

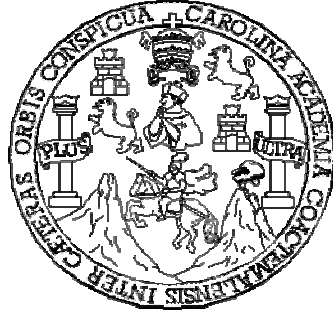
Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Civil

## **CONSTRUCCIÓN DE UN WETLAND**

Luis Felipe Arango Chamale  
Asesorado por el Ing. Pedro Saravia Celis

Guatemala, octubre de 2005

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

## **CONSTRUCCIÓN DE UN WETLAND**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNATA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

**LUIS FELIPE ARANGO CHAMALE**

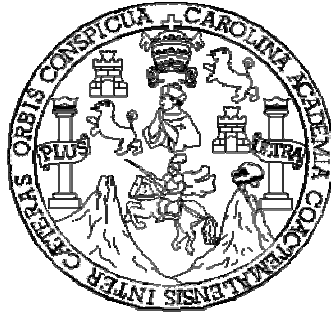
ASESORADO POR EL ING. PEDRO CIPRIANO SARAVIA CELIS

**AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE**

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2005

# UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



## FACULTAD DE INGENIERÍA

### NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	
VOCAL II	Lic. Amahán Sánchez Álvarez
VOCAL III	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIO	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

### TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Ronald Estuardo Galindo Cabrera
EXAMINADOR	Inga. Carmen Marina Mérida Alva
EXAMINADOR	Ing. José Eduardo Ramírez Saravia
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

### **CONSTRUCCIÓN DE UN WETLAND**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, el 16 de septiembre de 2004.

Luis Felipe Arango Chamale

## **AGRADECIMIENTO**

### **A: DIOS**

Por darme sabiduría, por darme fuerzas para no rendirme, por guiarme y no permitir que me saliera del camino, por darme los recursos que he necesitado, por permitirme conocer a las personas que de una u otra forma me ayudaron a llegar hasta este momento, por darme por misericordia tanto.

## **DEDICATORIA**

- A: MI PADRE** Luis Felipe Arango Cárdenas; Por tenerme confianza, por su ejemplo, por su apoyo incondicional, y principalmente por recordarme siempre en sus oraciones.
- A: MIS HIJOS** Fernando David y Miriam Esmeralda; Por ser el motivo por el cual me he esforzado para hacer las cosas lo mejor posible.
- A: MI ESPOSA** Marleny Del Rosario; por su apoyo incondicional, por la paciencia que me ha tenido y por llenarme de cariño y alegría.

# ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VI
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN	XV
OBJETIVOS	XVI
INTRODUCCIÓN	XVII

## 1. MARCO TEÓRICO

1.1. Wetland	1
1.1.1. Descripción del proceso	1
1.1.2. Componentes de un Wetland	3
1.1.2.1. Tanque o zanja	3
1.1.2.2. Sustratos, sedimentos y vegetación	3
1.1.2.3. Medio del lecho	4
1.1.2.4. Vegetación	5
1.1.2.5. Los micro-organismos	6
1.1.2.6. Animales vertebrados e invertebrados	7
1.1.3. Consideraciones de construcción	7
1.1.3.1. Impermeabilización	7
1.1.3.2. Siembra de vegetación	8
1.1.3.3. Selección y colocación del medio granular	9
1.1.3.4. Estructuras de entrada y salida	10
1.1.3.5. Recirculación	11

1.1.3.6.	Evaluación y selección del emplazamiento	11
1.1.4.	Pre-tratamiento	12
1.1.5.	Operación y mantenimiento	13
1.1.5.1.	Manejo de la vegetación	14
1.1.5.2.	Control del Wetland	14
1.2.	Técnicas de construcción	15
1.3.	Técnicas de supervisión	16
1.3.1.	Supervisión administrativa	16
1.3.2.	Supervisión técnica	16
1.3.2.1.	Planos y especificaciones	16
1.3.2.2.	Especificaciones técnicas	19
1.3.2.2.1.	Especificaciones generales	20
1.3.2.2.2.	Especificaciones detalladas	20
1.3.3.	Programación de actividades	20
1.3.4.	Supervisiones comunes	21
1.4.	Cuantificación de mano de obra	22
1.4.1.	Formas de cuantificación de la mano de obra	23
1.4.2.	Costo unitario de trabajo	23
1.4.3.	Factores que afectan el salario	24
1.4.4.	Grupos de trabajo	25
1.5.	Cuantificación de materiales de construcción	25
1.6.	Costos y presupuestos	26
1.6.1.	Ante-presupuesto:	26
1.6.2.	Costo	27
1.6.2.1.	Costo indirecto	28
1.6.2.1.1.	Costo indirecto de operación	28
1.6.2.1.2.	Costo indirecto de obra	28
1.6.2.1.3.	Financiamiento	28
1.6.2.1.4.	Utilidad	29



1.6.2.1.5.	Fianzas	29
1.6.2.1.6.	Impuestos y derechos reflejables	31
1.6.2.2.	Costo directo	31
1.6.2.2.1.	Costo directo preliminar	32
1.6.2.2.2.	Costo de materiales y mano de obra	32
1.6.2.2.3.	Costo de equipo	32
1.6.2.2.4.	Costo directo final	33
1.6.2.2.5.	Factor de sobrecosto	33
<b>2.</b>	<b>DESCRIPCIÓN DEL LUGAR</b>	<b>35</b>
2.1.	Ubicación de la planta de tratamiento	35
2.2.	Descripción de la planta piloto de ERIS	36
<b>3.</b>	<b>DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES ESTRUCTURALES DEL WETLAND</b>	<b>37</b>
3.1.	Estructura base	37
3.2.	Estructura de entrada	37
3.3.	Estructura de salida	39
3.4.	Material soporte	40
3.5.	Plantas sembradas	40
<b>4.</b>	<b>ACTIVIDADES DE CONSTRUCCIÓN DIRECCIÓN Y SUPERVISIÓN</b>	<b>41</b>
4.1.	Cálculos preliminares	
4.1.1.	Diseño del Wetland	41
4.1.2.	Planos elaborados	41
4.1.3.	Cálculo de factores que afectan el salario	44
4.1.4.	Diseño de tuberías	44
4.1.5.	Cálculo de estructuras de concreto armado	46

4.1.6.	Losa (base del tanque)	46
4.1.7.	Columna	47
4.1.8.	Cuantificación de volúmenes de trabajo	50
4.1.8.1.	Cantidad de tierra a excavar	50
4.1.8.2.	Excavación de zanja para la tubería de entrada	50
4.1.8.3.	Excavación de zanja para la tubería de salida	51
4.1.8.4.	Área de fundición de losa	52
4.1.8.5.	Levantado de pared de bloque	52
4.1.8.6.	Columnas	53
4.1.8.7.	Soleras tipo B (bloque U)	53
4.1.8.8.	Solera tipo A	54
4.1.8.9.	Muro inclinado	55
4.1.8.10.	Cernido de todas las paredes interiores y la base del tanque	55
4.1.9.	Especificaciones	56
4.1.10.	Cuantificación de materiales y mano de obra	60
4.1.11.	Presupuesto	67
4.1.12.	Cronograma de actividades y supervisiones	67
4.2.	Trabajos finales	69
4.2.1.	Costo de operación del Wetland	69
4.2.2.	Comparación entre los resultados y los cálculos preliminares en el rubro de cantidades de materiales	71
4.2.3.	Comparación entre los resultados y los cálculos preliminares en el rubro de costos directos	72
4.2.4.	Programación de actividades	72
4.3.	Financiamiento	73

4.4. Tabla de resumen de los trabajos de construcción del Wetland	73
CONCLUSIONES	75
RECOMENDACIONES	77
BIBLIOGRAFÍA	79
APÉNDICES	
A Descripción de los trabajos de campo	81
B Informe de gastos efectuados	91
C Días no trabajados y prestaciones laborales	94

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

I. Estructura de salida del Wetland	10
II. Ubicación de la Planta Piloto dentro de la cuenca de Amatitlán	36
III. Estructura base del Wetland	37
IV. Obra de captación	38
V. Vertedero	38
VI. Tubería de distribución	39
VII. Caja de salida del Wetland	39
VIII. Plantas sembradas	40
IX. Sección longitudinal del Wetland	41
X. Plano de planta acotada	42
XI. Plano de distribución de tuberías	43
XII. Distribución de carga sobre la pared	47
XIII. Diagrama de corte y momento de columna	48
XIV. Volumen de excavación	50
XV. Volumen de excavación de zanja de entrada	51
XVI. Volumen de excavación de zanja de salida	51
XVII. Área de fundición de losa	52
XVIII. Área de levantado de pared	52

XIX. Posición de columnas	53
XX. Posición de soleras tipo B	54
XXI. Posición de soleras tipo A	54
XXII. Muro inclinado	55
XXIII. Área de cernido	56
XXIV. Área en la que se excavó inicialmente	81
XXV. Área en la que se construyó el Wetland	82
XXVI. Zanja de tubería de salida	83
XXVII. Zanja de tubería de entrada	83
XXVIII. Tubos para la puesta de malla	85
XXIX. Canal de sedimentación	85
XXX. Caja de salida	86
XXXI. Bases de piedra	87
XXXII. Tubería para regular el caudal en la caja de entrada y tubería para facilitar la limpieza en la caja de entrada	88
XXXIII. Ranura donde se colocó vertedero	88
XXXIV. Cerco	89

## **TABLAS**

I. Características del medio para los Wetland	4
II. Especificaciones generales	56
III. Especificaciones particulares	57

IV. Cuantificación de materiales y mano de obra	61
V. Presupuesto	67
VI. Cronograma de actividades y supervisiones	68
VII. Comparación entre materiales calculados y materiales comprados	71
VIII. Comparación entre costo directo calculado y costo directo real	72
IX. Tabla de resumen de los trabajos de construcción del Wetland	73
X. Informe de gastos efectuados (facturas)	91
XI. Informe de gastos finales	93
XII. Días no trabajados en el año	94
XIII. Prestaciones y derechos laborales	95

## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>A</b>	Área
<b>A<sub>m</sub></b>	Área de acero de refuerzo mínimo
<b>A<sub>M</sub></b>	Área de acero de refuerzo máximo
<b>A<sub>S</sub></b>	Área de acero de refuerzo
<b>A<sub>T</sub></b>	Acero por temperatura
<b>b</b>	Ancho de elemento de concreto armado
<b>CD</b>	Costo directo
<b>CO</b>	Costo de operación
<b>COA</b>	Costo de operación por metro cúbico de agua tratada
<b>CT</b>	Carga total
<b>CU</b>	Carga última
<b>d</b>	Tirante
<b>D</b>	Diámetro
<b>DBO</b>	Demanda bioquímica de oxígeno
<b>d<sub>p</sub></b>	Peralte de elemento de concreto armado
<b>DQO</b>	Demanda química de oxígeno
<b>ERIS</b>	Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental
<b>F<sub>y</sub></b>	Resistencia del acero de refuerzo
<b>F<sub>c</sub></b>	Resistencia del cemento
<b>F<sub>pl</sub></b>	Factor de pasivo laboral
<b>F<sub>sr</sub></b>	Factor de salario real
<b>h</b>	Altura de elemento de concreto armado

<b>MU</b>	Momento último
<b>N</b>	Número de Maning
<b>PCT</b>	Período considerado total
<b>PTR</b>	Período trabajado real
<b>q</b>	Caudal en tubería
<b>Q</b>	Caudal a sección llena
<b>S</b>	Pendiente dada en porcentaje
<b>SDB</b>	Salario diario base
<b>SDR</b>	Salario diario real
<b>SDT</b>	Salario diario total
<b>S<sub>max</sub></b>	Espaciamiento máximo
<b>SST</b>	Sólidos suspendidos totales
<b>t</b>	Espesor de losa (grosor)
<b>TPL</b>	Tiempo al que equivale el pasivo laboral (en un año)
<b>v</b>	Velocidad de flujo en alcantarilla
<b>V</b>	Velocidad a sección llena
<b>V<sub>ol</sub></b>	Volumen
<b>V<sub>c</sub></b>	Corte que resiste el concreto
<b>V<sub>u</sub></b>	Corte último
<b>P<sub>bal</sub></b>	Porcentaje balanceado de acero de refuerzo



## GLOSARIO

<b>Adsorción</b>	Es un proceso que consiste en la captación de sustancias solubles, presentes en el agua residual por una interfaz conveniente (entre un líquido y un gas, un sólido u otro líquido).
<b>Aeróbicas</b>	Requieren de oxígeno libre
<b>Afluente</b>	Caudal de entrada.
<b>Anaeróbicas</b>	Tienen lugar en ausencia de oxígeno libre.
<b>Ciclos biogeoquímicos</b>	También llamado ciclo de los nutrientes. Término genérico que designa el recorrido de cualquier sustancia esencial para la vida a través del medio ambiente físico y biológico. Los ciclos de nutrientes esenciales incluyen los del carbono, el nitrógeno, el oxígeno y el agua.
<b>Denitrificación</b>	Es un método de tratamiento biológico para la eliminación del nitrógeno, que consiste en la conversión (en un medio anaerobio) de los nitratos en gas nitrógeno.

<b>Descomposición biológica</b>	Disminución de los nutrientes del agua residual provocados por descomposición de la materia orgánica.
<b>Efluente</b>	Caudal de salida.
<b>Elementos de traza</b>	Metales pesados.
<b>Emplazamiento</b>	Lugar donde se va a ubicar la planta de tratamiento.
<b>Facultativas</b>	Son capaces de funcionar bajo condiciones aeróbicas y anaeróbicas en respuesta a los cambios en las condiciones medioambientales.
<b>Filtración física</b>	Separación de las partículas sólidas que se hallan en el agua residual, por medio del uso de filtros.
<b>Formaleta</b>	Piezas de madera o metal que forman el molde donde se funden las estructuras de concreto armado.
<b>Fotosíntesis</b>	Es el proceso por el cual las plantas verdes usan luz para convertir el dióxido de carbono a carbohidratos.

<b>Foto-oxidación</b>	Es una reacción química que sufren algunos compuestos del agua residual, en presencia de luz.
<b>Intercambio iónico</b>	Es un proceso de óxido-reducción.
<b>Nitrificación</b>	Es un método de tratamiento biológico para la eliminación del nitrógeno, que consiste en la conversión (en un medio aerobio) del amoníaco en un nitrato.
<b>Oxidación</b>	Es un método de tratamiento químico para la eliminación del amoníaco, reducir la concentración de materias orgánicas remanentes, y el contenido en virus y bacterias de las aguas residuales (se basa en el hecho de agregar cloro al agua residual).
<b>Percolación</b>	Es el movimiento del agua residual a través de un medio sumamente permeable (poroso).
<b>Potencial redox</b>	Capacidad del sustrato para oxidarse.
<b>Precipitación química</b>	Consiste en la adición de productos químicos, con la finalidad de eliminar determinados componentes del agua residual.

<b>Sedimentación</b>	Es la separación de las partículas más pesadas suspendidas en el agua residual, mediante la acción de la gravedad.
<b>Sorción</b>	Término que engloba reacciones de adsorción y precipitación.
<b>Sustrato</b>	Lugar que sirve de asiento a una planta.
<b>Reducción química</b>	Es un método de tratamiento químico para la reducción del contenido de nitrato de las aguas residuales (se basa en el hecho de agregar agentes catalizadores y reductores al agua residual).
<b>Tirante</b>	Altura de las aguas negras o pluviales dentro de la tubería.
<b>Transferencia de gases</b>	Fenómeno que consiste en la transferencia de un nutriente del agua residual en forma de gas al medio ambiente.
<b>Zona radicular</b>	Zona en la que se encuentran las raíces.

## RESUMEN

El presente trabajo de graduación consiste en la experiencia del ingeniero civil en la construcción de una obra, y específicamente la de un sistema de tratamiento de agua residual de flujo sub-superficial mas conocido como humedal (Wetland).

Contiene un resumen de lo que es un Wetland y de los temas más importantes que involucran el proceso en el que se desenvuelve un Ingeniero Civil, como lo son: las técnicas de construcción, las técnicas de supervisión, la cuantificación de materiales y mano de obra, así como la elaboración de un presupuesto y un cronograma de actividades.

Se describe el lugar en el cual se construyó el Wetland, así como también sus componentes estructurales.

Se elaboran los cálculos de: diseño de estructuras de concreto, diseño de drenajes, costos directos, cronograma de actividades, costo de operación del Wetland, los factores que afectan el salario base, cuantificación de volúmenes de trabajo, especificaciones constructivas y el presupuesto.

Al final se hacen comparaciones entre los cálculos hechos y los resultados obtenidos, contando con el informe de los gastos efectuados y la descripción de los trabajos de campo. Así también, se estimaron los costos de construcción y operación por metro cúbico de tratamiento de agua residual.

# OBJETIVOS

## General

Adquirir experiencia en el proceso de construcción de una obra civil, aplicada a la Ingeniería Sanitaria, específicamente en puntos como lo son: los cálculos preliminares en el proyecto de construcción de una obra civil, y los trabajos de campo de supervisión y dirección de obra.

## Específicos

1. Construir un WETLAND en la planta piloto Aurora 2.
2. Obtener información sobre un WETLAND, así como de los costos de construcción y operación.
3. Adquirir experiencia en los cálculos preliminares en proyectos de construcción de obras civiles.
4. Adquirir experiencia en los trabajos de campo de un ingeniero, enfatizando en la dirección y supervisión de obra.

## INTRODUCCIÓN

Este trabajo de graduación es un documento que contiene información sobre la experiencia de todo el proceso en el que se desenvuelve un Ingeniero Civil, y específicamente en una obra sanitaria, tales como: los cálculos de cantidades de trabajo, el cálculo de costos directos, el cálculo de presupuesto, la construcción de un cronograma, el diseño de estructuras de concreto armado, la supervisión de obra, y la administración de recursos en el desarrollo del proyecto. Por lo que se hace un resumen de la teoría necesaria para el desarrollo de dichas actividades.

La obra que se construyó es un Wetland, que es un sistema de tratamiento de agua residual de flujo sub-superficial que trabaja con plantas acuáticas, por lo que se da información breve sobre lo que es un Wetland, tal como: su funcionamiento, sus componentes, los mecanismos de remoción de constituyentes del agua residual, las consideraciones de diseño, las consideraciones de construcción, el pre-tratamiento necesario, la operación y el mantenimiento.

La construcción se llevó a cabo en los meses de septiembre, octubre y noviembre del 2004. Se concluyó con la siembra de plantas hasta el mes de junio del 2005.

