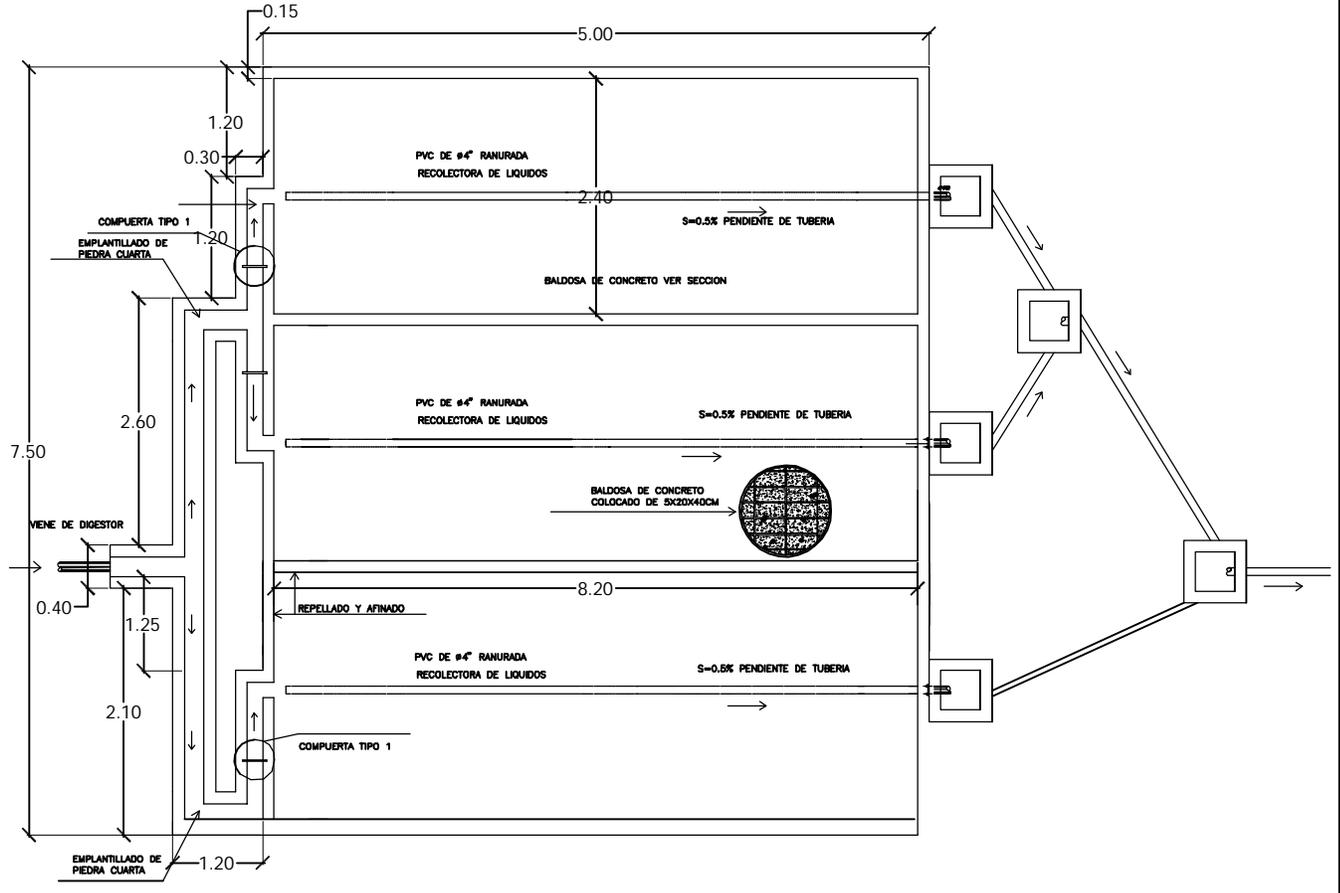
ANEXO N° 6 FIGURA 3.31	PROYECTO= DISEÑO DE RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN COLONIA LA UNION, SANTA ANA	
	PROPIETARIO= ALCALDIA MUNICIPAL DE SANTA ANA	
	UBICACION= COLONIA LA UNION, CANTON PRIMAVERA, SANTA ANA DEPARTAMENTO DE SANTA ANA.	
ESC. LAS INDICADAS	AGOSTO 2009	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE
		PRESENTA= ALAS CASTRO, JOSE AGUSTIN GUERRA BRIZUELA, DAVID DE JESUS



ANEXO N° 6 FIGURA 3.32	PROYECTO- DISEÑO DE RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN COLONIA LA UNION, SANTA ANA	
	PROPIETARIO= ALCALDIA MUNICIPAL DE SANTA ANA	
	UBICACION= COLONIA LA UNION, CANTON PRIMAVERA, SANTA ANA DEPARTAMENTO DE SANTA ANA.	
ESC. LAS INDICADAS		AGOSTO 2009
		UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE
		PRESENTA= ALAS CASTRO, JOSE AGUSTIN GUERRA BRIZUELA, DAVID DE JESUS