Se hace un análisis de resultados, comparando los datos calculados con los datos reales, dando pauta a consideraciones que debe hacer un ingeniero cuando se halle en el campo.





# 1. MARCO TEÓRICO

## 1.1. Wetland

También conocido como humedal artificial de flujo sub-superficial o bio-filtro de flujo sub-superficial. Es un sistema diseñado para el tratamiento del agua residual, o su fase final de tratamiento, está construido típicamente en forma de un lecho o zanja que contiene un medio apropiado, que puede ser grava, arena pómez u otro tipo de material. Para el proceso de tratamiento se utilizan plantas acuáticas que van inundadas, manteniendo el nivel del agua por debajo de la superficie del medio. El tamaño de estos sistemas va desde pequeñas unidades para el tratamiento en el sitio de efluentes de tanques sépticos, hasta un sistema doméstico de tratamiento.

### 1.1.1. Descripción del proceso

En el medio ambiente natural, cuando interaccionan el agua, el suelo, las plantas, los micro-organismos y la atmósfera, se producen procesos físicos, químicos y biológicos. Los procesos que intervienen en este sistema de tratamiento incluyen los siguientes: sedimentación, filtración, transferencia de gases, adsorción, intercambio iónico, precipitación química, oxidación química, reducción química, conversión biológica y descomposición biológica, junto con procesos propios de los sistemas de tratamiento natural tales como la fotosíntesis, la foto-oxidación, y la asimilación por parte de las plantas.

El tratamiento biológico en un Wetland, debe ser del tipo facultativo, lo que significa que en el cuerpo del filtro hay organismos aerobios y anaerobios. Las aguas residuales crudas tienen una concentración de oxígeno disuelto entre 0.8 y 1.2 mg/l, y las aguas que han pasado por un pre-tratamiento anaerobio son completamente libres de oxígeno. Esto conlleva a la necesidad de agregar oxígeno al agua, ya sea de forma artificial o natural, con el fin de establecer una población de bacterias aerobias que no solamente puedan contribuir de esta manera en la descomposición de la materia orgánica, sino también en la nitrificación del nitrógeno amoniacal a nitrato. La oxigenación natural se logra a través de las raíces de las plantas acuáticas, estas plantas poseen un tejido celular que permite el paso del aire de la atmósfera al subsuelo, formándose alrededor de las raíces una población de bacterias aerobias.

La acción de la luz, los microorganismos y la vegetación actúan conjuntamente para eliminar los agentes patógenos y descomponer la materia orgánica y otras sustancias contaminantes.

Un Wetland tiene tres funciones básicas que lo hacen tener un atractivo potencial para el tratamiento de aguas residuales:

- ✓ Fijar físicamente los contaminantes y la materia orgánica en la superficie del suelo.
- ✓ Utilizar y transformar los elementos que intervienen en el proceso por intermedio de los microorganismos.
- ✓ Lograr niveles de tratamiento consistentes con un bajo consumo de energía y bajo costo de mantenimiento.

## **1.1.2. Componentes de un Wetland**

Un Wetland consisten en una zanja o tanque que contiene agua, sustrato, y plantas emergentes; estos pueden adecuarse al construirse el humedal, mientras que otros componentes importantes de los Wetlands, como las comunidades de microbios y vertebrados e invertebrados se desarrollaran naturalmente.

### **1.1.2.1. Tanque o Zanja**

Se puede construir en un lugar que posea una capa de subsuelo con cierta impermeabilidad y por su nivel pueda acumular una capa de agua. El fondo debe ser impermeabilizado para evitar infiltraciones hacia el subsuelo. Generalmente las pendientes oscilan entre 0 y 5%.

### **1.1.2.2. Sustratos, Sedimentos y Restos de Vegetación**

Los sustratos en los humedales construidos incluyen suelo, arena, grava, roca, y materiales orgánicos. Los sedimentos y restos de vegetación se acumulan en el humedal debido a la baja velocidad del agua y a la alta productividad. Estos componentes del humedal son importantes por las siguientes razones:

- ✓ Soportan a los organismos vivientes en el humedal.
- ✓ La permeabilidad del sustrato afecta el movimiento del agua a través del Wetland.
- ✓ El sustrato proporciona almacenamiento para muchos contaminantes.

- ✓ Muchas transformaciones químicas y biológicas (especialmente las microbianas) tienen lugar dentro del sustrato.
- ✓ La acumulación de restos de vegetación aumenta la cantidad de materia orgánica en el Wetland. A su vez la materia orgánica es una fuente de carbono, la que es fuente de energía para las reacciones biológicas en el Wetland.

### 1.1.2.3. Medio del lecho

El medio que se utiliza en los Wetland es con frecuencia grava. El tamaño de la grava oscila entre 0.12 y 1.25 pulgadas (3 a 32 mm), y en la zona de la entrada es de 2 pulgadas (50 mm). La zona de entrada debe tener un medio con el diámetro más grande para disminuir el potencial de obstrucción. En la tabla I. se presentan medios característicos para los WETLAND.

**Tabla I. Características del medio para los Wetland**

Tipo de medio	Tamaño efectivo $d_{10}$ , mm	Porosidad del Efluente, $\eta$	Conductividad hidráulica, pie/d
Arena mediana	1	0.30	1,640
Arena gruesa	2	0.32	3,280
Arena pedregosa	8	0.35	16,400
Grava mediana	32	0.40	32,800
Grava gruesa	128	0.45	328,000
Nota. $D_{10}$ es el diámetro de una partícula en una distribución de peso de partículas que es mas pequeña que el 90% de la distribución			
Fuente: Crites Tehobanoglous, Sistemas de manejo de aguas residuales, Tomo 2, Pag. 600			

#### **1.1.2.4. Vegetación**

La vegetación en los sistemas de flujo subsuperficial puede estar compuesta por juncos o carrizos, en algunos casos enneas y en el caso de Guatemala se puede usar el tul. El propósito de la vegetación es proveer oxígeno a la zona radicular y aumentar el área superficial para el crecimiento biológico. El transporte real de oxígeno hacia la zona radicular y luego a la columna de agua es limitado. Las raíces también liberan sustancias orgánicas a medida que se degradan, lo cual sostiene la denitrificación. La parte de la vegetación ubicada por encima del suelo no es de gran utilidad, salvo porque allí hay toma de nutrientes y crecimiento vegetal.

Las plantas emergentes contribuyen al tratamiento del agua residual de la siguiente manera:

- ✓ Estabilizan el sustrato y canalizan el flujo de agua.
- ✓ Dan lugar a velocidades de agua bajas, altos tiempos de retención hidráulica y permiten que los materiales suspendidos se depositen.
- ✓ Toman el carbono, nutrientes y minerales y los incorporan a sus tejidos.
- ✓ El escape de oxígeno desde las estructuras subsuperficiales de las plantas, oxigena otros espacios dentro del sustrato.
- ✓ El tallo y los sistemas de la raíz dan lugar a sitios para la fijación de microorganismos.
- ✓ Cuando se mueren y se deterioran dan lugar a restos de vegetación.

#### **1.1.2.5. Los micro-organismos**

La eficiencia de las transformaciones de la materia orgánica e inorgánica en sus diversos tipos se debe a la actividad metabólica de los micro-organismos tales como bacterias, levaduras, hongos, y protozoarios que consumen gran parte del carbono orgánico y muchos nutrientes.

Así, por medio de la actividad microbiana se realizan:

- ✓ Transformaciones de un gran número de sustancias orgánicas e inorgánicas en sustancias inocuas o insolubles.
- ✓ Alteran las condiciones de potencial redox del sustrato y así afectan la capacidad del proceso del Wetland.
- ✓ Están involucrados en el reciclaje de nutrientes e intervienen en los ciclos biogeoquímicos.

Algunas transformaciones microbianas como la nitrificación son aerobias, mientras que otras son anaerobias como la desnitrificación y otras bacterianas son facultativas. Además, la comunidad microbiana de un Wetland puede ser afectada por la introducción de sustancias tóxicas, como plaguicidas y metales pesados.

Las poblaciones microbianas se ajustan a los cambios en el agua que les llega y se pueden extender rápidamente cuando se tiene la suficiente energía. Cuando las condiciones medio-ambientales no son convenientes, muchos microorganismos se inactivan y pueden permanecer inactivos durante años.

### **1.1.2.6. Animales vertebrados e invertebrados**

Los Wetlands proveen un hábitat para una rica diversidad de organismos invertebrados y vertebrados. Los insectos y gusanos contribuyen al proceso de fragmentación y consumo de materia orgánica. Las larvas de muchos insectos son acuáticas y consumen cantidades significativas de materia durante sus fases larvales. Además, los invertebrados cumplen varios papeles ecológicos, como las ninfas de la libélula que son rapaces de larvas de mosquito.

### **1.1.3. Consideraciones de construcción**

Los aspectos más importantes a tener en cuenta para la construcción de un Wetland son básicamente, la impermeabilización de la capa sub-superficial del terreno, las estructuras de entrada y salida, la selección y colocación del medio granular, la siembra de la vegetación, la recirculación y la evaluación y selección del emplazamiento. Para brindar flexibilidad en la operación, cada sistema debe tener tanques o zanjas múltiples (al menos dos).

#### **1.1.3.1. Impermeabilización**

Los Wetlands generalmente requieren que se coloque una barrera impermeable para impedir que se contamine con agua residual el subsuelo o el agua subterránea. Algunas veces está presente naturalmente por una capa de arcilla o los materiales que se encuentran en el sitio pueden ser compactados hasta un estado cercano al impermeable. Otras posibilidades son los tratamientos químicos, una capa de bentonita, asfalto o algún tipo de membrana. Es común el uso de una membrana de superficie suave de plástico de 30 milésimas de pulgada.

El fondo debe ser nivelado cuidadosamente de lado a lado del humedal y en la totalidad de la longitud del lecho. Los Wetlands deben tener una ligera pendiente para asegurar el drenaje, de forma que se asegure que se proporcionarán las condiciones hidráulicas necesarias para el flujo del sistema. El gradiente hidráulico que se requiere y el control del nivel de agua en cada celda se logran con el dispositivo de salida.

Durante las operaciones finales, el fondo del humedal debería ser compactado de forma similar a como se hace con la subrasante de una carretera, el propósito es mantener la superficie de diseño durante las subsecuentes actividades de construcción. Muchos Wetlands construidos han tenido flujos preferenciales debido a errores en esta parte de la construcción.

La membrana impermeabilizante, si se usa, debe colocarse directamente en la totalidad de la superficie del tanque o zanja. El medio granular, será colocado directamente sobre la membrana que debe tener las propiedades mecánicas necesarias para soportarlo sin llegar a perforarse.

#### **1.1.3.2. Siembra de vegetación**

La vegetación desempeña un papel integral en un Wetland, ya que transfiere oxígeno a la parte inferior de los depósitos de tratamiento a través de raíces y rizomas, y proporciona un medio situado por debajo de la superficie libre del agua para el soporte de los micro-organismos responsables de gran parte del tratamiento biológico. En un Wetland se utilizan plantas emergentes, arraigadas en el suelo o en el medio granular de soporte, que emergen o penetran la superficie libre del agua.



En los sistemas muy pequeños (menos de 2 ac, 0.8 ha) la vegetación puede a menudo trasplantarse de fuentes cercanas u obtenerse de forma comercial. El tamaño de los rizomas debe ser de 4 pulgadas (100 mm) de largo y tener brotes en el extremo del corte. La raíz debe colocarse a 2 pulgadas (50 mm) por debajo de la superficie del medio. Luego, el nivel de agua debe mantenerse cuidadosamente durante este periodo, de manera que los brotes de las plantas no estén sumergidos y las raíces se extiendan finalmente hacia el fondo del medio.

Las densidades de siembra para las especies de uso más común son cada 3 pies (1 por metro) para las enneas cada 1.5 pies (0.5 m ) para juncos y carrizos. Para lechos de más de 2 acres (0.8 ha) puede ser más económica la siembra hidráulica. En cualquier caso, se debe permitir que la vegetación crezca de 3 a 6 meses y se implante antes de que empiecen las aplicaciones de agua residual.

Aunque la siembra se puede hacer a partir de semillas, este método requiere bastante tiempo (por la obtención y desarrollo de la semilla) y un control estricto del agua. Adicionalmente presenta el problema del posible consumo de semilla por parte de los pájaros, por lo que lo más aconsejable es plantar a partir del transplante de rizomas al lecho previamente preparado.

### **1.1.3.3. Selección y colocación del medio granular**

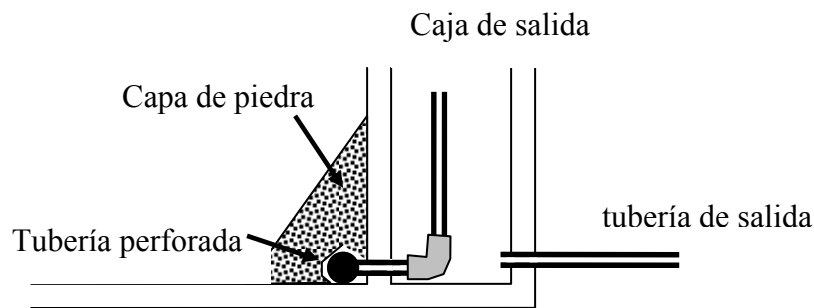
La selección del material granular para el Wetland es crítica para el éxito del sistema. La roca triturada y seca puede ser usada, pero durante el transporte en los camiones, existe el problema de la segregación de finos, que más tarde darán lugar a posibles atascamientos, por lo que es preferible la utilización de piedra lavada (grava) o arena pómez.

#### 1.1.3.4. Estructuras de entrada y salida

El sistema de entrada debe estar diseñado de manera que la distribución en el afluente sea adecuada y el agua fluya uniformemente a lo largo de la zona de entrada (evitando que se concentre el flujo en una única zona). El equipo característico que se usa para la distribución del afluente consta de tuberías de entrada, tuberías perforadas, o vertederos en V. Los primeros 10 pies (3m) de la entrada están generalmente llenos con rocas grandes (2 a 4 pulgadas o 50 a 100 mm) para reducir la obstrucción. Si se desea operar con alimentación escalonada, se debe colocar un segundo distribuidor de afluente paralelo a la zona de entrada a cierta distancia (50 pies o 15 m o más) en la dirección del flujo.

Si no hay ningún tratamiento previo al Wetland se recomienda una caja de entrada en el cual se pueda disminuir de una forma considerable el número de sólidos totales.

**Figura I. Estructura de salida**



El equipo de salida consta de tuberías perforadas y sumergidas en el fondo del lecho con válvulas o tuberías de salida de nivel ajustable para controlar la profundidad del agua

#### **1.1.3.5. Recirculación**

En el Wetland se puede incorporar la capacidad de recircular el efluente tratado, con el fin de diluir la concentración, mejorar el tratamiento y evitar la sobrecarga. Si el efluente del flujo subsuperficial debe bombearse hacia el punto final de reutilización o descarga, se recomienda el uso de cañerías de recirculación.

#### **1.1.3.6. Evaluación y selección del emplazamiento**

Las características del emplazamiento que se deben tener en cuenta en el diseño de Wetland incluyen la topografía, las características del suelo, el uso actual de los terrenos, el riesgo de inundación y el clima.

El terreno idóneo para la instalación de un Wetland es uno de topografía uniforme horizontal o en ligera pendiente. Ello se debe a que el Wetland se suele diseñar con tanques o zanjas horizontales con una pendiente entre 0 y el 5%. A pesar de que es posible construir depósitos en terrenos de más pendiente y con topografía más irregular, el movimiento de tierras necesario afectará el costo de la construcción del sistema.

Dado que el objetivo del Wetland es el tratamiento del agua residual en la lámina de agua situada por encima de la superficie del terreno, los emplazamientos más apropiados para la instalación de estos sistemas son suelos con niveles superficiales o estratos superficiales de permeabilidad lenta (<0.5cm/h). Se debe minimizar las pérdidas por percolación a través de la superficie del terreno. La deposición de sólidos y el crecimiento de películas biológicas tenderán a impermeabilizar y sellar la zona superficial del suelo.

La permeabilidad del suelo natural se puede reducir artificialmente mediante compactación durante la fase constructiva.

En general, un Wetland se debe ubicar fuera de las llanuras inundables. De no ser así, se deben tomar medidas de protección contra las inundaciones. En los casos en los que las inundaciones sólo se produzcan durante el invierno, época en la que el sistema no está en funcionamiento, dependiendo de las normativas reguladoras vigentes puede no ser necesario tomar medidas de protección contra inundaciones poco frecuentes.

El tipo de terreno adecuado para la instalación de un Wetland son espacios abiertos o de uso agrario, especialmente si se hallan en las proximidades de zonas pantanosas naturales. El Wetland pueden favorecer las condiciones de los sistemas naturales al proporcionar un hábitat suplementario para el mundo animal, y en algunos casos, un abastecimiento de mejor agua.

El rendimiento del proceso de tratamiento es muy sensible a la temperatura, ya que los principales mecanismos de tratamiento son biológicos, en los casos en los que las bajas temperaturas no permitan alcanzar los objetivos de tratamiento preestablecidos, mientras que en el caso de los países tropicales el clima no influye de manera significativa en el tratamiento.

#### **1.1.4. Pretratamiento**

El mínimo nivel de tratamiento previo a un Wetland debe ser el tratamiento primario, lagunas aireadas de corto tiempo de detención, u otra forma de tratamiento equivalente. La adopción de un nivel de tratamiento más elevado depende de las restricciones de calidad del efluente y de la capacidad de eliminación del sistema.

En el tratamiento previo a los Wetland se debe evitar el uso de estanques de reestabilización y de lagunas que generen grandes concentraciones de algas, ya que en esta clase de sistemas no se consigue eliminar las algas con regularidad. En los lugares en los que existan normas que restrinjan la presencia de fósforo en el efluente, es conveniente que la eliminación de dicho constituyente se realice durante el proceso de tratamiento previo a la aplicación, ya que la eliminación de fósforo del Wetland es mínima.

Este tratamiento preliminar tiene por objeto reducir la concentración de los sólidos orgánicos fácilmente desagradables que de otra manera se acumularían en la zona de entrada del Wetland y que producirían atascamientos, posibles olores, y efectos negativos en las plantas de esta zona. En algunos casos se usa una zanja en la entrada para la deposición de lodos y es limpiada periódicamente.

#### **1.1.5. Operación y mantenimiento**

La operación y mantenimiento rutinarios de un Wetland son similares a los de las lagunas facultativas, e incluyen el control hidráulico y de la profundidad del agua, la limpieza de las estructuras de entrada y descarga, el corte de la planta, la inspección de la integridad de las mismas, el manejo de la vegetación del humedal y el monitoreo rutinario.