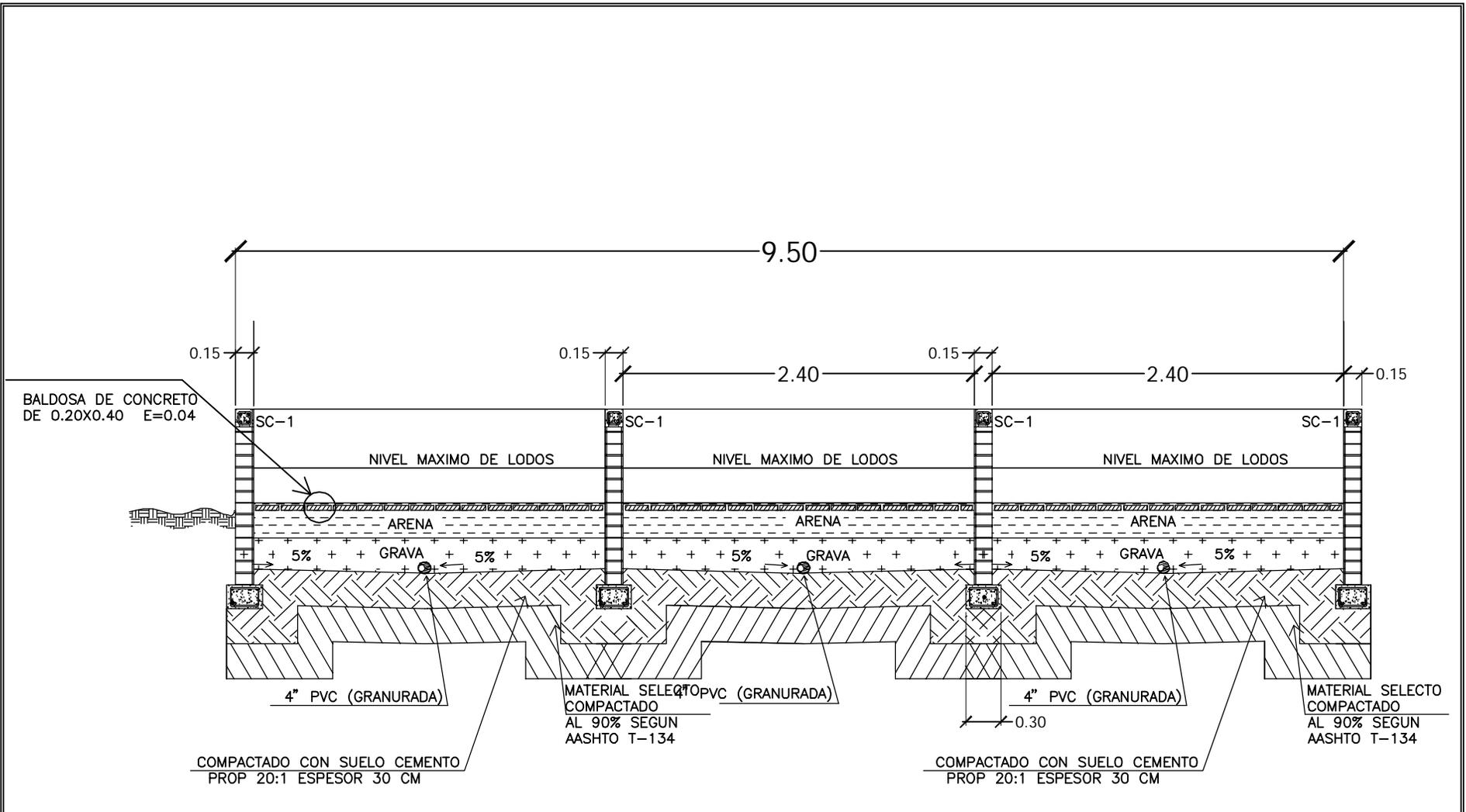


COMPUERTA TIPO 1
ESC: 1:50



PLANTA DE LECHO DE SECADO DE LODOS
ESC: 1:100

ANEXO N° 6 FIGURA 3.33	PROYECTO= DISEÑO DE RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN COLONIA LA UNION, SANTA ANA	
	PROPIETARIO= ALCALDIA MUNICIPAL DE SANTA ANA	
	UBICACION= COLONIA LA UNION, CANTON PRIMAVERA, SANTA ANA DEPARTAMENTO DE SANTA ANA.	
ESC. LAS INDICADAS	AGOSTO 2009	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE
		PRESENTA= ALAS CASTRO, JOSE AGUSTIN GUERRA BRIZUELA, DAVID DE JESUS

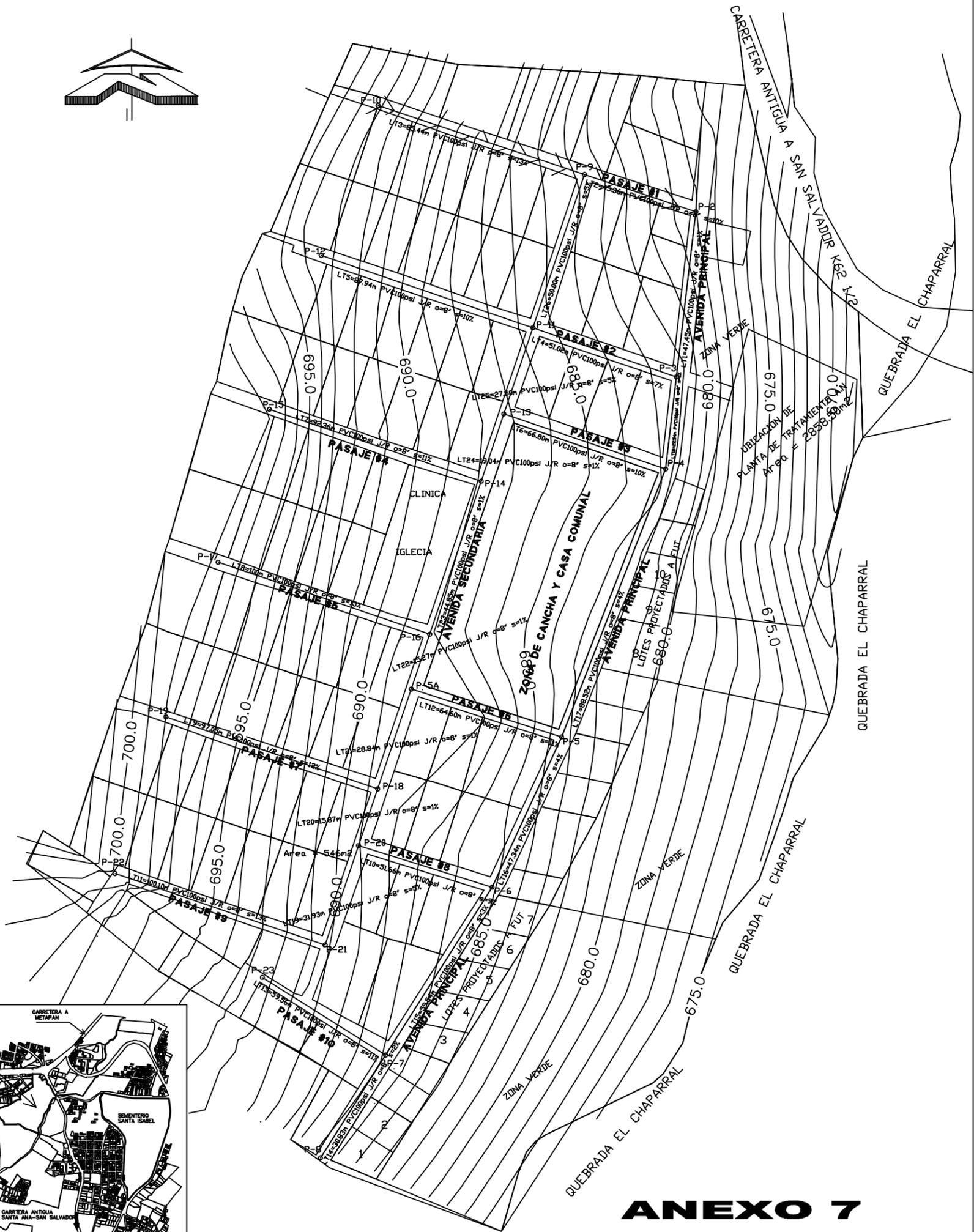
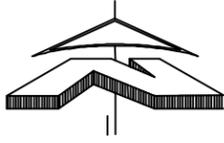


SECCION DE LECHO DE SECADO DE LODOS

ESC: 1:50

ANEXO N° 6 FIGURA 3.34	PROYECTO - DISEÑO DE RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN COLONIA LA UNION, SANTA ANA	
	PROPIETARIO = ALCALDIA MUNICIPAL DE SANTA ANA	UNIVESIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE
	UBICACION = COLONIA LA UNION, CANTON PRIMAVERA, SANTA ANA DEPARTAMENTO DE SANTA ANA.	PRESENTA = ALAS CASTRO, JOSE AGUSTIN GUERRA BRIZUELA, DAVID DE JESUS
ESC. LAS INDICADAS	AGOSTO 2009	