La operación y mantenimiento debe enfocarse a los factores más importantes para el rendimiento del tratamiento, como lo son:

- ✓ Proporcionar una amplia oportunidad para el contacto del agua con la comunidad microbiana, con la capa de residuos de vegetación y con el sedimento, y a la vez mantener un ambiente saludable para los microbios.

- ✓ Asegurarse que el flujo alcance todas las partes del Wetland, cuidando a la vez que el nivel del agua se mantenga a su altura debida y siempre debajo del medio.
- ✓ Mantener un crecimiento vigoroso de la vegetación no permitiendo el crecimiento de otro tipo de éstas.
- ✓ Se debe evitar el uso de herbicidas para no dañar la vegetación emergente, así como también el acercamiento de animales que puedan dañar la impermeabilización del sistema.

#### **1.1.5.1. Manejo de la vegetación**

En este tipo de humedales es necesario cortar la vegetación (20 cms sobre la superficie del Wetland) cada cierto período, dependiendo del tipo de planta y de su crecimiento, el fin es disminuir los residuos sobre el Wetland y a la vez provocar que la planta consuma eficientemente los nutrientes del agua.

#### **1.1.5.2. Control del Wetland**

El control periódico consiste en:

- ✓ Control del rendimiento del sistema:
  - Supervisión de la carga hidráulica (entrada y salida),
  - Supervisión de la variación de la calidad del agua entre la entrada y la salida.

- ✓ Control de eficiencia de la planta:
  - Remoción de DBO,
  - Remoción de Nitrógeno,
  - Remoción de Fósforo,
  - Remoción de SST,
  - Remoción de Metales pesados,
  - Remoción de Bacterias (totales o coniformes fecales).
  
- ✓ Control de la salud del humedal:
  - Crecimiento de vegetación indeseable,
  - Densidad, tamaño y enfermedades de las plantas,
  - Impermeabilidad del sistema,
  - Acumulación de sólidos,
  - Limpieza de la tubería de distribución,
  - Limpieza de la obra de captación del agua residual.

## **1.2. Técnicas de construcción**

Las técnicas de construcción son los mecanismos o procedimientos que sigue el personal al efectuar una obra determinada. No existen técnicas de construcción establecidas, pues cada constructora usa la que se adapte al tipo de construcción a la que se especialice y a los recursos (herramienta y equipo) de los que dispongan para desarrollar cada una de las actividades que forman la obra. Las técnicas de construcción son pues variables.

### **1.3. Técnicas de supervisión**

En la ejecución de cualquier obra civil, es importante una supervisión continua, para que la construcción quede acorde a las especificaciones técnicas y en busca de la buena administración de los recursos, su objetivo es controlar el tiempo, la calidad y el costo de la obra.

La supervisión hace necesaria la creación de un cronograma de actividades, que ayuda a tener un aproximado del momento en que se debe contar con ciertos materiales y el día en que inicia o concluye un trabajo que debe cumplir con ciertas características (lo cual debe ser supervisado).

#### **1.3.1. Supervisión administrativa**

Esta supervisión se limita básicamente al control de la entrada, salida y existencia de materiales, herramienta, equipo, así como también al control de documentación de los trabajadores.

#### **1.3.2. Supervisión técnica**

Esta supervisión se refiere al control de los renglones de trabajo más importantes de una obra, así como del que quede según las especificaciones técnicas y planos correspondientes.

##### **1.3.2.1. Planos y especificaciones**

Los planos y especificaciones, presentan detalladamente el diseño de la edificación, y son de vital importancia para que el ingeniero supervisor los tenga como base para dirigir y comparar el desarrollo de la construcción.



El objeto de las especificaciones es de complementar las estipulaciones contenidas en el contrato, así como las especificaciones técnicas de los planos, estableciendo técnicas constructivas a las que se deberá sujetar la ejecución de los diferentes conceptos del trabajo. Así mismo el desarrollo de los trabajos, los materiales empleados y pruebas deberán estar de acuerdo con lo indicado en el reglamento de construcción.

La información que es necesaria para que el ingeniero supervisor pueda tener una guía básica es:

- ✓ El plano de localización, que presenta la localización de la obra, usando como referencia las calles, avenidas o carreteras existentes.
- ✓ El plano de arquitectura, que contiene los diferentes ambientes del proyecto indicando los equipos, muebles y su debida ubicación, para proporcionar una apreciación de la funcionalidad del proyecto.
- ✓ El plano de cotas y niveles, que indica las cotas totales a ejes de todo el proyecto, las parciales a ejes de los ambientes, cotas a rostro de cada uno de los ambientes, y parciales interiores de cada ambiente.
- ✓ El plano de cimentaciones y columnas, que indica los diferentes tipos de zapatas, cimientos, soleras aisladas y columnas, así como sus debidas dimensiones, cantidades de acero y esfuerzos permisibles del concreto y el acero que quedaron definidas por el diseñador. Se presentan detalles en sección y planta de cada una de las zapatas, cimiento corrido, soleras y columnas. En el caso de la zapata y el cimiento se deberá indicar la profundidad (cota).

- ✓ El plano de losas de concreto y vigas, que contiene el armado del refuerzo, así como las cotas necesarias, tanto del armado como del peralte. También señala el tipo de vigas de la estructura, las cuales aparecen dibujadas en detalle, presentando su sección, el recubrimiento del refuerzo y las especificaciones de los materiales.
- ✓ El plano de instalación eléctrica, que contiene la ubicación y tipo de cada dispositivo eléctrico (tomacorrientes, interruptores, lámparas, etc.), tipo y diámetro de la tubería, calibre de los conductores, ubicación y características del tablero de distribución y detalle de los flipones que llevará en los diferentes circuitos. Se indica la altura a que serán colocadas las lámparas, interruptores, tomacorrientes y tablero de distribución, así como también la forma en se dispondrá la tubería (si esta se coloca abajo del piso, entre las paredes o en la losa).
- ✓ El plano de plomería, que contiene la ubicación de los ramales después de la acometida domiciliar, la clase y tipo de tubería. Señala los accesorios necesarios para la instalación de los artefactos sanitarios. Si se debe instalar tubería para agua caliente, tiene una nomenclatura diferente para evitar confusiones.
- ✓ El plano de drenajes, que contiene la acometida domiciliar, la clase, tipo de diámetro de la tubería, así como la pendiente en porcentaje. Se ubican los diferentes tipos de caja (unión, registro, sifón, reposadera, etc.) con sus respectivos detalles. Se indican los dos sistemas de instalaciones (pluviales y negras).

- ✓ El plano de instalaciones especiales, que contiene las instalaciones como circuitos de teléfonos, radio comunicación, alarmas de humo y fuego, música, circuitos hidráulicos de incendio, etc.
- ✓ El plano de acabados, que contiene las indicaciones sobre el tipo de acabados que llevarán las paredes y el cielo. Indica los tipos de ventanas y puertas.
- ✓ El plano de pañuelos, que contiene las pendientes de las losas, con el fin de tener una disposición final adecuada de las aguas pluviales para así encausarlas hacia el desfogue final.
- ✓ El plano de secciones y elevaciones, que contiene las elevaciones frontales, laterales y posteriores de la obra, así como las secciones transversales y longitudinales de los elementos estructurales, dimensión y tipo de mampostería. Contiene también las cotas parciales y totales, tanto vertical como horizontalmente.
- ✓ El plano de detalles arquitectónicos, que contiene el detalle de ciertas y determinadas partes de la construcción, tales como cenefas, gradas, ensambles, tipos de amarre y anclajes y algunas otras partes características que necesiten una mejor presentación para su entendimiento.

### **1.3.2.2. Especificaciones técnicas**

Es la descripción detallada de las características y condiciones mínimas de calidad que debe reunir un producto. Cuanto más exactas y detalladas sean las especificaciones, mayor aproximación con la realidad tendrá el costo en cuestión.

Contienen todas las estipulaciones relativas a los diversos conceptos de trabajo que intervienen en la ejecución de la obra o sea, la definición de la obra que se requiere en cada concepto de trabajo, las normas técnicas a que deberá sujetarse su ejecución.

Las especificaciones incluyen la cobertura de los factores principales que se consideran dentro del desarrollo y la terminación de la obra cubierta por el contrato, estos factores incluyen las condiciones generales y especiales que afectan el desempeño del trabajo, los requisitos de materiales, los detalles de construcción, y la medida de las cantidades de obra bajo las partidas de la obra programada y los métodos de pago de dichas partidas.

#### **1.3.2.2.1. Especificaciones generales**

Son las normas o reglas generales de construcción que rigen en determinada región o país, para el caso de edificaciones podemos mencionar el reglamento de construcción. A nivel internacional, se puede mencionar las normas del “American Concrete Institute”, el “Joint Commmittee”, la “AWWA”, la “ASTM” la “AASHO”, etc.

#### **1.3.2.2.2. Especificaciones detalladas**

Las especificaciones detalladas deben ser descritas ya sea forma escrita o con dibujos, basándose en las exigencias de calidad peculiares de cada obra.

### **1.3.3. Programación de actividades**

Es la elaboración de tablas o gráficas que indiquen los tiempos de iniciación y culminación y por consiguiente la duración de cada una de las actividades que forman el proceso constructivo.

La forma mas común de hacer una programación de actividades es con un cronograma de actividades, que se hace en base a la duración estimada de cada actividad y ubicando cada actividad en determinada fecha.

#### **1.3.4. Supervisiones comunes**

Entre las supervisiones más comunes en una construcción civil tradicional se tiene:

- ✓ Supervisión del uso de materiales, que se basa en el adecuado uso de materiales, y a su vez que estos cumplan con las proporciones que indican las especificaciones.
- ✓ Supervisión de armaduras, que consiste en el control de la debida cantidad de acero de refuerzo en cada una de las estructuras (espaciamientos, diámetros y número de barras), así como de la debida longitud de desarrollo y/o ganchos en los empalmes o anclajes.
- ✓ Supervisión de trazo, que consiste en el hecho de verificar completamente los trazos hechos, así como la nivelación.
- ✓ Supervisión de cimentaciones, que consiste en el control de la profundidad y ancho de la zanja, así como el hecho de evitar derrumbes a la hora de la fundición.
- ✓ Supervisión de columnas, mochetas, vigas y soleras, que consiste en el control de la formaleta, para que cumpla con las dimensiones requeridas, nivelación, y que a su vez soporte el momento de la fundición.

- ✓ Supervisión de losas, que consiste en el control de: la formaleta, para que cumpla dimensiones requeridas, nivelación, y que a su vez soporte el momento de la fundición; de las instalaciones eléctricas, para que quede según los planos (distancias y número de dispositivos) y que sean protegidas de aplastamientos a la hora de la fundición; tuberías para bajadas o drenajes, para que queden en su correcta posición y el debido número; el fraguado, para que tenga las debidas condiciones de fraguado.
- ✓ Supervisión de instalaciones eléctricas, que consiste en el control del diámetro y tipo de tubería, la posición de las cajas que servirán para las lámparas, registro, interruptores, tomacorrientes, tableros de distribución, ect. así como también el buen funcionamiento a la hora de ser entregado el trabajo por el electricista.
- ✓ Supervisión de plomería, que consiste en el control del tipo y diámetro de la tubería, que queden las salidas a los diferentes artefactos, así como también el buen funcionamiento de cada artefacto y la tubería a la hora de hacer la prueba con una debida presión.
- ✓ Supervisión de drenajes, que consiste en el control del tipo y diámetro de la tubería, las pendientes de la misma, así como también la debida conexión.
- ✓ Supervisión de acabados, que consiste en la revisión de los tallados, cernidos, repellos, puestas de azulejo, puestas de piso, etc.

#### **1.4. Cuantificación de mano de obra**

La valuación del costo de la mano de obra en edificación es problema dinámico y bastante complejo.

Su carácter dinámico lo determina el costo de la vida (vivir cubriendo todas las necesidades básicas de un humano), así como el desarrollo de procedimientos de construcción diferentes debido a nuevos materiales, herramientas, tecnología, etc. La complejidad es resultado de la variación de la dificultad o facilidad de realización, la magnitud de obra a ejecutar, el riesgo o la seguridad en el proceso, el sistema de pago, las relaciones de trabajo, las condiciones climáticas, las costumbres locales y, en general todas las características que definen una forma de vida, afectan directa o indirectamente el valor de la mano de obra.

#### **1.4.1. Formas de cuantificación de la mano de obra**

Las formas de cuantificación de mano de obra son: Lista de raya y destajo, la primera que considera jornadas de trabajo a un precio acordado anteriormente, nunca menor que el salario mínimo. La segunda que considera la cantidad de obra realizada por cada trabajador o grupo de trabajadores, a un precio unitario acordado anteriormente, de tal forma que, el pago por la jornada de trabajo no sea menor que el salario mínimo.

#### **1.4.2. Costo unitario de trabajo**

El costo unitario de trabajos a realizar, se basa en rendimientos promedio diario resultadote un análisis estadístico que no considere casos excepcionales y que represente las condiciones repetitivas normales de cada proceso productivo. Además del análisis estadístico, hace falta encontrar un factor de corrección (factor de zona) que considere las condiciones aleatorias que circunscriben cada actividad, así como el factor de herramienta menor que deberá retribuirse a la empresa o al trabajador (según sea el caso), además del factor que tome en cuenta la productividad del maestro que toma el riesgo.

También se requiere investigar el salario diario total, por trabajador o grupo de trabajadores, para poder realizar cada proceso productivo.

### 1.4.3. Factores que afectan el salario

El salario diario base es el salario por día de trabajo, que puede ser igual o mayor al salario mínimo que se establezca en determinada región (país).

El salario diario real es el salario que realmente devenga una persona por día de trabajo. Tanto el código de trabajo como la costumbre y el medio ambiente, reducen el tiempo efectivo de trabajo, por tanto es necesario valuar esta incidencia.

El factor de salario real es el factor que afecta el salario diario base, por el hecho de que hay días no laborados que el patrono debe pagar al trabajador.

$$SDR = SDB \times F_{sr} \quad \text{Ecuación 1.}$$

$$F_{sr} = \frac{PCT}{PTR} \quad \text{Ecuación 2.}$$

El periodo trabajado real es el período considerado total menos los días no trabajados (en el periodo considerado total, tomando como base el año, se debe restar los 15 días de vacaciones dado que son parte del pasivo laboral).

El pasivo laboral es el salario que devenga una persona a causa de las prestaciones laborales que por ley debe pagar el patrono. El factor de pasivo laboral es el factor que afecta el salario diario real, por el rubro que incluye aguinaldo, bono 14, indemnizaciones y vacaciones.



El pasivo laboral se puede calcular dividiendo el número de días al que equivale el pasivo laboral entre el periodo considerado total.

$$F_{pl} = \frac{TPL}{PCT} \quad \text{Ecuación 3.}$$

El salario diario total es el salario total que gana una persona por día trabajado, que incluye el salario de los días no trabajados y el pasivo laboral.

$$SDT = SDR \times F_{pl} \quad \text{Ecuación 4.}$$

#### 1.4.4. Grupos de trabajo

Para lograr mayor efectividad es conveniente utilizar ciertos equipos de trabajadores para desarrollar determinadas obras. Esta elección se hace según el conocimiento del tipo de trabajo que se va a hacer y la habilidad del personal que va a formar el grupo.

#### 1.5. Cuantificación de materiales de construcción

El costo de materiales es igual a la cantidad de material a consumir por el precio base del material. Los precios base de los materiales, serán componentes de un costo unitario con valores en función del tiempo y el lugar de aplicación.

El costo de un material se debe considerar como puesto en obra, para evitar el problema de la variabilidad del costo de traslado.

Es muy probable que en el transcurso de ejecución de una obra, los materiales que la integren sufran variaciones en el precio de compra, el cual, en caso de ser significativo, deberá provocar un nuevo análisis y valorar su consecuencia.

Para el análisis del costo de formaleta se puede hacer de una forma global, teniendo la formaleta necesaria durante todo el tiempo que se necesite en el proceso constructivo. Se puede considerar el hecho de alquilar la formaleta si el tiempo en que se desarrollara la obra es corto.

## **1.6. Costos y presupuestos**

Es una previsión de gastos e ingresos para un determinado periodo de tiempo, por lo general en el período en el que se plantea terminar una determinada obra. El presupuesto es un documento que permite a las empresas constructoras, establecer prioridades y evaluar la consecución de sus objetivos. En síntesis, el presupuesto es un estimado del valor de un producto para condiciones definidas a un tiempo inmediato.

### **1.6.1. Antepresupuesto:**

Es un aproximado (una suposición) del valor de un producto para condiciones indefinidas, y a un tiempo mediano. Los métodos más conocidos de cálculo de antepresupuesto son: El volumétrico y el paramétrico, en el primero el costo se aproxima en base a los metros cuadrados de construcción. La técnica americana para la elaboración del antepresupuesto es utilizando medidas de volumen. En el segundo el costo se aproxima en base a la comparación con otras construcción iguales, solo tomando en cuenta los parámetro que hacen distinta una construcción de otra.

### 1.6.2. Costo

Un costo es la suma de recursos financieros necesarios para el proceso de construcción.

Los costos tienen las siguientes características:

- ✓ Es aproximado, pues depende de los procesos constructivos que no son iguales.
- ✓ Es específico, pues varía si hay detalles específicos que lo hagan diferente a otra construcción.
- ✓ Es dinámico, pues se basa en parámetros que cambian constante mente como: materiales, equipos, procesos constructivos, técnicas de planeación, organización, dirección, control, incrementos de costos de adquisiciones, perfeccionamiento de sistemas impositivos, prestaciones sociales, etc.
- ✓ Un costo puede elaborarse inductivamente, pues la integración de un costo, se inicia por sus partes conocidas, y de los hechos se infiere el resultado.
- ✓ Un costo puede elaborarse deductivamente, pues a través del razonamiento partimos del todo conocido, para llegar a las partes desconocidas.
- ✓ El costo esta precedido de costos anteriores y éste a su vez es integrante de costos posteriores, pues para poder costear una obra es necesario hallar el costo individual de cada elemento que constituye esta obra, y luego integrarlos, esta obra a su vez puede ser un elemento de otra obra mayor, por lo que es parte en la integración de costos de la obra mayor.

### **1.6.2.1. Costo indirecto**

Son los gastos que no pueden tener aplicación a un producto determinado.

Es la suma de gastos técnico-administrativos necesarios para la correcta realización de cualquier proceso productivo.