ANEXO N°7



ANEXO 7 PLANO DE CONJUNTO

PROYECTO= DISEÑO DE RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLANTA DE TRATAMIENTO EN COLONIA LA UNIÓN, SANTA ANA		UNIVESIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE
PROPIETARIO= ALCALDIA MUNICIPAL DE SANTA ANA		
UBICACION= COLONIA LA UNIÓN, CANTON PRIMAVERA, SANTA ANA DEPARTAMENTO DE SANTA ANA.		PRESENTA= ALAS CASTRO, JOSE AGUSTIN GUERRA BRIZUELA, DAVID DE JESUS
ESC. LAS INDICADAS	JULIO 2009	

ANEXO N°8

PLAN DE OFERTA

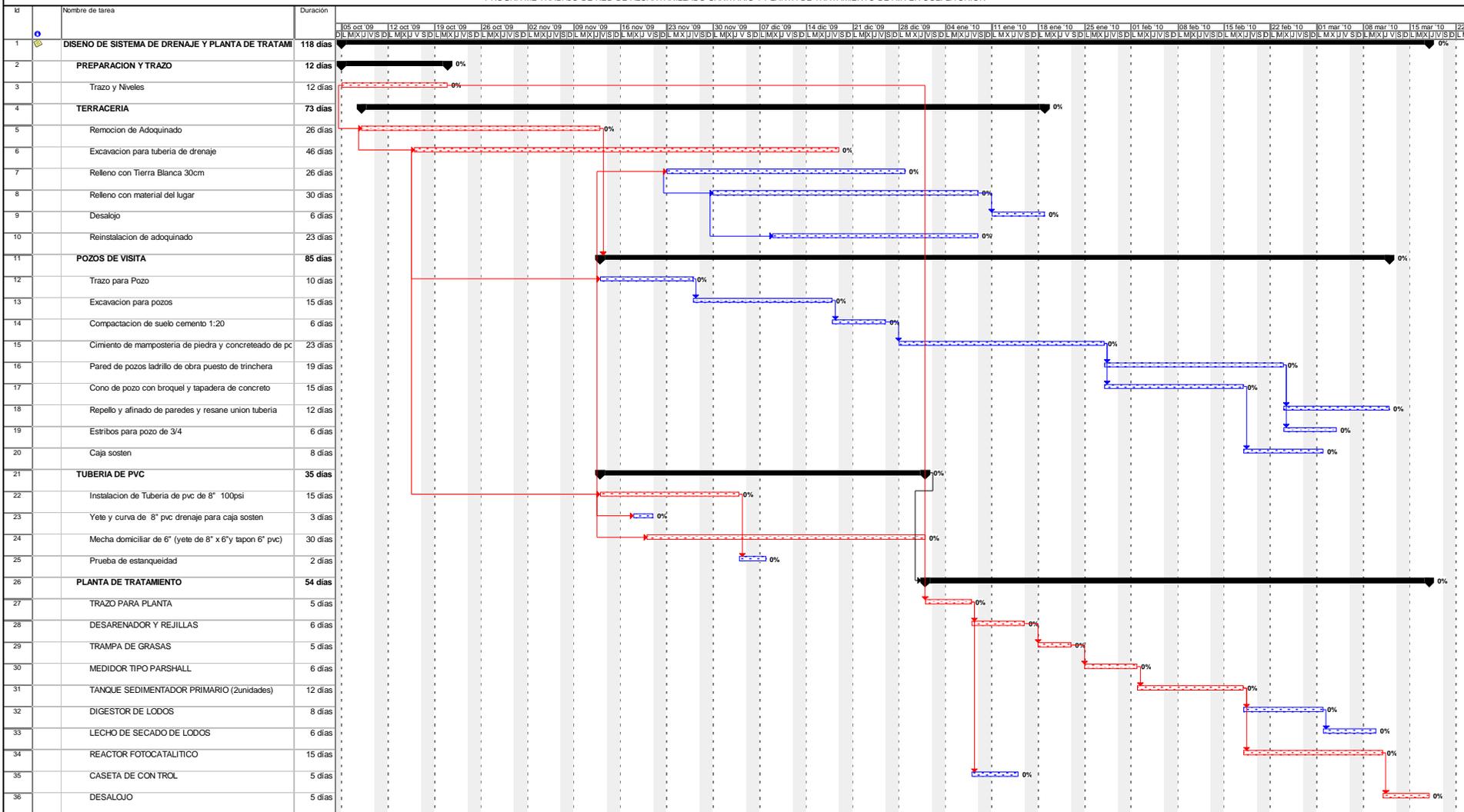
PROYECTO: "DISEÑO DE RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN COLONIA LA UNION, SANTA ANA"

ITEM	PARTIDA	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNIT	SUB- TOTAL	TOTAL
1.0	OBRAS PRELIMINARES					\$ 2,824.57
1.01	Rotulo	1.00	s.g	\$ 154.57	\$ 154.57	
1.02	Bodega	1.00	s.g	\$ 2,670.00	\$ 2,670.00	
2.0	TRAZO Y EXCAVACION					\$ 28,740.57
2.01	Trazo y nivelación	1423.01	ml	\$ 0.73	\$ 1,038.80	
2.02	Excavación para tubería	2134.50	m3	\$ 3.75	\$ 8,004.38	
2.03	Compactación de zanja con material selecto	505.19	m3	\$ 7.20	\$ 3,637.37	
2.04	Compactacion de zanja con material del lugar	5557.10	m3	\$ 2.89	\$ 16,060.02	
3.0	POZOS DE VISITA A.N (23U)					\$ 19,281.57
3.01	Trazo para Pozo	24.00	unidad	\$ 1.66	\$ 39.84	
3.02	Excavacion para pozos	135.06	m3	\$ 6.88	\$ 929.21	
3.03	Compactacion de suelo cemento 1:20	4.56	m3	\$ 31.18	\$ 142.18	
3.04	Cimiento de mampostería de piedra y concreteado de pozo D=1,1m	5.23	m3	\$ 99.46	\$ 520.18	
3.05	Pared de pozos ladrillo de obra puesto de trinchera	319.31	m2	\$ 29.50	\$ 9,419.65	
3.06	Cono de pozo con broquel y tapadera de concreto	24.00	c/u	\$ 175.93	\$ 4,222.32	
3.07	Repello y afinado de paredes y resane union tubería	319.31	m2	\$ 4.15	\$ 1,325.14	
3.08	Estribos para pozo de No.3	461.00	unidad	\$ 4.23	\$ 1,950.03	
3.09	Caja sosten	6.00	unidad	\$ 122.17	\$ 733.02	
4.0	TUBERIA DE PVC					\$ 74,408.39
4.01	Instalacion de Tubería de pvc de 8" 100psi	1425.30	ml	\$ 28.66	\$ 40,849.10	
4.02	Yete y curva de 8" pvc drenaje para caja sosten	6.00	unidad	\$ 20.98	\$ 125.88	
4.03	Mecha domiciliar de 6" (yete de 8" x 6" y tapon 6" pvc)	124.00	unidad	\$ 103.20	\$ 12,796.80	
4.04	Rotura y reparacion de adoquinado	711.50	m2	\$ 26.30	\$ 18,712.45	
4.05	Prueba de estanqueidad	1425.30	ml	\$ 1.35	\$ 1,924.16	
5.0	DESARENADOR Y REJILLAS					\$ 2,290.62
5.01	Trazo y nivelacion	7.00	m2	\$ 0.92	\$ 6.44	
5.02	Excavacion en material semiduro	6.30	m3	\$ 10.31	\$ 64.95	
5.03	Suelo cemento con material selecto prop 20:1 e=30cm	4.30	m3	\$ 31.18	\$ 134.07	
5.04	Compactado con material selecto e=30cm	4.30	m3	\$ 24.94	\$ 107.26	
5.05	Solera de coronamiento 0.15x0.30, ref 4No.3 est No.2 @0.15	7.00	ml	\$ 24.87	\$ 174.09	
5.06	Solera de coronamiento 0.15x0.15, ref 4#3 est #2 @0.15	6.30	ml	\$ 20.55	\$ 129.47	
5.07	Nervio 0.15x0.12, ref 4#3 est #2 @ 0.15	7.80	ml	\$ 18.36	\$ 143.21	
5.08	Nervio 0.45x0.30, ref 5#3 est #2 @ 0.16	1.50	ml	\$ 60.29	\$ 90.44	
5.09	Losa inferior entrada y salida desarenador e=0.10, ref #2 @0.15 a.s.	5.30	m2	\$ 45.70	\$ 242.21	
5.10	Losa inferior entrada y salida desarenador e=0.20, ref #2 @0.15 a.s.	4.25	m2	\$ 60.78	\$ 258.32	
5.11	Pared de ladrillo de barro puesto de trinchera	2.30	m2	\$ 21.20	\$ 48.76	
5.12	Pared de ladrillo de barro puesto de lazo	10.30	m2	\$ 18.45	\$ 190.04	
5.13	Repello y afinado de paredes	23.50	m2	\$ 5.39	\$ 126.67	
5.14	Loseta de concreto con agujeros	1.00	c/u	\$ 31.78	\$ 31.78	
5.15	Rejilla metálica en canal de entrada	1.00	c/u	\$ 40.34	\$ 40.34	
5.16	Compuerta de lamina de hierro 1/8" c/pintura anticorrosiva	4.00	c/u	\$ 122.53	\$ 490.12	
5.17	Vertedero de lamina Ho de t=3/16" con asas Ho No.2	1.00	c/u	\$ 12.45	\$ 12.45	