#### **1.6.2.1.1. Costo indirecto de operación**

Es la suma de gastos que, por su naturaleza intrínseca, son de aplicación a todas las obras efectuadas en un tiempo determinado. Los gastos indirectos de operación incluyen los gastos de la organización central y los gastos de oficina (gastos técnicos y administrativos, alquileres, depreciaciones, seguros, materiales de consumo en oficina, capacitación y promoción).

#### **1.6.2.1.2. Costo indirecto de obra**

Es la suma de todos los gastos que, por su naturaleza intrínseca, son aplicables a todos los conceptos de una obra en especial. Los gastos de obra incluyen la organización de la obra, la oficina de obra (gastos técnicos y/o administrativos, traslado de personal, comunicaciones, fletes, construcciones provisionales, consumos e imprevistos de construcción).

#### **1.6.2.1.3. Financiamiento**

Para el desarrollo de determinada obra, se hace necesario un estudio de ingresos y egresos en términos del tiempo, el cual muestra la necesidad de utilizar o no financiamiento.

#### **1.6.2.1.4. Utilidad**

La utilidad es el sueldo que la empresa debe devengar por una obra concluida.

#### **1.6.2.1.5. Fianzas**

El incumplimiento de las condiciones de un contrato implica un riesgo que la parte contratante evita por medio de fianzas y siendo éstas una erogación para la parte contratista, deben ser elementos del costo. Las valuaciones de este cargo dependerán de las condiciones específicas y los requerimientos de la parte contratante. Una fianza es pues un contrato de garantía que puede provenir de obligación personal o de dinero dado en garantía.

La fianza de sostenimiento de oferta (Artículo 64 ley y 37 del reglamento) es no menor del 1% no mayor del 5% del valor del contrato, cobra desde la apertura de pliegos hasta la aprobación de la adjudicación vigente por 120 días. Sin embargo, con el adjudicatario puede convenirse su prórroga. Básicamente en esta fianza la municipalidad o cualquier entidad del estado se asegura que el valor del contrato no varíe en el transcurso de la ejecución de la obra.

La fianza de anticipo (Artículo 65 ley y 38 reglamento) garantiza el buen uso del dinero recibido su debida aplicación en la obra contratada. Antes de recibir el dinero el contratista constituirá garantía o fianza por el 100% del anticipo. La garantía podrá reducirse en la medida que se amortice el valor del anticipo cubriendo siempre el máximo del saldo deudor y estará vigente hasta su total amortización.

La fianza de cumplimiento (Artículo 66 ley) garantiza la entrega de la obra y su correcta ejecución en el tiempo estipulado en el contrato.

La fianza de cumplimiento es el 10% del valor del contrato en bienes suministros y servicios, estudios de inversión precalificada, consultorías. Y del 10% al 20% en obras. Esta fianza cubrirá en 10% en pago de salario y prestaciones laborales de los trabajadores y el 90% restante para cumplimiento del contrato respectivo, cumplimiento por fallas, desperfectos que aparecieren durante la ejecución de obra. Antes que se constituyan las fianzas de conservación y saldos deudores. Básicamente esta fianza sirve para garantizar el cumplimiento de todas las obligaciones estipuladas en el contrato, el contratista deberá prestar fianza, depósito en efectivo o constituir hipoteca en los porcentajes y condiciones que señale el reglamento. Para el caso de obras, además esta garantía cubrirá las condiciones que señale el reglamento. Para el caso de obras, también cubrirá las fallas o desperfectos que aparecieren durante la ejecución del contrato, antes de que se constituya la garantía de conservación.

La fianza de saldos deudores (Artículo 67 Ley) es el 5% del valor del contrato, cubre pago de saldos deudores a favor del estado o a favor de terceros en la liquidación. Ésta fianza debe otorgarse simultáneamente con la de conservación de obra, que es requisito previo para la recepción de obra. Aprobada la liquidación, sin no hubiere saldos deudores se cancelará esta garantía.

La fianza de conservación de obra o de calidad o funcionamiento (Artículo 67 Ley) equivale al 15% del valor del contrato, y cubre el valor de reparaciones fallos o desperfectos que le sean imputables y que aparecieren durante el tiempo de 18 meses a partir de la recepción de obra. Si la destrucción es por dolo o mala fe la responsabilidad es de 5 años a partir de la recepción de obra.

#### 1.6.2.1.6. Impuestos y derechos reflejables

Son los impuestos que se cobran directamente por el permiso para construir, estos impuestos son cobrados de parte de las autoridades municipales. En Guatemala el requisito municipal es la licencia de construcción.

Para poder iniciar los trabajos de construcción de una vivienda en áreas urbanas, se necesita contar con un permiso municipal, éste se basa en las exigencias o requisitos que se deben cumplir de acuerdo al reglamento municipal de construcción. La solicitud para obtener licencia municipal de construcción debe hacerse conforme a los formularios proporcionados por el departamento de control de la construcción de cada una de las municipalidades, pues dependiendo en que lugar se encuentre localizada la construcción pueden variar los requisitos, así como el porcentaje de impuesto a pagar.

#### 1.6.2.2. Costo directo

Son aquellos gastos que tienen aplicación a un producto determinado. Es la suma de material, mano de obra y equipo necesarios para la realización de un proceso productivo.

El costo directo puede presentarse de la siguiente forma:

$$C.D. = [ax + by + cz + \dots + \gamma\delta] \quad \text{Ecuación 5.}$$

Considerando variables:  $x, y, z, \dots, \delta$ , que podemos considerar como el valor de materiales, el valor de mano de obra y el valor de equipo; y como variables condicionadas:  $a, b, c, \dots, \gamma$ , podemos considerar las cantidades consumidas de cada uno de estos integrantes.

#### **1.6.2.2.1. Costo directo preliminar**

Es la suma de gastos de material, mano de obra y equipo necesarios para la realización de un subproducto.

#### **1.6.2.2.2. Costo de materiales y mano de obra**

Estos temas ya se han trabajado (ver numerales 1.4 y 1.5).

#### **1.6.2.2.3. Costo de equipo**

La vida útil del equipo, el efecto inflacionario en su valor de adquisición, su obsolescencia y el tiempo real de utilización, han provocado diversos criterios para calcular el costo de este integrante. Se aconseja considerar la depreciación total del equipo en un 20% anual.

Cuando en el transcurso de la vida fiscal de un equipo aparece otro de eficiencia superior, el nuestro sufre una depreciación automática que en función de su eficiencia hace anti-económica su continuidad de operación.

El equipo debe encontrarse siempre disponible y asignado a una obra específica, y no por esto su uso es continuo, a más del paro forzoso por lluvias en equipo mayor y por descomposturas en equipo menor, por lo tanto y complementando la sugerencia de proporcionar en forma lineal y uniforme el valor de equipo, se sugiere dividir el análisis de cargos en gastos fijos y de operación, obteniendo una suma de los primeros, que representará el costo de la maquinaria inactiva, para afectarla con posterioridad a través de un “factor de utilización” que se propone sea el cociente de los meses comprendidos en un año fiscal, entre el número de meses que el equipo realmente trabaja.



#### **1.6.2.2.4. Costo directo final**

Es la suma de gastos de material, mano de obra equipo y subproductos para la realización de un producto.

Un costo directo final es resultado de integrar todos los costos que intervienen en la realización de un producto; es decir si quiero el costo directo total, debo incluir de una forma desglosada: el costo por determinado número de metros cúbicos de concreto, el costeo por determinado número de acero de refuerzo en toneladas o quintales, el costo por metro cuadrado de formaleta a utilizar, el costo de mano de obra y el costo de equipo utilizado en el proceso.

#### **1.6.2.2.5. Factor de sobre-costos**

Enunciados y valuados todos los conceptos indirectos que inciden sobre el costo directo de una construcción, deberemos de alguna manera integrarlos y aplicarlos a éste, con el objeto de garantizar el oportuno cumplimiento de las obligaciones de la empresa con terceros, así como también de una justa utilidad para la misma.



## **2. DESCRIPCIÓN DEL LUGAR**

### **2.1. Ubicación de la planta de tratamiento**

La planta piloto de la ERIS está ubicada en la colonia Aurora II de la zona 13, al sur de la ciudad de Guatemala, y en las inmediaciones del aeropuerto internacional La Aurora. Su ubicación es de 14° 35' de latitud norte y 90° 32' de longitud oeste.

La población estimada con el método de saturación se calcula en unos 3350 habitantes, tomando una densidad poblacional de 6 habitantes por vivienda y un número de viviendas de 558. La población de esta colonia cuenta con servicios básicos como abastecimiento de agua potable, alcantarillado sanitario y pluvial (con tratamiento de aguas residuales), recolección de basura, alumbrado público, accesos asfaltados y servicio público de transporte.

La planta de tratamiento descarga en el río Guadroncito, afluente del río Pinula, afluente del río Molino que, a su vez, es afluente del río Villalobos, éste llega a descargar sus aguas en el lago de Amatitlán.

La sub-cuenca del lago de Amatitlán comprende una extensión de 382 km<sup>2</sup>, cuya altura varía entre 2 500 y 1 187 metros sobre el nivel del mar, irrigada por cerca de 24 ríos y quebradas, entre los que se encuentran los ríos Pansalic, San Lucas, Pinula, Molino, Platanitos, Villalobos y Michatoya.

**Figura II.** Ubicación de la Planta Piloto dentro de la cuenca de Amatitlán



## 2.2. Descripción de la planta piloto de ERIS

La planta piloto “Ing. Arturo Pazos Sosa”, dado su carácter piloto y experimental, cuenta con diversos sistemas para el tratamiento de las aguas residuales, los cuales pueden clasificarse en: tratamiento preliminar (canal de rejillas), tratamiento primario (tanque sedimentador primario tipo rectangular), tratamiento secundario (Batería de filtros percoladores, tanque sedimentador secundario tipo Dortmund, reactor anaerobio de flujo ascendente –RAFA-, filtro percolador y filtro de arena pómez), tratamiento terciario (laguna de jacintos).

Se estima que el 90% del caudal de entrada a la planta de tratamiento está siendo utilizado para el riego de diversos usos, entre los que cabe destacar pastizales, maíz y girasoles.

### **3. DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES ESTRUCTURALES DEL WETLAND**

#### **3.1. Estructura base**

La estructura de base es un tanque, con una losa de base y paredes de block estructurada con concreto armado. Las paredes y la base se impermeabilizaron con cernido de cemento y arena de río. La base del tanque tiene una inclinación del 1% (es decir 6 cms de desnivel a lo largo).

Las dimensiones del tanque son; 3 metros de ancho, 6 metros de largo y una altura de un metro. Las dimensiones del canal son; 0.45 metros de ancho, 6 metros de largo y una altura de un metro.

**Figura III.** Estructura base del Wetland



#### **3.2. Estructura de entrada**

La obra de captación es una caja metálica, debidamente tratada contra la corrosión, que además contiene un vertedero triangular que permite el paso de únicamente 4 m<sup>3</sup>/día.

Encima de la caja metálica se soldó una rejilla móvil (gira como una puerta) que evitara el taponamiento del vertedero.

**Figura IV.** Obra de captación



Paralelo al tanque se construyó un canal sedimentador (ver figura III), con lo que se disminuirán los taponamientos en la entrada y la tubería de distribución. En el canal se dejó un tubo vertical y un vertedero con lo cual se asegura que al tanque llegue un máximo de 2.5 m<sup>3</sup>/día. La base del canal tiene al igual que el tanque un desnivel del 1%. Para facilitar la limpieza se dejó una salida al final de canal en la parte baja.

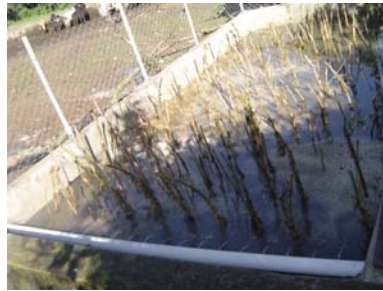
**Figura V.** Vertedero



La tubería de distribución es un tubo de 3 pulgadas debidamente perforado, y sujetado para evitar la concentración del agua en un solo lugar.

Para facilitar la limpieza se instaló una tubería de distribución que quedó de forma móvil (fácil de girar), y un tapón desmontable en el otro extremo de la tubería, por lo que se puede tirar agua a presión desde el otro extremo cuando este sucia y se desee limpiar.

**Figura VI.** Tubería de distribución



### **3.3. Estructura de salida**

La estructura de salida es una caja de concreto, en la cual se instaló una tubería de salida, colocada de forma vertical, para regular el nivel de agua en el Wetland. La tubería vertical va conectada en la parte inferior a una tubería horizontal que se ubica a lo ancho, y al fondo del Wetland, tubería que esta perforada (logrando así la salida del agua del Wetland).

**Figura VII.** Caja de salida.



### 3.4. Material soporte

El material que se uso en el Wetland es la arena pómez (ver información general sobre el Wetland), con un debido recubrimiento de piedrin sobre la tubería de salida para evitar el taponamiento de la misma. El piedrin ubicado sobre la tubería de salida fue cernido para que solo se tuviera tamaños entre 3/8 y 1/4 de pulgada.

### 3.5. Plantas sembradas

Las plantas que se sembraron en el Wetland son plantas acuáticas con determinadas características (ver información sobre el Wetland), llamada tul. Obtenidas a orillas del lago de Amatitlán.

**Figura VIII.** Plantas sembradas.





## 4. ACTIVIDADES DE CONSTRUCCIÓN DIRECCIÓN Y SUPERVISIÓN

### 4.1. Cálculos preliminares

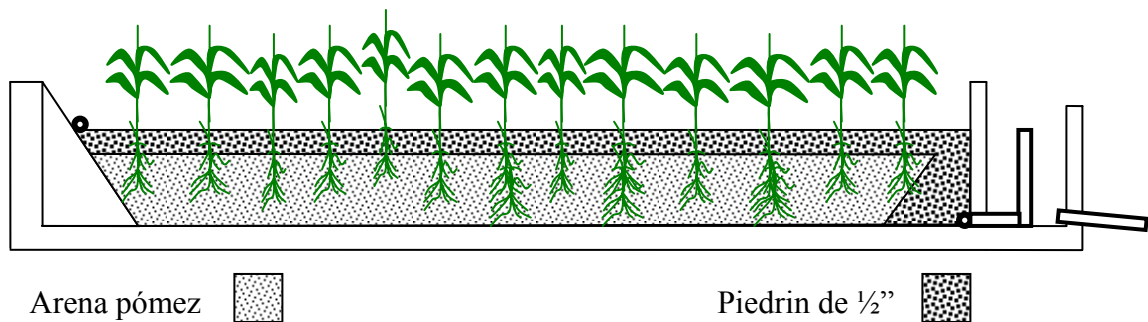
#### 4.1.1. Diseño del Wetland

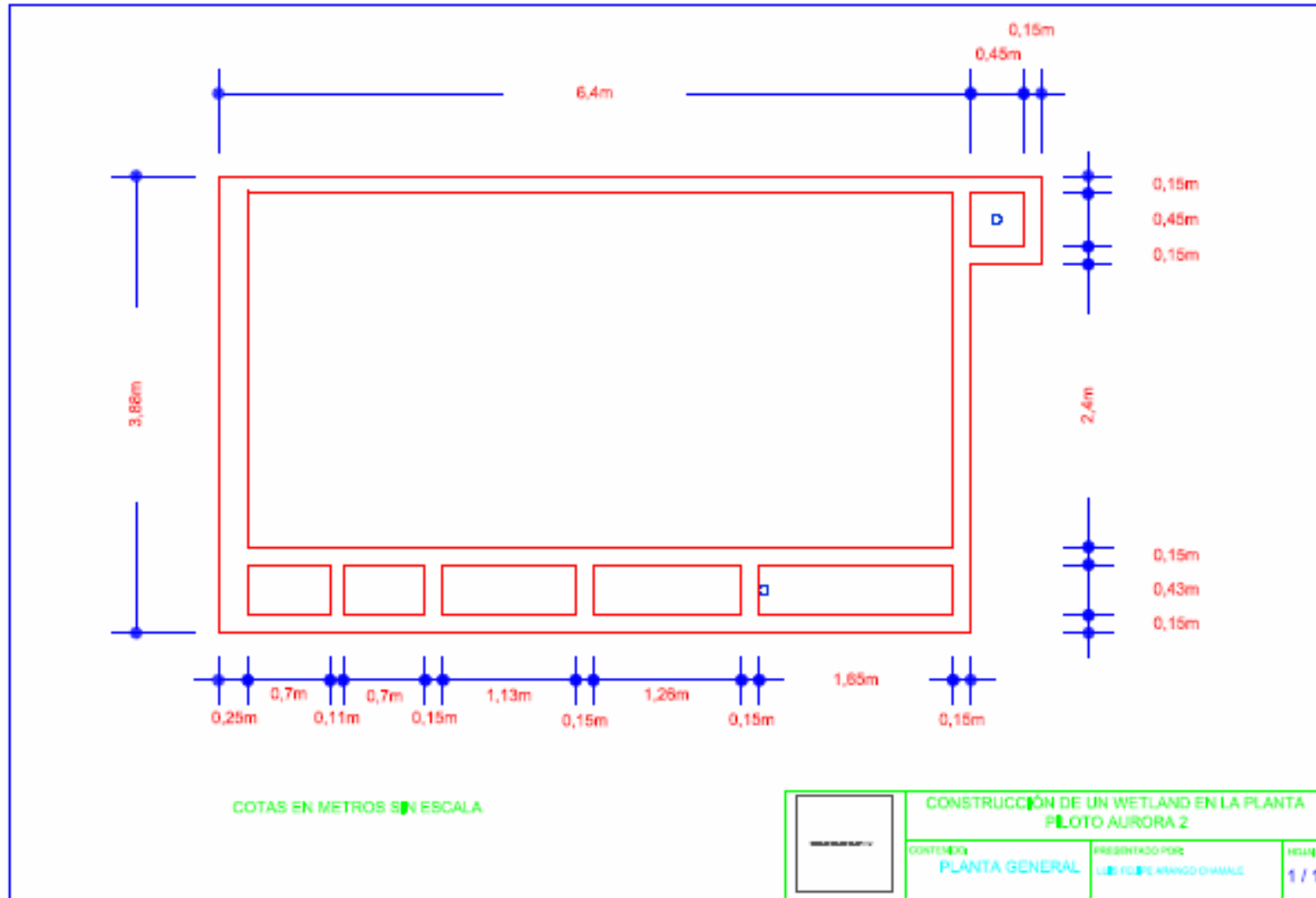
El diseño del Wetland fue hecho por la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental ERIS.