PLAN DE OFERTA
PROYECTO: "DISEÑO DE RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN COLONIA LA UNION, SANTA ANA"

ITEM	PARTIDA	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNIT	SUB- TOTAL	TOTAL
6.0	TRAMPA DE GRASAS					\$ 1,977.21
6.01	Trazo y nivelacion	3.68	m2	\$ 0.92	\$ 3.39	
6.02	Excavacion en material semiduro	7.36	m3	\$ 10.31	\$ 75.88	
6.03	Suelo cemento compactado con material selecto prop 20:1 e=30cm	2.81	m3	\$ 31.18	\$ 87.62	
6.04	Compactado con material selecto e=30cm	2.81	m3	\$ 24.94	\$ 70.09	
6.05	Solera de fundacion 0.15x0.20, ref 4No.3 est No.2 @0.15	7.80	ml	\$ 26.35	\$ 205.53	
6.06	Solera de coronamiento 0.15x0.20, ref4No.3 est No.2 @0.15	7.80	ml	\$ 24.87	\$ 193.99	
6.07	Losa superior e=0.15, ref No.3@0.3 a.s.	3.70	m2	\$ 60.78	\$ 224.89	
6.08	Losa inferior e=0.15, ref con electromalla 9/9	3.80	m3	\$ 45.70	\$ 173.66	
6.09	Pared de bloque de concreto 15x20x40 ref vert No.4 @0.4, ref hor No.3@0.4, todas celdas llenas	19.50	m2	\$ 32.10	\$ 625.95	
6.10	Repello y afinado de paredes	39.20	m2	\$ 5.39	\$ 211.29	
6.11	Colocacion de tuberia para conexion Ø=6"	2.00	c/u	\$ 6.78	\$ 13.56	
6.12	Tapadera de concreto reforzado e=0.15, ref No.2 @ 0.15 a.s.	2.00	c/u	\$ 45.68	\$ 91.36	
7.0	MEDIDOR TIPO PARSHALL					\$ 1,343.27
7.01	Trazo y nivelacion	7.30	m2	\$ 0.92	\$ 6.72	
7.02	Excavacion en material semiduro	6.50	m3	\$ 10.31	\$ 67.02	
7.03	Solera de coronamiento 0.15x0.12, ref 4 No.3 est No.2 @0.15	11.30	ml	\$ 24.87	\$ 281.03	
7.04	Losa de fundacion espesor 0.15 m, ref No.3@0.15	9.30	m2	\$ 53.24	\$ 495.13	
7.05	Nervio, ref 4No.3, est No.2 @ 0.15	7.30	ml	\$ 26.22	\$ 191.41	
7.06	Pared de ladrillo de barro puesto de lazo	8.30	m2	\$ 18.45	\$ 153.14	
7.07	Repello y afinado	25.30	m2	\$ 5.39	\$ 136.37	
7.08	Diafragma de lamina de Ho t= 1/4"	1.00	c/u	\$ 12.45	\$ 12.45	
8.0	TANQUE SEDIMENTADOR PRIMARIO (2 unidades)					\$ 9,046.40
8.01	Trazo y nivelacion	19.20	m2	\$ 0.92	\$ 17.66	
8.02	Excavacion en material semiduro	50.30	m3	\$ 10.31	\$ 518.59	
8.03	Desalojo	46.30	m3	\$ 7.25	\$ 335.68	
8.04	Suelo cemento con material selecto prop 20:1 e=30cm	6.40	m3	\$ 31.18	\$ 199.55	
8.05	Compactado con material selecto e=30cm	6.40	m3	\$ 24.94	\$ 159.64	
8.06	Solera de coronamiento 0.20x0.20, ref 4No.3 est No.2 @0.15	24.60	ml	\$ 24.87	\$ 611.80	
8.07	Losa de concreto al aire 0.25x0.40 e=0.06, refNo.3 @0.15	21.30	m3	\$ 60.78	\$ 1,294.61	
8.08	Zapata corrida 1.8x0.30,ref 8No.4 est No.2 @0.25	24.30	m3	\$ 53.30	\$ 1,295.19	
8.09	Losa de fundacion e=0.10, ref No.3 @0.25 a.s.	20.10	m2	\$ 45.70	\$ 918.57	
8.10	Pared de bloque de concreto 0.15x0.20x0.40, ref vert #5@0.2, ref hor #3 @0.4	80.10	m2	\$ 32.10	\$ 2,571.21	
8.11	Bloque solera 0.15x0.20x0.40, ref 2No.3 alacran No.2@0.15	24.60	ml	\$ 5.23	\$ 128.66	
8.12	Repello y afinado con sika 1	136.20	m2	\$ 5.39	\$ 734.12	
8.13	Tuberia de PVC Ø=6"	32.00	ml	\$ 8.16	\$ 261.12	
9.0	LECHO DE SECADO DE LODOS					\$ 4,978.81
9.01	Trazo y nivelacion	38.30	m2	\$ 0.92	\$ 35.24	
9.02	Excavacion en material semiduro	22.50	m3	\$ 10.31	\$ 231.98	
9.03	Desalojo	20.30	m3	\$ 7.25	\$ 147.18	
9.04	Suelo cemento con material selecto prop 20:1 e=30cm	7.66	m3	\$ 31.18	\$ 238.84	
9.05	Solera de fundacion 0.2x0.30, ref 4#3 est #2 @0.15	25.00	ml	\$ 26.35	\$ 658.75	
9.06	Solera de coronamiento 0.15x0.15, ref4#3 est #2 @0.15	25.00	ml	\$ 24.87	\$ 621.75	
9.07	Nervio 0.15x0.15, ref 4#3 est #2 @ 0.15	21.30	ml	\$ 16.30	\$ 347.19	
9.08	Pared de ladrillo de barro puesto de lazo	26.30	m2	\$ 18.45	\$ 485.24	
9.09	Repello y afinado de paredes	50.30	m2	\$ 5.39	\$ 271.12	
9.10	Tuberia ranurada ø4" pvc 100psi recolectora	23.10	ml	\$ 6.73	\$ 155.46	
9.11	Baldosa de concreto (colocado) de 5x20x40 cm	38.30	m2	\$ 23.20	\$ 888.56	
9.12	Arena gruesa para medio filtrante	11.40	m3	\$ 17.00	\$ 193.80	
9.13	Grava no1 para medio filtrante	11.50	m3	\$ 27.00	\$ 310.50	
9.14	Caja tipo 0.5x0.5 m	6.00	c/u	\$ 55.00	\$ 330.00	
9.15	Compuerta de lamina de hierro 3/16	1.00	c/u	\$ 63.20	\$ 63.20	

PROGRAMA DE TRABAJO DE RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLANTA DE TRATAMIENTO DE A.N EN COL. LA UNION



Proyecto: PROGRAMA LA UNIO
Fecha: lun 21/09/09



ANEXO N°9

ANEXO. 9 - MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPO DE PLANTA DE TRATAMIENTO DEL PROYECTO: “DISEÑO DE RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN COLONIA LA UNIÓN, SANTA ANA”

PASOS A SEGUIR PARA EL BUEN FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO DE BOMBEO

- 1) Es recomendable que los tanques contengan la suficiente agua para que el equipo de aireación pueda entrar en funcionamiento adecuado y estos no se queden en seco y así no se puedan deteriorar por mal uso.
- 2) Verificar la cantidad adecuada de oxido de zinc como fotocatalizador según lo recomendado en por el químico encargado de la planta que será de 3900 gr cada **35 minutos** por tanque.
- 3) Verificar que el agua este siempre en movimiento por medio del sistema de aireación.
- 4) Estar en constante verificación del sistema de filtrado de las partículas de zinc en el filtro a presión microscópico para su recolección y su rehúso.
- 5) Se recomienda realizar la limpieza general por cada unidad de la planta trampa de grasas, desarenador, canaleta parshall, tanque presedimentador, y los tanques de reacion del sistema fotocatalitico.
- 6) Hacer pruebas laboratorio que exijan las Normas Salvadoreñas Obligatorias de aguas residuales que se encuentre en vigencia a nivel del territorio nacional cada **semana** y llevar un control de la base de datos de cómo se han comportado los resultado de análisis de las pruebas durante todo el periodo de la vida útil de la planta y así poder verificar si se están ejecutando en orden los diferentes procesos que se llevan a cabo a lo largo del sistema de tratamiento.
- 7) Es recomendable contratar un técnico encargado del equipo del sistema de aireación por lo meno cada dos semanas.

Hacer un inventario de llegadas del técnico a supervisar el sistema de bombeo.

Fecha de visita	Técnico Responsable	Firma	Observaciones

- 8) En caso de encontrarse con alguna dificultad de operación en el sistema de tratamiento de aguas residuales se pueden cerrar las compuertas que conectan al sistema de tratamiento y descargar directamente las aguas residuales provenientes de la colonia directamente

ANEXO 10 : REGLAMENTO ESPECIAL DE AGUAS RESIDUALES

Informes operacionales

Art. 9.- Los titulares deben elaborar y presentar al Ministerio informes operacionales de los sistemas de tratamiento de aguas residuales y de las condiciones de sus vertidos, que reflejen la frecuencia del muestreo, conforme a lo estipulado en los Arts. 16, 19 y 25 de este Reglamento. El resumen anual formará parte del informe anual de resultado de la aplicación de los Programas de Manejo Ambiental o de Adecuación Ambiental.

Los costos de los análisis para la elaboración de los informes operacionales serán sufragados por el titular.