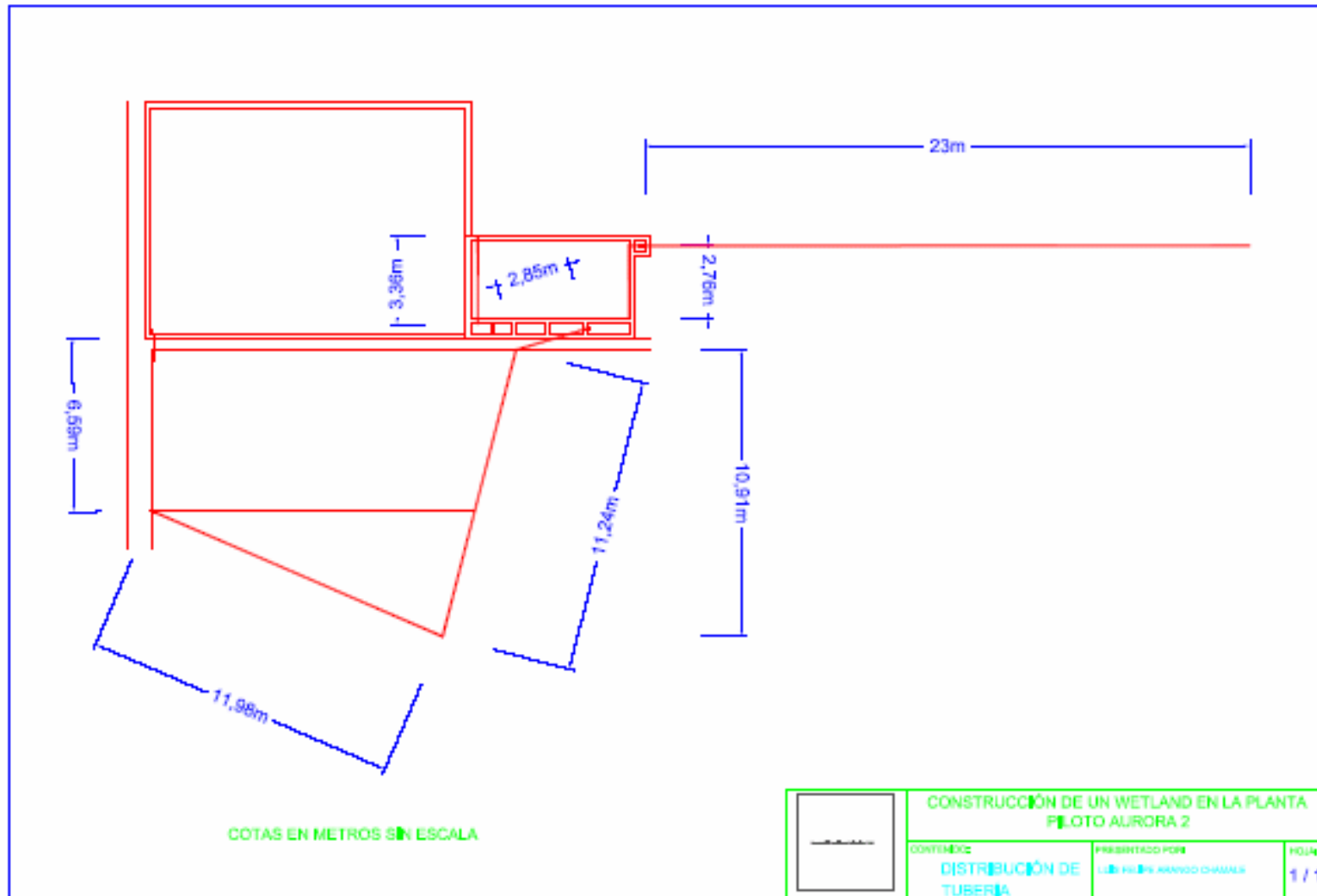
#### 4.1.2. Planos elaborados

Los planos elaborados para poder llevarse a cabo la construcción del Wetland son: el plano de planta acotada, el plano de distribución de tuberías y el detalle de sección longitudinal, en el que se muestra la distribución del emplazamiento.

**Figura IX.** Sección longitudinal del Wetland.







### 4.1.3. Cálculo de factores que afectan el salario

Al hacer el recuento nos daremos cuenta que en el año hay un total de 105 días no trabajados de los 365 que tiene en total el año, o sea que hay un total de 260 días efectivos en el año (ver tabla XII, apéndice C).

En base a la **Ecuación 2.** podemos calcular el factor de salario real:

$$F_{sr} = \frac{365-15}{260} = 1.3462$$

Es decir que cada trabajador ganara un 34.62% más de su salario base por día trabajado.

En base a la **Ecuación 3.** podemos calcular el factor de pasivo laboral:

$$F_{pl} = \frac{105}{365-15} = 0.30$$

Es decir que cada trabajador ganara un 30.00% más de su salario diario real a causa del pasivo laboral.

### 4.1.4. Diseño de tuberías

#### Tubería de entrada

El caudal de entrada es de 4 m<sup>3</sup>/día, la diferencia de nivel del lugar de captación y la entrada al Wetland es de 1.10 metros, en una longitud de 24 metros, por lo que S = 0.046 m/m, y por último, la tubería es de PVC, por lo cual n = 0.013. Entonces;

$$V = \frac{0.03429D^{2/3}S^{1/2}}{n} = \frac{0.03429(3)^{2/3}(0.046)^{1/2}}{0.013} = 1.177 \text{ m/s}$$

$$Q = VA = 1.177 \left( \frac{\pi}{4} \right) (3 \times 0.0254)^2 = 0.00537 \text{ m}^3 / \text{s} = 464 \text{ m}^3 / \text{día}$$

$$\frac{q}{Q} = \frac{4}{464} = 0.008627$$

En base al resultado se obtienen las siguientes relaciones:

$$\frac{d}{D} = 0.066, \text{ por lo que } d = (3)(0.066) = 0.198 \text{ pulgadas.}$$

$$\frac{v}{V} = 0.307527, \text{ por lo que } v = (1.177)(0.307527) = 0.362 \text{ m/s.}$$

Lo que es bueno para una tubería de ese largo, y que cumple con las especificaciones que es un mínimo de  $v = 0.3 \text{ m/s}$

### Tubería de salida

El caudal es de  $2.5 \text{ m}^3/\text{día}$ , la pendiente 1.5%, por lo que  $S = 0.015 \text{ m/m}$ , y la tubería es de PVC, por lo cual  $n = 0.013$ . Entonces;

$$V = \frac{0.03429D^{2/3}S^{1/2}}{n} = \frac{0.03429(3)^{2/3}(0.01)^{1/2}}{0.013} = 0.549 \text{ m/s}$$

$$Q = VA = 0.549 \left( \frac{\pi}{4} \right) (3 \times 0.0254)^2 = 0.00250 \text{ m}^3 / \text{s} = 216 \text{ m}^3 / \text{día}$$

$$\frac{q}{Q} = \frac{2.5}{216} = 0.0116$$

En base al resultado se obtienen las siguientes relaciones:

$$\frac{d}{D} = 0.076, \text{ por lo que } d = (3)(0.076) = 0.228 \text{ pulgadas.}$$

$$\frac{v}{V} = 0.336751, \text{ por lo que } v = (0.549)(0.336751) = 0.185 \text{ m/s.}$$

Lo que es bueno para una tubería de ese largo, tomando en cuenta que el agua no tendrá sólidos.

#### 4.1.5. Cálculo de estructuras de concreto armado

##### 4.1.5.1. Cálculo de losa (base del tanque)

Como la losa no está diseñada para soportar momentos, le hace falta únicamente el acero mínimo, para eso le colocamos el espaciamiento máximo.

$$S_{\max} = 3t = 3*(10\text{cms}) = 30 \text{ cms}$$

Tomando en cuenta que el ACI exige un mínimo de acero por temperatura que es igual a

$$A_T = 0.002bt = 0.002(100\text{cm})(10\text{cm}) = 2 \text{ cms}^2$$

Por lo que se exige un espaciamiento de (para el caso de usar varillas número 3):

$$S_{\max} = \frac{0.71\text{cms}^2(100\text{cm})}{2} = 35.5 \text{ cms}$$

Por lo que se dejará un espaciamiento de 35 cms, para trabajar de una forma conservadora.

#### 4.1.5.2. Cálculo de columna

Las columnas trabajan como viga en voladizo, se piensa distribuir las columnas de tal forma que cada una soporte un ancho de 1.5 metros a los lados.

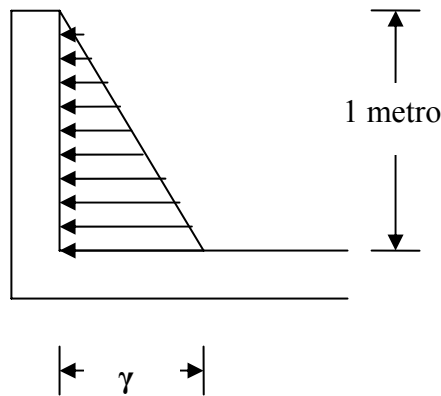
El peso esta distribuido en un área de

$$A_s = (1.5m)(1m) = 1.5 m^2$$

Carga total

$$CT = (1.5m^2) \left( 9800 \frac{N}{m^3} \right) = 14700N / m$$

**Figura X.** Distribución de carga sobre la pared



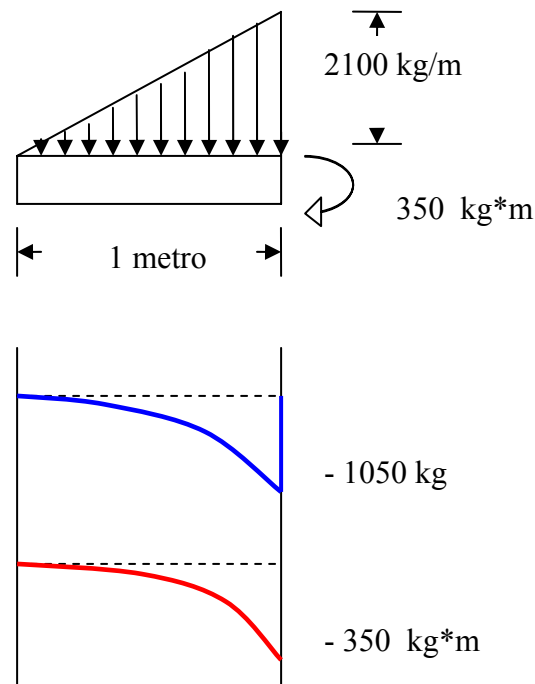
La carga última es;

$$CU = 14700N / m(1.4) = 20580N / m = 2100 kg / m$$

El momento último es;

$$Mu = \frac{1}{2}(1m)(2100kg / m) \left( \frac{1}{3} \right) (1m) = 350 kg * m$$

**Figura XI.** Diagrama de corte y momento



### Diseño a flexión

Tenemos los siguientes datos:

$$b = 15 \text{ cms}$$

$$d_p = 12 \text{ cms}$$

$$h = 15 \text{ cms}$$

$$F_y = 40000 \text{ PSI}$$

$$F_c = 3000 \text{ PSI}$$

$$M_u = - 350 \text{ kg*m}$$

El área de acero a flexión se puede encontrar con la ecuación.

$$A_s = \frac{0.85F_c}{F_y} \left[ bd - \sqrt{(bd)^2 - \frac{M_u b}{0.003825F_c}} \right]$$

$$A_s = \frac{0.85(210)}{(2810)} \left[ (15)(12) - \sqrt{(15 \times 12)^2 - \frac{(350)(15)}{0.003825(210)}} \right] = 1.22 \text{ cm}^2$$



El área de acero mínimo es

$$A_m = \frac{14.1bd}{F_y} = \frac{14.1(15)(12)}{2810} = 0.91 \text{ cm}^2$$

El área de acero máximo es

$$A_M = 0.5bd \rho_{bal} = 0.5bd \left[ 0.85 \beta_1 \frac{6090 F'_c}{F_y (6090 + F_y)} \right]$$

$$A_M = 0.5bd \rho_{bal} = 0.5(15)(12) \left[ 0.85(0.85) \frac{6090(210)}{(2810)(6090 + 2810)} \right] = 3.36 \text{ cms}^2$$

Por lo que se podrán 4 barras No 3, para hacer un área de acero de:

$$A_s = 4(0.71) = 2.84 \text{ cms}^2$$

Que es más de lo que necesita y menor que el máximo.

### Diseño a corte

Tenemos los siguientes datos:

$$b = 15 \text{ cms}$$

$$d = 12 \text{ cms}$$

$$h = 15 \text{ cms}$$

$$F_y = 40000 \text{ PSI}$$

$$F'_c = 3000 \text{ PSI}$$

$$V_u = - 1050 \text{ kg}$$

Calcularemos el corte que resiste el concreto

$$V_c = 0.53 \phi \sqrt{F'_c} b d = 0.53(0.85) \sqrt{210} (12)(15) = 1175 \text{ kg}$$

Como solo el concreto resiste el corte se dejara el espaciamiento máximo que es igual a 20 cms.

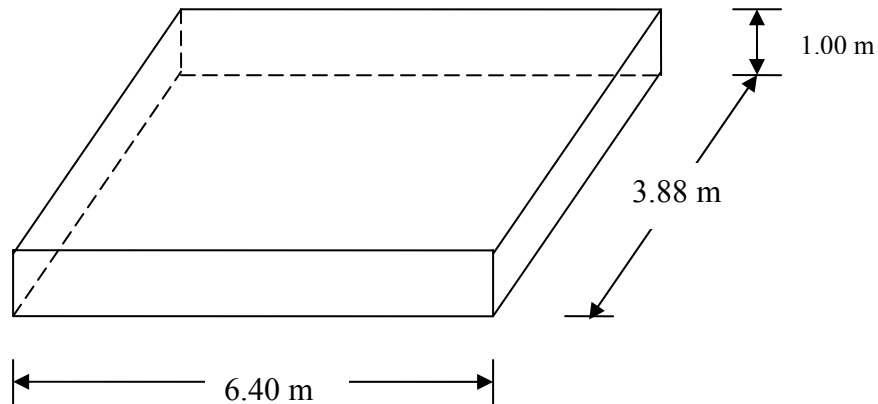
#### 4.1.6. Cuantificación de volúmenes de trabajo

##### 4.1.6.1. Cantidad de tierra excavar

El tanque que se hizo para la estructura base, tiene la forma de la figura XII.

$$v = (3.88)(6.40)(1.00) = 24.83 m^3$$

**Figura XII.** Volumen de excavación

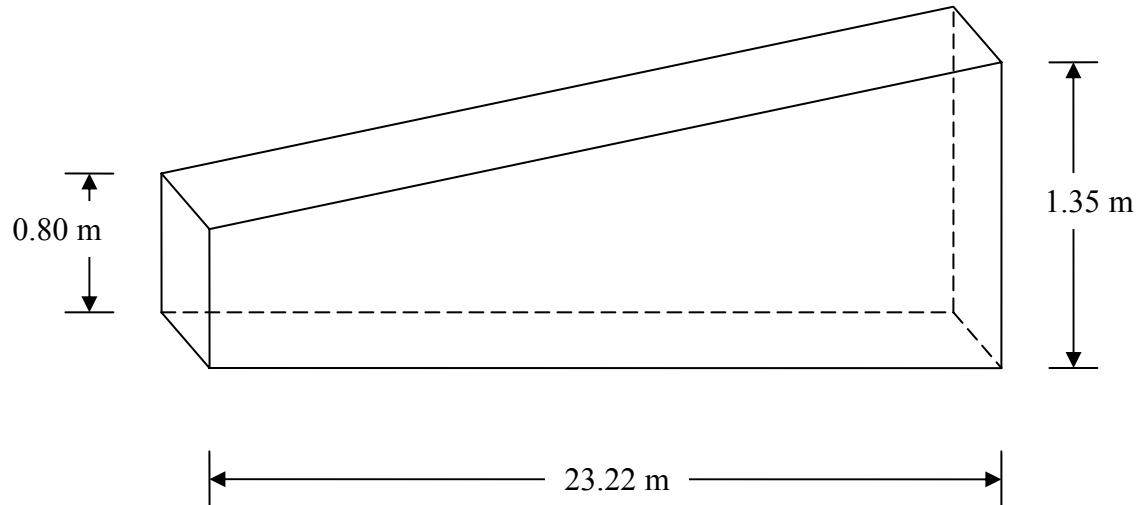


##### 4.1.6.2. Excavación de zanja para la tubería de entrada

La zanja que se hizo para la tubería de entrada, tiene la forma de la figura XIII.

$$v = \left( \frac{0.80 + 1.35}{2} \right) (0.60) (23.22) = 14.98 m^3$$

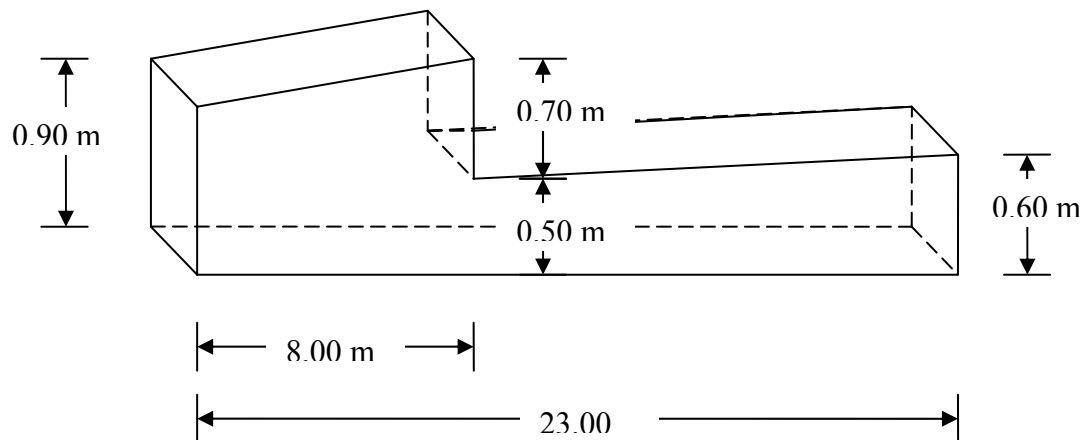
**Figura XIII.** Volumen de excavación de zanja de entrada



**4.1.6.3. Excavación de zanja para la tubería de salida**

La zanja que se hizo para la tubería de salida, tiene la forma de la figura XIV.

**Figura XIV.** Volumen de excavación de zanja de salida

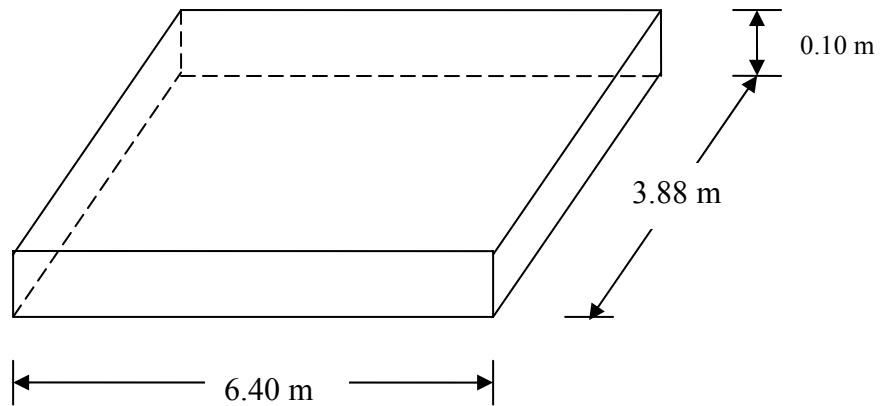


$$v = \left( \frac{0.90 + 1.20}{2} \right) (8) (0.60) + \left( \frac{0.50 + 0.60}{2} \right) (15) (0.60) = 9.99 m^3$$

#### 4.1.6.4. Área de fundición de losa

La losa base del Wetland tiene la forma de la figura XV.

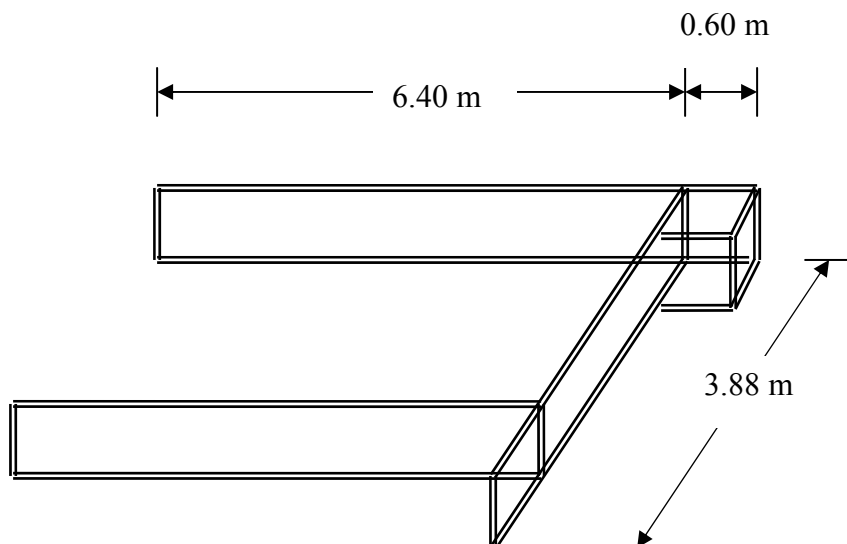
**Figura XV.** Área de fundición de losa



$$A = (3.88)(6.40) = 24.83 m^2$$

#### 4.1.6.5. Levantado de pared de block

**Figura XVI.** Área de levantado de pared



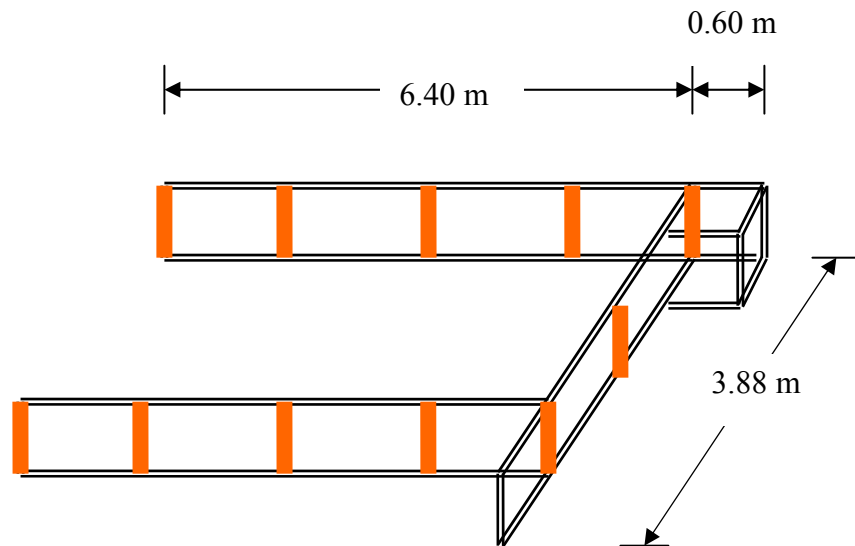
El área de pared que se levanto, se puede ver en la figura XVI.

$$A = (3.88 + 2 * 6.40 + 3 * 0.60)(1) = 18.48 m^2$$

#### 4.1.6.6. Columnas

La longitud de columnas hechas, se pueden ver en la figura XVII.

**Figura XVII.** Posición de columnas



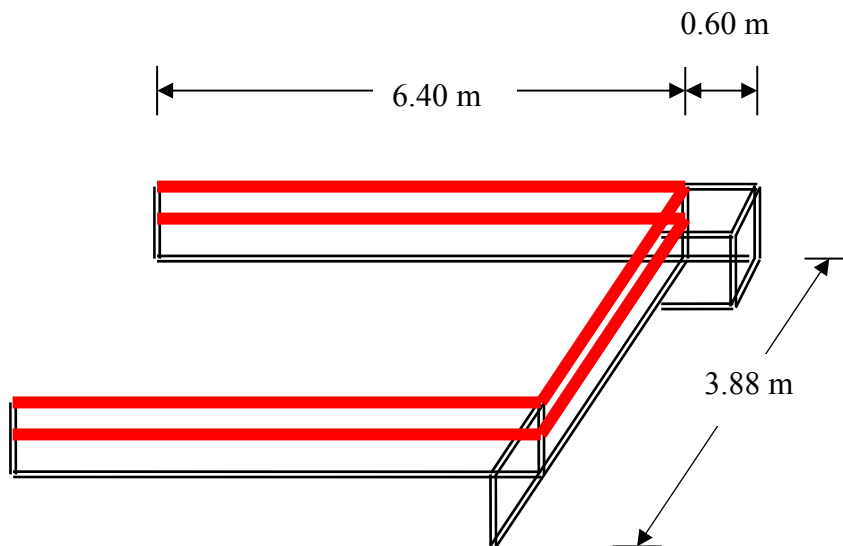
$$l = (11)(1) = 11.00 ml$$

#### 4.1.6.7. Soleras tipo B (block U)

La longitud de soleras tipo B se puede ver en la figura XVIII.

$$l = 2(6.40 * 2 + 3.88) = 33.36 ml$$

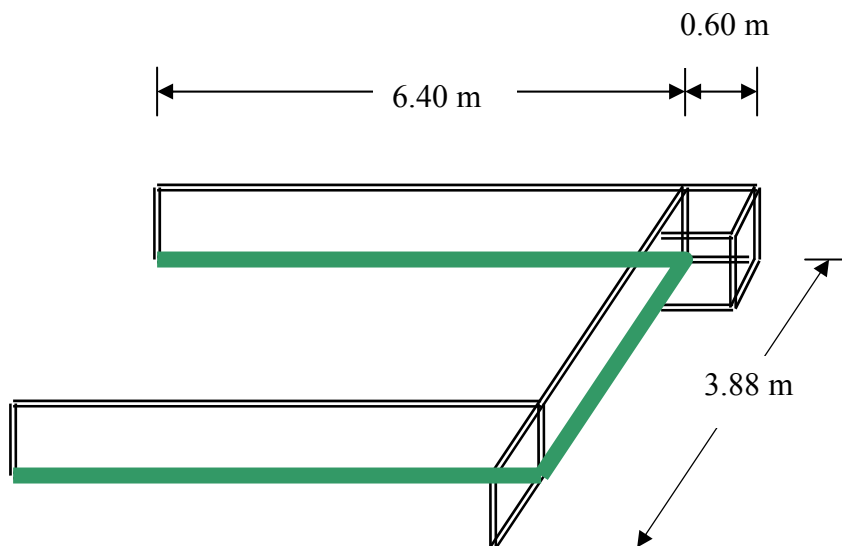
**Figura XVIII.** Posición de soleras tipo B



#### 4.1.6.8. Solera tipo A

La longitud de soleras tipo A se puede ver en la figura XIX.

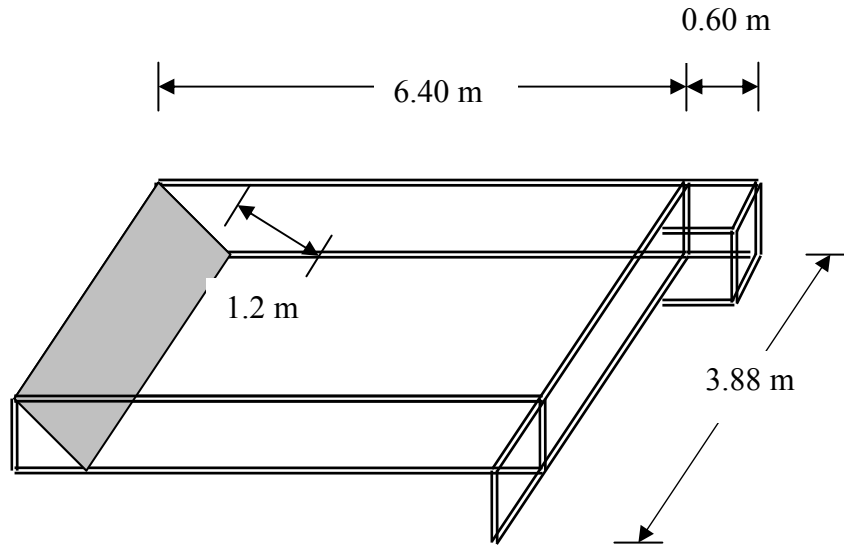
**Figura XIX.** Posición de soleras tipo A



$$l = 6.40 * 2 + 3.88 = 16.68 ml$$

**4.1.6.9. Muro inclinado**

**Figura XX.** Muro inclinado



El área del muro inclinado se puede ver en la figura XX

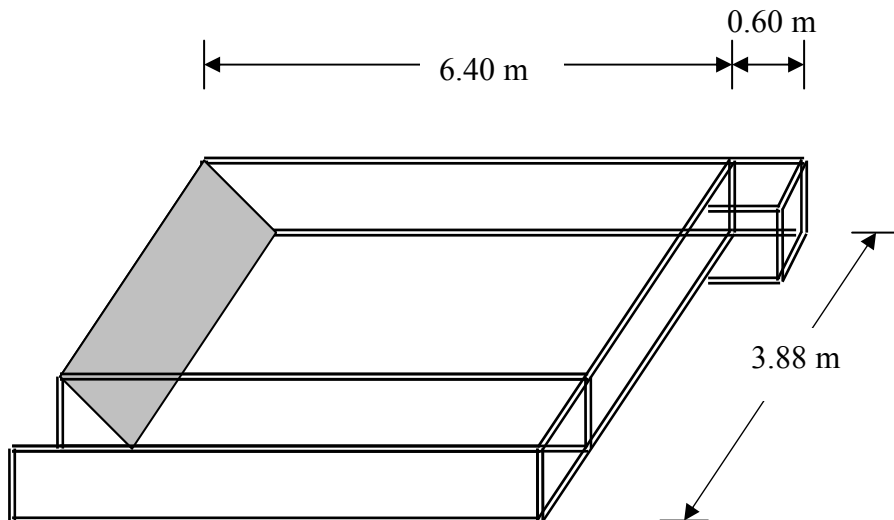
$$A = (3.00)(1.20) = 3.60 m^2$$

**4.1.6.10. Cernido de todas las paredes interiores y la base del tanque**

El área a la que se hecho cernido se puede ver en la figura XXI.

$$A = (3.00)(1.20) + 4(1.00)(6.40) + (1.00)(3.88) + 3(1.00)(0.60) + (6.00 - 0.60)(3) + (0.60)(6.00) = 54.68 m^2$$

**Figura XXI.** Área de cernido



#### 4.1.7. Especificaciones

Las especificaciones generales y particulares que se tomaron como base para el cálculo de materiales y mano de obra son las siguientes:

**Tabla II. Especificaciones generales**

ESPECIFICACIÓN	CANTIDAD	UNIDAD
salario diario base del albañil	75.00	Quetzales
salario diario base del ayudante	60.00	Quetzales
salario diario real del albañil	100.97	Quetzales
salario diario real del ayudante	80.77	Quetzales



**Tabla III. Especificaciones particulares**

<b>REGLON</b>	<b>ESPECIFICACIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>
Limpieza de área	Rendimiento albañil-ayudante	30	m2 al día
Trazo	rendimiento albañil-ayudante	20	m2 al día
Excavación	rendimiento albañil-ayudante	5.2	m3 al día
Zanjeo	rendimiento albañil-ayudante	5.2	m3 al día
Relleno de tanque	rendimiento albañil-ayudante	12	m3 al día
Tubería - drenaje	resistencia de la tubería	80	PSI
	rendimiento albañil-ayudante	200	ml al día
Losa	separación X-X	35	cms
	separación Y-Y	35	cms
	grosor de losa	8	cms
	cemento por m3 de concreto	7	unidad
	arena por m3 de concreto	0.48	m3
	pedrin por m3 de concreto	0.86	m3
	metros lineales por libra de alambre	27.5	ml
	largo de alambre por nudo doble	16	cms
	barillas por quintal de hierro No 3	13	unidad
	rendimiento albañil-ayudante	6	m2 al día
Levantado	grosor de savieta	2	cms
	cemento por m3 de savieta	8	unidad
	arena por m3 de savieta	1.33	m3
	largo del block	39.5	cms
	alto del block	19.5	cms
	ancho del block	15	cms
	rendimiento albañil-ayudante	6.41	m2 al día

**Tabla III. Especificaciones particulares**

**Continuación.**

Columnas	cemento por m3 de concreto	7	Unidad
	Arena por m3 de concreto	0.48	m3
	piedrin por m3 de concreto	0.86	m3
	grosor de columna	15	Cms
	Ancho de columna	15	Cms
	barillas No 3 en sección	4	Unidad
	separación entre estribos No 2	20	Cms
	largo de alambre por nudo doble	16	Cms
	barillas por quintal de hierro No 3	13	Unidad
	barillas por quintal de hierro No 2	30	Unidad
	metros lineales por libra de alambre	27.5	MI
	rendimiento albañil-ayudante	6.41	ml al día
Solera tipo B	Block U con grosor de pared	2.5	Cms
	cemento por m3 de concreto	7	Unidad
	Arena por m3 de concreto	0.48	m3
	piedrin por m3 de concreto	0.86	m3
	grosor de solera	15	Cms
	Ancho de solera	20	Cms
	barillas No 3 en sección	2	Unidad
	separación entre eslabones No 2	20	Cms
	largo de alambre por nudo doble	16	Cms
	barillas por quintal de hierro No 3	13	Unidad
	barillas por quintal de hierro No 2	30	Unidad
	metros lineales por libra de alambre	27.5	MI
rendimiento albañil-ayudante	15	ml al día	

**Tabla III. Especificaciones particulares**

**Continuación.**

Solera tipo A	cemento por m3 de concreto	7	Unidad
	arena por m3 de concreto	0.48	m3
	pedrin por m3 de concreto	0.86	m3
	grosor de solera	15	Cms
	ancho de solera	15	Cms
	barillas No 3 en sección	2	unidad
	Separación entre eslabones No 2	20	Cms
	largo de alambre por nudo doble	16	Cms
	barillas por quintal de hierro No 3	13	unidad
	barillas por quintal de hierro No 2	30	unidad
	metros lineales por libra de alambre	27.5	ml
	rendimiento albañil-ayudante	8	ml al día
	Cernido	cemento por m3 de cernido	10
arena por m3 de cernido		1.6	m3
grosor de capa de cernido		0.6	cms
rendimiento albañil-ayudante		20	m2 al día
Muro	separación X-X	30	cms
	separación Y-Y	30	cms
	grosor de muro	15	cms
	cemento por m3 de concreto	7	unidad
	arena por m3 de concreto	0.48	m3
	pedrin por m3 de concreto	0.86	m3
	metros lineales por libra de alambre	27.5	ml
	largo de alambre por nudo doble	16	cms
	barillas por quintal de hierro No 3	13	unidad
	rendimiento albañil-ayudante	2	m2 al día

**Tabla III. Especificaciones particulares**

**Continuación.**

Muro Inclinado	separación X-X	25	cms
	separación Y-Y	25	cms
	grosor de muro	8	cms
	cemento por m3 de concreto	7	unidad
	Arena por m3 de concreto	0.48	m3
	pedrin por m3 de concreto	0.86	m3
	metros lineales por libra de alambre	27.5	MI
	largo de alambre por nudo doble	16	cms
	barillas por quintal de hierro No 2	30	unidad
	rendimiento albañil-ayudante	3	m2 al día
Llenado de tanque	rendimiento albañil-ayudante	12	m3 al día
Cerco	rendimiento albañil-ayudante	12	ml al día

#### 4.1.8. Cuantificación de materiales y mano de obra

El costo de materiales y mano de obra se describe detalladamente en la siguiente tabla.