Contenido de los informes

Art. 10.- Los informes operacionales periódicos deberán contener como requisitos mínimos la siguiente información:

- a) Registro de Aforos;
- b) Registro de análisis de laboratorio efectuados por el titular y los efectuados por laboratorios acreditados, según la legislación pertinente;

- c) Registro de daños a la infraestructura, causados por situaciones fortuitas o accidentes en el manejo y funcionamiento del sistema;
- d) Situaciones fortuitas o accidentes en el manejo y el funcionamiento del sistema que originen descargas de aguas residuales con niveles de contaminantes que contravengan los límites permitidos por las normas técnicas respectivas;
- e) Evaluación del estado actual del sistema, y
- f) Acciones correctivas y de control.

CAPITULO III

ANÁLISIS OBLIGATORIO

Validez de los análisis

Art. 11.- En base al Art. 23, de la Ley y con el fin de que los análisis incluidos en los informes requeridos en el Permiso Ambiental sean válidos, deberán provenir de laboratorios legalmente acreditados por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, en lo sucesivo CONACYT. Tales laboratorios son aquéllos con los que se puede demostrar que la caracterización del vertido cumple con las normas técnicas de calidad ambiental establecidas.

En caso de análisis para los cuales no se contare con laboratorios previamente acreditados por el CONACYT, podrá permitirse que sean aquéllos realizados por laboratorios que estén en proceso de acreditación, para lo cual el CONACYT remitirá al Ministerio el listado correspondiente.

Análisis de características

Art. 12.- En la evaluación de la calidad de las aguas residuales se incluirá el análisis de las características físico - químicas y microbiológicas, de conformidad con las normas técnicas de calidad de aguas residuales.

Aguas residuales de tipo ordinario

Art. 13.- Durante el análisis de las características físico - químicas y microbiológicas de las aguas residuales de tipo ordinario deberán ser determinados, esencialmente, los valores de los siguientes componentes:

- a) Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO'5);
- b) Potencial hidrógeno (pH);
- c) Grasas y aceites (G y A);
- d) Sólidos sedimentales (SSed);
- e) Sólidos suspendidos totales (SST);
- f) Coliformes totales (CT), y
- g) Cloruros (Cl-).

Obligatoriedad de análisis

Art. 14.- Los análisis de coliformes fecales serán obligatorios cuando:

- a) Las aguas residuales fueren vertidas en medios receptores de agua utilizados para actividades recreativas de contacto primario, acuicultura o pesca;
- b) Se originen en hospitales, centros de salud, laboratorios microbiológicos, y
- c) En los casos del Permiso Ambiental.

MUESTREO, ANÁLISIS E INFORMES OPERACIONALES

Aplicación de muestreo y análisis

Art. 17.- Las frecuencias de muestreo y análisis establecidas en este Reglamento son las mínimas requeridas para la elaboración y presentación de los informes operacionales. Su aplicación se limita a las aguas residuales vertidas en cualquier medio receptor.

Frecuencia mínima de muestreo y análisis de aguas residuales de tipo ordinario

Art. 18.- La frecuencia mínima de muestreo y análisis según caudal y componentes característicos, de los efluentes de los sistemas de tratamiento de aguas residuales de tipo ordinario, se realizará según se establece a continuación:

PARAMETROS	CAUDAL m ³ / día		
	< 50	> 50	> 100
PH, Sólidos Sedimentales y Caudal	Mensual	Semanal	Diario
Grasa y aceites	Anual	Semestral	Trimestral
DBO _{5,20}	Trimestral	Trimestral	Trimestral
Sólidos Suspendidos Totales	Anual	Semestral	Trimestral
Coliformes fecales	Trimestral	Trimestral	Trimestral

CAPITULO VI

DISPOSICIONES FINALES

Manejo inadecuado de aguas residuales

Art. 26.- Para efectos de descarga de aguas residuales a un medio receptor, no es permitido:

- a) La explotación o uso de agua con fines de dilución de aguas residuales, como tratamiento previo a la descarga, y
- b) La dilución de cualquier materia que pudiera obstaculizar en forma significativa el flujo libre del agua, formar vapores o gases tóxicos, explosivos, inyección de gases,

sustancias que causen mal olor o que pudieran alterar en forma negativa la calidad del agua del medio receptor.

Sanciones

Art. 27.- Las contravenciones a lo preceptuado en el presente Reglamento serán sancionadas de conformidad con la Ley, salvo cuando los hechos fueren constitutivos de delitos o faltas, en cuyo caso el Ministerio notificará a las autoridades competentes.

Vigencia

Art. 28.- El presente Reglamento entrará en vigencia ocho días después de su publicación en el Diario Oficial.

DADO EN CASA PRESIDENCIAL: San Salvador, a los treinta y un días del mes de mayo del año dos mil.