**Tabla IV. Cuantificación de materiales y mano de obra**

RENGLÓN	RUBRO	TIPO	UNIDAD	CANTIDAD	porcentaje	PRECIO	SUB TOTAL	TOTAL
				Por unidad	desperdicio	unitario	por unidad	
LIMPIEZA AREA	mano de obra	albañil-ayudante	día	0.033		181.74	6.06	
	<b>TOTAL</b>		<b>m2</b>	<b>32.000</b>			<b>6.06</b>	<b>193.85</b>
	<b>tiempo estimado</b>		<b>días</b>					<b>1.07</b>
TRAZO	mano de obra	albañil-ayudante	día	0.050		181.74	9.09	
	<b>TOTAL</b>		<b>m2</b>	<b>22.720</b>			<b>9.09</b>	<b>206.45</b>
	<b>tiempo estimado</b>		<b>días</b>					<b>1.14</b>
EXCAVACIÓN	mano de obra	albañil-ayudante	día	0.192		181.74	34.95	
	<b>TOTAL</b>		<b>m3</b>	<b>24.832</b>			<b>34.95</b>	<b>867.86</b>
	<b>tiempo estimado</b>		<b>días</b>					<b>4.78</b>
ZANJEO	mano de obra	albañil-ayudante	día	0.192		181.74	34.95	
	<b>TOTAL</b>		<b>m3</b>	<b>24.970</b>			<b>34.95</b>	<b>872.69</b>
	<b>tiempo estimado</b>		<b>días</b>					<b>4.80</b>
RELLENO TANQUE	mano de obra	albañil-ayudante	día	0.083		181.74	15.14	
	<b>TOTAL</b>		<b>m3</b>	<b>24.970</b>			<b>15.14</b>	<b>378.16</b>
	<b>tiempo estimado</b>		<b>días</b>					<b>2.08</b>

**Tabla IV. Cuantificación de materiales y mano de obra**

**Continuación.**

RENGLÓN	RUBRO	TIPO	UNIDAD	CANTIDAD	porcentaje	PRECIO	SUB TOTAL	TOTAL
				por m3	desperdicio	unitario	por unidad	
<b>PUESTA TUBO</b>	Materiales	codos 3"	unidad	8		12.00	96.00	
		tubo 3"	unidad	14		90.00	1260.00	
		pegamento	galón	0.25		520.00	130.00	
		adaptador	unidad	1		33.00	33.00	
		tapón hembra	unidad	1		60.00	60.00	
	Mano de obra	albañil-ayudante	día	0.25		181.74	45.43	
	<b>TOTAL</b>		<b>global</b>	<b>1</b>			<b>1624.43</b>	
<b>tiempo estimado</b>		<b>días</b>					<b>0.25</b>	
<b>LOSA</b>	Materiales	cemento	unidad	0.560	5	37.00	21.76	
		arena	m3	0.038	5	80.00	3.23	
		pedrín	m3	0.0688	5	140.00	10.11	
		hierro No. 3	quintal	0.073	1	270.00	19.98	
		alambre	lb	0.087	25	5.00	0.54	
	Mano de obra	albañil-ayudante	día	0.167		181.74	30.29	
	<b>TOTAL</b>		<b>m2</b>	<b>24.832</b>			<b>85.90</b>	
<b>tiempo estimado</b>		<b>días</b>					<b>4.14</b>	

**Tabla IV. Cuantificación de materiales y mano de obra**

**Continuación.**

RENGLÓN	RUBRO	TIPO	UNIDAD	CANTIDAD	porcentaje	PRECIO	SUB TOTAL	TOTAL	
				por m2	desperdicio	unitario	por unidad		
<b>LEVANTADO</b>	Materiales	cemento	unidad	0.184	5	37.00	7.14		
		arena	m3	0.031	5	80.00	2.57		
		block	unidad	13	2	2.40	31.82		
	Mano de obra	albañil-ayudante	día	0.156		181.74	28.35		
	<b>TOTAL</b>		<b>m2</b>	<b>18.480</b>			<b>69.89</b>		<b>1291.48</b>
	<b>tiempo estimado</b>		<b>días</b>						<b>2.88</b>
<b>COLUMNAS</b>	Materiales	cemento	unidad	0.158	5	37.00	6.12		
		arena	m3	0.011	5	80.00	0.91		
		pedrín	unidad	0.019	5	140.00	2.84		
		Hierro No 3	quintal	0.051	5	270.00	14.54		
		Hierro No 2	quintal	0.014	5	270.00	4.10		
		alambre	lb	0.116	25	5.00	0.73		
	Mano de obra	albañil-ayudante	día	0.156		181.74	28.35		
	<b>TOTAL</b>		<b>ml</b>	<b>11.000</b>			<b>57.58</b>		<b>633.42</b>
	<b>tiempo estimado</b>		<b>días</b>						<b>1.72</b>

**Tabla IV. Cuantificación de materiales y mano de obra**

**Continuación.**

RENGLÓN	RUBRO	TIPO	UNIDAD	CANTIDAD	porcentaje	PRECIO	SUB TOTAL	TOTAL
				por ml	desperdicio	unitario	por unidad	
<b>SOLERA TIPO B</b>	Materiales	cemento	unidad	0.140	5	37.00	5.44	
		arena	m3	0.010	5	80.00	0.81	
		piedrín	unidad	0.017	5	140.00	2.53	
		Hierro No 3	quintal	0.026	5	270.00	7.27	
		Hierro No 2	quintal	0.007	5	270.00	2.05	
		alambre	lb	0.058	25	5.00	0.36	
	Mano de obra	albañil-ayudante	día	0.067		181.74	12.12	
	<b>TOTAL</b>		<b>ml</b>	<b>33.360</b>			<b>30.57</b>	
<b>tiempo estimado</b>		<b>días</b>					<b>2.22</b>	
<b>SOLERA TIPO A</b>	Materiales	cemento	unidad	0.158	5	37.00	6.12	
		arena	m3	0.011	5	80.00	0.91	
		piedrín	unidad	0.019	5	140.00	2.84	
		Hierro No 3	quintal	0.026	5	270.00	7.27	
		Hierro No 2	quintal	0.014	5	270.00	4.10	
		alambre	lb	0.058	25	5.00	0.36	
	Mano de obra	albañil-ayudante	día	0.125		181.74	22.72	
	<b>TOTAL</b>		<b>ml</b>	<b>16.680</b>			<b>44.32</b>	
<b>tiempo estimado</b>		<b>días</b>					<b>2.09</b>	



**Tabla IV. Cuantificación de materiales y mano de obra**

**Continuación.**

RENGLÓN	RUBRO	TIPO	UNIDAD	CANTIDAD	porcentaje	PRECIO	SUB TOTAL	TOTAL	
				por m2	desperdicio	unitario	por unidad		
<b>CERNIDO</b>	Materiales	cemento	unidad	0.060	5	37.00	2.33		
		arena	m3	0.010	5	80.00	0.81		
	Mano de obra	albañil-ayudante	día	0.050		181.74	9.09		
	<b>TOTAL</b>		<b>m2</b>	<b>54.680</b>			12.22		<b>668.42</b>
	<b>tiempo estimado</b>		<b>días</b>						<b>2.73</b>
<b>MURO</b>	Materiales	cemento	unidad	1.050	5	37.00	40.79		
		arena	m3	0.072	5	80.00	6.05		
		piedrín	m3	0.129	5	140.00	18.96		
		hierro No. 3	quintal	0.111	1	270.00	30.30		
		alambre	lb	0.109	25	270.00	36.87		
	Mano de obra	albañil-ayudante	día	0.500		181.74	90.87		
	<b>TOTAL</b>		<b>m2</b>	<b>1.170</b>			<b>223.84</b>		<b>261.90</b>
	<b>tiempo estimado</b>		<b>días</b>						<b>0.59</b>
<b>CERCO</b>	Materiales	tubo metal	unidad	7	0	25.00	175.00		
		malla	ml	10		20.00	200.00		
		alambre	ml	3		7.00	21.00		
	Mano de obra	albañil-ayudante	día	0.829		181.74	150.69		
	<b>TOTAL</b>		<b>global</b>	<b>1</b>			<b>546.69</b>		<b>546.69</b>
	<b>tiempo estimado</b>		<b>días</b>						<b>0.83</b>

**Tabla IV. Cuantificación de materiales y mano de obra**

**Continuación.**

RENGLÓN	RUBRO	TIPO	UNIDAD	CANTIDAD	porcentaje	PRECIO	SUB TOTAL	TOTAL
				por m2	desperdicio	unitario	por unidad	
<b>MURO INCLINADO</b>	Materiales	cemento	unidad	0.560	5	37.00	21.76	
		arena	m3	0.038	5	80.00	3.23	
		piedrín	m3	0.069	5	140.00	10.11	
		hierro No. 2	quintal	0.056	1	270.00	15.15	
		alambre	lb	0.145	25	5.00	0.91	
	Mano de obra	albañil-ayudante	día	0.333		181.74	60.58	
	<b>TOTAL</b>		<b>m2</b>	<b>3.600</b>			<b>111.73</b>	
	<b>tiempo estimado</b>		<b>días</b>				<b>1.20</b>	
<b>LLENADO TANQUE</b>	Materiales	arena blanca	m3	12	5	70.00	882.00	
		piedrin	m3	6	5	140.00	882.00	
	Mano de obra	albañil-ayudante	día	1.500		181.74	272.61	
	<b>TOTAL</b>		<b>global</b>	<b>1</b>			<b>2036.61</b>	
<b>OTROS GASTOS</b>	Materiales	clavo	unidad	8		5.00	40.00	
		nylon	unidad	1		50.00	50.00	
		fletes	unidad	5		200.00	1000.00	
		madera	unidad	1		300.00	300.00	
		cedazo	unidad	1		50.00	50.00	
		equipo topográf	unidad	1		300.00	300.00	
	<b>TOTAL</b>		<b>global</b>	<b>1</b>			<b>1740.00</b>	

#### 4.1.9. Presupuesto

El resumen de costos directos por renglones, y la integración de los costos se presentan en la siguiente tabla:

**Tabla V. Presupuesto**

<b>REGLÓN</b>	<b>Mano de obra</b>	<b>materiales</b>	<b>Total</b>
Trabajos preliminares	400.31		400.31
Excavación	867.86		867.86
Colocación de tubería	1296.29	1579.00	2875.29
Losa	752.15	1381.01	2133.16
Levantado de pared	1618.92	2064.97	3683.90
Muritos	106.32	155.58	261.90
Muro inclinado	218.08	184.16	402.24
Impermeabilización	496.87	171.55	668.42
Llenado de tanque	272.61	1764.00	2036.61
Cerco	150.69	396.00	546.69
Otros gastos			1740.00
<b>SUB TOTAL</b>	<b>6180.09</b>	<b>7696.27</b>	<b>15616.37</b>
<b>Pasivo laboral</b>			1854.03
<b>Imprevistos</b>			1561.64
<b>Gastos administrativos</b>			780.82
<b>Honorarios</b>			1873.96
<b>TOTAL</b>			<b>37303.19</b>
<b>TOTAL POR M<sup>2</sup></b>			<b>2072.40</b>
<b>COSTO POR M<sup>3</sup> DE AGUA RESIDUAL TRATADA AL DÍA</b>			<b>14921.28</b>

#### 4.1.10. Cronograma de actividades y supervisiones

El cronograma de actividades y de supervisiones se presenta en la siguiente tabla:

**Tabla VI. Cronograma de actividades y supervisiones**

	SEPTIEMBRE		OCTUBRE																										
CONTENIDO	29	30	1	2	4	5	6	7	8	9	11	12	13	14	15	18	19	21	22	25	26	27	28	29	30				
<b>Preliminares</b>																													
Supervisiones	■	■		■				■	■					■	■				■	■							■		
Trazo (topografía)	■																												
Emparejar área		■	■																										
Acarreo de tierra		■	■																										
<b>Extracción de tierra</b>																													
Extracción de tierra				■	■	■	■	■	■																				
Acarreo de tierra				■	■	■	■	■	■																				
<b>Distribución</b>																													
Zanjeo caudal de entrada									■	■	■																		
Zanjeo caudal de salida												■	■	■	■														
Colocación de tubería															■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
Relleno de tanque															■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
<b>Impermeabilización</b>																													
Construcción de losa																					■	■	■	■	■	■	■		
Construcción de pared																							■	■	■	■	■		

<b>Tabla VI. Cronograma de actividades y supervisiones</b>												
<b>Continuación.</b>												
	<b>NOVIEMBRE</b>											
<b>CONTENIDO</b>	1	2	3	4	5	6	8	9	10	11	12	13
Supervisiones												
construcción de pared												
Caja de entrada												
Caja de salida												
Construcción de muro inclinado												
cernido de paredes												
<b>cercos</b>												
Puesta y fundido de tubos												
puesta de malla												
<b>llenado</b>												
Cernido y llenado de arena												
Siembra de las plantas												
llenado de piedrin												
<b>Trabajos finales</b>												
Colocación de letrero												
obra de captación												
Fin (Entrega del proyecto)												

## 4.2. Trabajos finales

### 4.2.1. Costo de operación del Wetland

La vegetación hay que cortarla cada 6 meses, trabajo que conlleva a el corte y acarreo de vegetación, lo cual se estima que se hace por una persona en un día (2 días al año).

- ✓ Para el control del rendimiento del sistema no hay necesidad de operación, pues el caudal de entrada esta regulado y el sistema de tratamiento por ser pequeño no afecta significativamente el caudal de salida.

- ✓ El control de eficiencia de la planta será hecho por la ERIS, por lo que no se tomara dentro del rubro de costo de operación.
  
- ✓ Control de la salud del humedal:
  - Se estima que habrá una acumulación de sólidos considerable cada semana, por lo que se necesita de por lo meno cuatro horas por semana para removerlos manualmente (26 días al año).
  
  - La limpieza de la tubería de distribución debe hacerse por lo menos una ves al día, lo cual se estima es necesario un tiempo de 20 minutos (11 días al año).
  
  - La limpieza de la obra de captación del agua residual debe hacerse por lo menos una ves al día, lo cual se estima es necesario un tiempo de 20 minutos (11 días al año).

El costo de operación anual se estima será de (ver en el numeral 4.3 los factores que afectan el salario diario base):

$$CO = (1.3462)(1.30)(50dias)(SDB) = 87.5(SDB)$$

Para un salario diario base de Q 60.00 se tiene:

$$CO = 87.5(60) = Q5250.00 \text{ Anuales.}$$

El costo de operación por m<sup>3</sup> de agua tratada es:

$$COA = \frac{Q 5250.00}{(365dia)(2.5m^3 / dia)} = Q5.75 / m^3 * día$$

#### 4.2.2. Comparación entre los resultados y los cálculos preliminares en el rubro de cantidades de materiales

Las cantidades de materiales calculada y las cantidades de materiales usados se describen en la tabla VII, se puede ver que solo se comparan únicamente los materiales en los que se tiene cierta inseguridad en la predicción de las cantidades, no tomando en cuenta los materiales en los que es obvio (ejemplo: la cantidad de tubos teniendo las longitudes).

En la tabla VII. se puede ver que las cantidades de materiales calculados y las cantidades de materiales que fueron utilizadas son bastante parecidas, por lo que podemos concluir en que los cálculos preliminares hechos para éste rubro son aceptables.

**Tabla VII. Comparación entre materiales calculados y materiales comprados**

Materiales calculados			Materiales comprados		
Cemento	32.86	Unidad	cemento	29	Unidad
Arena de río	2.88	m3	arena de río	3.00	m3
Piedrin	9.22	m3	piedrin	9.00	m3
Hierro No 3	3.80	Quintal	hierro No 3	4.00	Quintal
Hierro No 2	0.84	Quintal	hierro No 2	1.00	Quintal
Block	160	Unidades	block	160	Unidades

#### 4.2.3. Comparación entre los resultados y los cálculos preliminares en el rubro de costos directos

En la tabla VIII se puede notar un incremento en la mano de obra y decremento en los materiales (comparando la primera y la segunda columna), la razón es por que no se compraron los 12 m<sup>3</sup> de arena pómez, si no que se le pago a una persona para que la acarreará desde un lugar dentro de la planta. La situación anterior provoco un aumento en la mano de obra y un decremento en los materiales en el costo directo real. Para poder compara los resultados tomaremos en cuenta que el costo de la arena es de Q840.00 dando lugar a que los costos directos reales sean como se muestra en la tercera columna de la tabla 8. (tomando en cuenta que se tenía estimado comprar la arena), lo que demuestra resultados aceptables.

**Tabla VIII. Comparación entre costo directo calculado y costo directo real**

Costos directos calculados		Costos directos reales (con acarreo de arena)	Costos directos reales (si se hubiera comprado la arena)
Materiales	7696.27	Q6,893.83	Q7,773.86
Mano de obra	6180.09	Q6,700.00	Q5,840.00

#### 4.2.4. Programación de actividades

Con respecto a la obra civil, se puede ver que se termino un poco antes de la fecha programada en el cronograma (ver apéndice A). Aunque al final las plantas se sembraron hasta en junio del 2005 (por complicaciones no tomadas en cuenta en la programación).



### 4.3. Financiamiento

La construcción del Wetland fue gracias al apoyo de PROARCA – SIGMA: quien dio un aporte monetario para la construcción del mismo que asciende a la cantidad de \$2000.00, cantidad que tomando en cuenta el cambio del día, y descontándole el porcentaje que AGISA cobro por el manejo de los fondos asciende a Q 14,211.56, que es el 93.03% de los gastos totales que suman la cantidad de Q15,276.48.

### 4.4. Tabla de resumen de los trabajos de construcción del Wetland

**Tabla IX. Trabajos de construcción del Wetland**

<b>Factores involucrados</b>	<b>Resultado</b>
Diseño del Wetland	ERIS
Planos elaborados	Tres planos.
Cálculos hidráulicos	Para el diseño de las tuberías del afluente y el efluente.
Cálculos estructurales	Diseño del tanque (losa, columnas y vigas).
Tiempo de construcción	35 días hábiles (mes y medio).
Gastos de construcción	Q 15276.48
Costo por m <sup>3</sup> de agua tratada	Q 6110.59
Costo estimado de operación por año	Q 5250.00 (Q 5.75 por día de tratamiento).



## CONCLUSIONES

1. Los Wetland son una tecnología viable para la depuración de aguas residuales, especialmente si éstas son de origen urbano, y pueden llegar a tener un gran futuro en países en vías de desarrollo que tengan climas tropicales o subtropicales, pues los costos de construcción y operación son bajos.
2. En toda obra de ingeniería civil, en el momento de calcular el costo de mano de obra, es necesario diagnosticar las condiciones que podrían afectar el rendimiento. sin basarse sólo en la experiencia, haciendo solamente un cálculo aproximado y empírico.
3. Es importante calcular el costo de materiales (para determinada obra) de la forma más precisa posible, para evitar pérdidas al momento de hacer un presupuesto.
4. La programación de actividades (cronograma de actividades) debe ser flexible, para que en la ejecución de la obra, se puedan aplicar actividades correctivas, alternas o de contingencia, al momento de presentarse un imprevisto.

5. En la ejecución de cualquier obra civil, la supervisión continua y acorde a las especificaciones técnicas ayudará a mejorar el aprovechamiento de los recursos, mantener el correcto desarrollo de la obra, y lograr una buena clasificación de personal.
  
6. En el momento de la organización de cualquier empresa dedicada a la ingeniería civil, se deben establecer técnicas que faciliten el proceso constructivo y a la vez minimicen el tiempo de desarrollo del mismo.
  
7. El costo de construcción de un Wetland (construido de la forma que indica el documento), con capacidad para tratar un caudal de  $2.5 \text{ m}^3$  / día de agua residual, es de Q 15,276.48 (con un diseño ya establecido); lo que es equivalente a 6,111 quetzales /  $\text{m}^3$ .
  
8. El costo de operación por un año de trabajo de la planta es de Q 5,250.00; lo que es equivalente a 175 quetzales / mes.

## RECOMENDACIONES

1. La ERIS (Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental) debe hacer investigación en este tipo de plantas de tratamiento de aguas residuales, con el fin de obtener datos que ayuden a conocer la eficiencia del tratamiento, en las condiciones climatológicas, ambientales y usando especies vegetales nativas de Guatemala.
2. Un Ingeniero civil encargado de un grupo de trabajadores debe hacer una selección de personal, ubicándolos en grupos de trabajo, maximizando así la producción y facilitando a la vez la estimación de la mano de obra de su grupo de trabajo, así como también las cantidades de materiales (pues se tiene un mejor estimado del desperdicio).
3. El Ingeniero civil debe hacer el cronograma de actividades dando cierto tiempo de margen a cada actividad (según sean las condiciones que se presenten), y al momento de desarrollarse la obra debe actualizar periódicamente el mismo. Ésta es una condición necesaria para no desubicarse y caer en el incumplimiento, como por ejemplo que se suspendan actividades por falta de materiales, o que se quede mal con los trabajadores porque se atrase un pago.

4. El Ingeniero civil debe tener un auxiliar encargado de la obra en quien se pueda confiar, para que en el momento de ejecutar y falte el ingeniero, los trabajadores cumplan con sus obligaciones, no roben materiales o los desperdicien demasiado, o en el peor de los casos, que no sepan qué hacer o hagan mal cierta etapa de la obra.
  
5. El Ingeniero que inicia en una empresa dedicada a la construcción, debe tomar en cuenta la organización de la misma, el uso de técnica para la construcción como: el uso de prefabricado, el uso de moldes de metal para formaleta, etc., para minimizar el tiempo y el costo de la obra facilitando a la vez el proceso de construcción.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Castellanos Duarte, Ramón Antonio y Manlia Alicia Del Rosario Romero Cristales. **Rehabilitación del sistema lagunar de la planta piloto “Ingeniero Arturo Pazos Sosa” para su aprovechamiento con fines de riego.** Tesis MSc en Ing. Sanitaria. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental (ERIS), 2004.
2. **Código de trabajo, y todas sus reformas.** S.e. Guatemala, 2005.
3. Córdova Archila, Luis Gustavo. **Consideraciones sobre la determinación de rendimiento de mano de obra por métodos estadísticos.** Tesis Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1979.
4. Crites, Run y George Tehobanoglous. **Sistemas de manejo de aguas residuales para núcleos pequeños y descentralizados.** s.e. (tomo 2) Colombia: Editorial Mc Graw Hill, 2000.
5. Frederick, Merritt. **Manual del ingeniero civil.** Traducción 2ª ed. en inglés (Tomos I, II y III). México: Editorial Mc Graw Hill, 1987.
6. López Castellanos, Jorge Luis Alberto. **Objetivos e importancia de la supervisión en la construcción de obras civiles de ingeniería realizadas por contrato.** Tesis Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1986.
7. Metecalf y Eddy. **Ingeniería de las aguas residuales, tratamiento vertido y reutilización.** Traducción 3ª ed. en inglés (Tomos I y II) México: Editorial Mc Graw Hill. 1996.
8. Peurifoy, Robert. **Estimación de los costos de construcción** 2ª ed. México: Editorial Diana, 1983.

9. Plazola Cisneros, Alfredo. **Normas y costos de construcción**. 2ª ed. España: Editorial Limusa. 1971.
10. Salazar García, Luis Fernando. **Recopilación de tablas relacionadas con la cuantificación de algunos materiales de construcción**. Tesis Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Arquitectura, 1985.
11. Suárez Salazar, Carlos. **Costo y tiempo de edificaciones**. 3ª ed. México. Limusa Noriega Editores. 1986.
12. Vides Tobar, Armando. **Análisis control de costos de ingeniería**. s.e. (Tomo 2) Guatemala: Editorial Piedra Santa. 1978.
13. <http://www.epa.gov/owmitnet/mtbfact.htm>
14. <http://www.geocities.com/jalarab.htm>



## APÉNDICE A

### DESCRIPCIÓN Y SEGUIMIENTO DE LOS TRABAJOS DE CAMPO

La construcción se llevó a cabo en los meses de septiembre, octubre y noviembre del 2004. A continuación, se describe detalladamente, en orden cronológico, cada una de las actividades realizadas y se presentan fotografías en las cuales se ilustra el avance de las obras.

#### 1. Día miércoles 29/09/04

Se hizo el trazo y las mediciones topográficas en un área elegida por mi persona y el guardián de la planta, sugerencia hecha por mi asesor (Ing. Pedro Saravia).

**Figura XXII.** Área en la que se excavó inicialmente



#### 2. Día jueves 30/09/04

Se efectuó la limpieza del área elegida y traslado de herramienta.

### 3. Del día viernes 30/09/04 al día martes 05/10/04

Se efectuaron los trabajos de excavación y acarreo de tierra de la zanja de 18 m<sup>3</sup>. La tierra se tiró en el barranco, recorriendo una distancia promedio de 50 metros

### 4. Día miércoles 06/10/04

Se iniciaron los trabajos de excavación de zanja para la tubería de entrada.

### 5. Día jueves 07/10/04

Se hizo nuevamente la medición topográfica y el trazo en un nuevo lugar elegido por mi asesor (a la par del tanque que está en desuso).

**Figura XXIII.** Área en la que se construyó el Wetland



El motivo del cambio del lugar fue provocado por las constantes visitas de unos miembros del Ejército, quienes preguntaban por los límites del terreno de la Universidad, diciendo a la vez que estábamos en terreno de ellos. Aunque se sabe que ese sector pertenece aún a la Universidad, el Ingeniero Pedro Saravia pidió el cambio de lugar.

Con ese cambio de lugar se perdieron 70 horas de trabajo de tres personas, estimando una pérdida de Q 2,100.00 (dos mil cien quetzales), asumió la ERIS.

#### 6. Día viernes 08/10/04

Se hizo la limpieza del área y el trazo de las zanjas para las tuberías de entrada y salida.

**Figura XXIV.** Zanja de tubería de salida



Zanja de tubería de salida

#### 7. Día sábado 09/10/04

Se inició con el zanjeo para las tuberías, aprovechando la zanja que ya se tenía hecha (un tramo de la nueva zanja de entrada) con la elección inicial.

**Figura XXV.** Zanja de tubería de entrada



#### **8. Día lunes 11/10/04**

Se hizo la armadura de la viga corona y la armadura de la losa de base; para el efecto se cortó hierro No. 2 y se elaboraron los estribos necesarios.

#### **9. Día martes 12/10/04**

Se hizo la armadura para las columnas de las paredes; para el efecto se cortó hierro No. 2 y No. 3, se elaboraron los estribos y se amarraron a la viga corona. Además, se abrieron los hoyos necesarios para amarrar la pared vieja con las paredes nuevas.

#### **10. Día miércoles 13/10/04**

Se hicieron 23.4 m<sup>2</sup>. de fundición de losa.

#### **11. Día jueves 14/10/04**

Se hizo la fundición de 15 m. de la viga corona y se inició con el levantado de 15 m<sup>2</sup>., para el efecto se hicieron armaduras para las vigas intermedias.

#### **12. Día viernes 15/10/04**

Se finalizó con el levantado, se formaletaron y fundieron todas las columnas, fundiendo a la vez un tubo en cada columna, que sirvió para la colocación de una malla, que evitará que el ganado se coma las plantas.

**Figura XXVI.** Tubos para la puesta de malla



**13. Día sábado 16/10/04**

Se reparó, reforzó y talló la pared vieja que sirvió para la caja de entrada, que se usará para sedimentar sólidos.

**Figura XXVII.** Canal de sedimentación

Muros de  
refuerzo



Pared vieja

**14. Día lunes 18/10/04**

Se hizo el tallado de 15 m<sup>2</sup>. de pared y se construyó la caja de salida.

**Figura XXVIII. Caja de salida**



Tubería para regular el nivel del agua en el Wetlands

Se debió romper el tanque para pasar la tubería de salida, se abrieron hoyos a la tubería que quedó en el fondo del Wetland y se unió a la tubería de salida, la cual regula el nivel del agua en dicho sistema de tratamiento.

#### **15. Días martes 19/10/04 y miércoles 20/10/10**

Se hicieron los muros pequeños, que sirvieron de refuerzo de la caja de entrada y se terminó la caja de salida (ver figura 26.).

#### **16. Día jueves 21/10/04**

Se siguió con el zanjeo para la tubería de salida para la cual se atravesó una pared de concreto.

#### **17. Día viernes 22/10/04**

Se terminó con el zanjeo y se colocó la tubería de entrada y la de salida.

#### **18. Día sábado 23/10/04**

Se hizo el muro inclinado y se inició con el relleno de las zanjas hechas para la instalación de tuberías.

**19. Día lunes 25/10/04**

Se continuó con el llenado de zanjas.

**20. Día martes 26/10/04**

Se elaboró una base de piedra en la salida del agua tratada para evitar erosión. Se hizo una base de piedra en la salida del tanque para evitar que el golpe del agua carcoma el cimiento del Wetlands en el momento que llueva.

**Figura XXIX. Bases de piedra**



**21. Día Miércoles 27/10/04**

Se colocó la tubería que regula la cantidad de agua en la caja de entrada, se colocó la tubería que se usará para limpiar la caja de entrada, a la cual se le colocó un tapón roscable que facilitará la limpieza de dicha caja.

**Figura XXX.** Tubería para regular el caudal en la caja de entrada y tubería para facilitar la limpieza en la caja de entrada.



**22. Día Jueves 28/10/04**

Elaboración de un muro con unos carriles para colocar un vertedero desmontable que regule el caudal en el Wetland, se lavó y se tamizó el piedrín para ubicar encima de la tubería de salida.

**Figura XXXI.** Ranura donde se colocó vertedero



**23. Día viernes 29/10/04**

Elaboración de la obra de captación y tallado del muro para el vertedero (ver figura IV).



**24. Día sábado 30/10/04**

Se hizo la limpieza del área de trabajo.

**25. Del día martes 02/11/04 al sábado 06/11/04**

Acarreo y tamizado de arena blanca comprada, y acarreo y tamizado de arena excavada del un lugar cercano (ubicado dentro de la planta).

**26. El día viernes 12/11/04 y el día sábado 13/11/04**

Puesta de malla para evitar que el ganado se coma las plantas.

**Figura XXXII. Cerco**



**27. Junio del 2005**

Finalmente se consiguió un tipo de planta llamado Tul, que es usada en la planta de tratamiento de Cementos Progreso, ubicada en Sanarate. El lugar de donde se extrajo el tul fue a orillas del lago de Amatitlán y fue reconocido por mi persona y ayuda de trabajadores de AMSA (Asociación para el Manejo Sustentable del lago de Amatitlán).

Para el reconocimiento de la planta fue necesario solicitar permiso para visitar la planta de Cementos Progreso, en Sanarate, permiso que se obtuvo después de un tiempo considerable.

La planta apropiada se buscó inicialmente en los siguientes lugares:

- En viveros.
- Se visitó el jardín botánico de la Universidad de San Carlos.
- Se pidió ayuda en la Facultad de Agronomía.

## APÉNDICE B

### INFORME DE GASTOS EFECTUADOS

Las siguientes tablas muestran detalladamente los gastos hechos hasta el 17 de noviembre del 2004, desembolsos que fueron facilitados por AGISA. Las copias originales de las facturas y los recibos se entregaron a la misma institución.

**Tabla X. Informe de gastos efectuados (facturas)**

No	Fecha	Factura No.	NIT.	Cantidad	Nombre	Descripción
1	30/09/04	133154	473130-1	Q373.29	DIDELASA	Compra varios.
2	05/10/04	1173	3363710-5	Q24.00	Dist. San Antonio	Compra de nylon
3	09/10/04	113588	473130-1	Q2,952.43	DIDELASA	Compra de materiales
4	09/10/04	1258	3711324-0	Q8.00	Ferretería El Amigo	Compra de clavo
5	15/10/04	1259	3711324-0	Q222.00	Ferretería El Amigo	Compra de cemento
6	16/10/04	114832	473130-1	Q24.20	DIDELASA	Compra de bloques
7	19/10/04	115269	473130-1	Q420.00	DIDELASA	Compra de arena blanca.
8	20/10/04	115344	473130-1	Q1478.54	DIDELASA	Compra de materiales
9	22/10/04	115528	473130-1	Q181.80	DIDELASA	Compra de materiales.
10	28/10/04	116630	473130-1	Q21.77	DIDELASA	Compra de cedazo.
11	28/10/04	116632	473130-1	Q12.88	DIDELASA	Compra de cedazo.
12	02/11/04	117212	473130-1	Q810.00	DIDELASA	Compra de piedrín.

Total **6528.91**

---

**Tabla X. Informe de gastos efectuados (recibos)**  
**Continuación.**

No	Fecha	Cantidad	Nombre	Descripción
1	29/09/04	Q110.00	Luis Felipe Arango Cardenas	Alquiler de madera
2	29/09/04	Q300.00	Escuela de Ingeniería Civil.	Préstamo de equipo topográfico
3	30/09/04	Q350.00	Ludvin Gustavo González	Fletes.
4	09/10/04	Q800.00	Julio César Quisquina Xinic	Pago de ayudante (una quincena)
5	09/10/04	Q1,100.00	Carlos Fernando Matzir López	Pago de albañil (una quincena)
6	09/10/04	Q800.00	Laurence Osorio Ixcotoyac	Pago de ayudante (una quincena)
7	22/10/04		Julio César Quisquina Xinic	Pago de ayudante (una quincena), del 11/10 al 22/10 del presente año
8	22/10/04		Carlos Fernando Matzir López	Pago de albañil (una quincena), del 11/10 al 22/10 del presente año
9	22/10/04		Laurence Osorio Ixcotoyac	Pago de ayudante (una quincena), del 11/10 al 22/10 del presente año
10	13/11/04		Tereso de Jesús Pérez Bor	Pago de albañil (una quincena), del 25/10 al 06/11 del presente año
11	17/11/04		Luis Felipe Arango Chamale	Por trabajos de supervisión

**Monto total**

**Q7,682.65**

---

La siguiente tabla muestra detalladamente los gastos hechos después del 17 de noviembre.

**Tabla XI. Informe de gastos efectuados (gastos finales)**

No	Fecha	Factura	NIT.	Cantidad	Nombre	Descripción
		NO				
1	24/11/04	121196	473130-1	Q 189.92	DIDELASA	Materiales para instalar cerco de malla
2	24/11/04			Q 175.00	particular	compra de tubos usados para malla
3	Jun-05			Q 700.00	particular	Alquiler de lancha y vehiculo de palangana.

**Total** **Q 1064.92**

**Monto total** **Q 15276.48**

**Financiamiento de PROARCA** **Q 14211.56**

**Déficit** **Q 1009.48**

## APÉNDICE C

**Tabla XII. Días no trabajados en el año**

<b>Domingos (52 días por año)</b>	El Código de Trabajo en su Artículo No. 126, indica que todo trabajador tiene derecho a disfrutar de un día de descanso renumerado después de cada semana de trabajo. La semana se computará de cinco a seis días, según costumbre en la empresa o centro de trabajo.
<b>Sábados (26 días al año)</b>	Para cumplir con el Código de Trabajo trabajando las 44 horas a la semana, el sábado sólo se trabaja medio día.
<b>Días de asueto (12 días por año)</b>	El Código de Trabajo en su Artículo No. 127, indica que son días de asueto con goce de salario para los trabajadores particulares: el 1o. de enero, el jueves, viernes y sábado santos, el 1o. de mayo, el 30 de junio, el 15 de septiembre, el 20 de octubre, el 1o. de noviembre, el 24 de diciembre medio día, el 25 de diciembre, el 31 de diciembre, medio día, y el día de la festividad de la localidad.
<b>Vacaciones (15 días por año)</b>	El Código de Trabajo en su Artículo No. 130 indica que todo trabajador, sin excepción, tiene derecho a un período de vacaciones renumeradas después de cada año de trabajo continuo al servicio de un mismo patrono, cuya duración mínima es de quince días hábiles.

<b>Tabla XIII. Prestaciones y derechos laborales</b>	
<b>Vacaciones</b>	(Artículo 134, código de trabajo) “para calcular el salario que el trabajador debe recibir con motivo de sus vacaciones, debe tomarse el promedio de las remuneraciones ordinarias y extraordinarias devengadas por él, durante los últimos tres meses, si el beneficiario presta sus servicios en una empresa agrícola o ganadera, o durante el último año en los demás casos”.
<b>Aguinaldo</b>	(Decreto ley número 389, Artículo 1 Código de Trabajo) “los patronos deberán otorgar en el presente año a sus trabajadores que hubieren laborado ininterrumpidamente durante el año anterior al primero de diciembre próximo entrante, un aguinaldo no menor del cincuenta por ciento del salario mensual ordinario, o el que ya estuviere establecido, si fuere mayor. Si este fuere menor, se ajustará al porcentaje determinado en esta ley. Los trabajadores que no tengan el año de servicio, gozarán de dicha prestación en proporción al tiempo laborado”.
<b>Seguro social</b>	La cuota del IGSS (cuota patronal) se calcula como el 14.5% del valor total de la partida de mano de obra.

**Tabla XIII. Prestaciones y derechos laborales**

**Continuación.**

<b>Bono 14</b>	(Decreto número 42-92, ley de bonificación anual para trabajadores del sector privado y público, Artículo 2) “la bonificación anual será equivalente al cien por ciento del salario o sueldo ordinario devengado por el trabajador en un mes, para los trabajadores que hubieren laborado al servicio del patrono, durante el año ininterrumpido y anterior a la fecha de pago. Si la duración de la relación laboral fuere menos de un año, la prestación será proporcional al tiempo laborado. Para determinar el monto de la prestación, se tomará como base el promedio de los sueldos o salarios ordinarios devengados por el trabajador en el año, el cual termina en el mes de junio de cada año”.
<b>Indemnización</b>	(Artículo 82, Código de Trabajo). “Si el contrato de trabajo por tiempo indeterminado concluye una vez transcurrido el período de prueba, por razón de despido injustificado del trabajador, el patrono debe pagar a éste una indemnización por tiempo de servicio equivalente a un mes de salario por cada año de servicios continuos y si los servicios no alcanzan a un año, en forma proporcional al plazo trabajado”.
<b>Impuesto al valor agregado</b>	(IVA) es el 12% del valor que corresponde a la suma de: fianzas, cuota patronal al Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS), mano de obra y costo de materiales.