

CONSTRUCCIÓN DEL HUMEDAL DOMICILIARIO EN LA COMUNIDAD DE LOMA PISTA (TIRAQUE)



CENTRO ANDINO PARA LA GESTIÓN Y USO DEL AGUA
(Centro AGUA - UMSS)

Memoria Técnica



Universidad Mayor de
San Simón



Facultad de Ciencias
Agrícolas, Pecuarias,
Forestales y
Veterinaria



Dirección de Investigación
Científica y Tecnológica



Asdi
Agencia Sueca de
Desarrollo
Internacional

Mauricio Andrade Téllez
Víctor R. Chiri Chipana

© Centro Andino para la Gestión y Uso del Agua (Centro AGUA)
Universidad Mayor de San Simón
Av. Petrolera Km. 4,5 (Facultad de Agronomía)
Teléfono: +591 4 4762382
www.centro-agua.org
Cochabamba, Bolivia

El Centro AGUA es un centro de investigación y enseñanza, perteneciente a la Facultad de Ciencias Agrícolas, Pecuarias, Forestales y Veterinarias de la Universidad Mayor de San Simón (UMSS, Cochabamba-Bolivia). En base a las experiencias y conocimientos acumulados desde su creación, actualmente trabaja en forma interactiva y multidisciplinaria en la profundización del conocimiento sobre la gestión y los usos del agua mediante sus líneas de acción: formación académica, investigación, coordinación institucional y servicios. Se proyecta como un referente nacional en la investigación y enseñanza para la gestión integral, equitativa y sostenible del agua.

Edición:
Victor Chiri

Impresión:
Centro AGUA

Cochabamba, Bolivia

Septiembre, 2011

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	1
2. PROCESO DE IMPLEMENTACIÓN	2
2.1. IDENTIFICACIÓN DEL LUGAR EN EL CUAL SE IMPLEMENTARÍA LA PTAR FAMILIAR MODELO	2
2.2. LEVANTAMIENTO DE DATOS PARA EL DISEÑO DE LA PTAR FAMILIAR.	2
2.3. DISEÑO DE LA PTAR FAMILIAR.	3
2.4. REPLANTEO	5
2.5. EXCAVACIÓN.	5
2.6. INSTALACIÓN DE LOS COMPONENTES PREFABRICADOS DE LA PTAR FAMILIAR.	5
2.7. IMPLEMENTACIÓN DEL HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL HORIZONTAL.	6
5.8. TENDIDO DE TUBERÍAS.	6
5.9. COSTO TOTAL	6
ANEXOS	1

MEMORIA DE LA IMPLEMENTACION DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES FAMILIAR EN LA COMUNIDAD DE LOMA PISTA (TIRAQUE)

1. INTRODUCCIÓN

Según Campbell y Ogden (1999) en los últimos años los sistemas de tratamientos de aguas residuales descentralizados han tomado gran importancia, siguiendo la línea de la filosofía del desarrollo sostenible, debido a que estos sistemas son más económicos y eficientes en requerimientos de energía, al mismo tiempo brindan la posibilidad del reuso y reciclaje de nutrientes del agua residual.

El tratamiento de aguas residuales domésticas en zonas periurbanas y rurales en nuestro medio, por lo general es a nivel familiar, debido a la falta de sistemas o redes de alcantarillado y a la disposición dispersa de las viviendas, lo cual dificulta la conjunción de las aguas residuales en una red de alcantarillado, que conduzcan éstas a una planta de tratamiento adecuada.

En las comunidades alejadas de la cuenca Pucara, existen varias iniciativas de saneamiento de aguas residuales, planteadas en los últimos años por instituciones como la dirección de saneamiento básico de la HAMT, Agua Para el Pueblo y PDA Tiraque; dentro de las cuales se pueden dividir en 1) baños que no producen aguas residuales, como ser los baños secos, ECOSAN, etc. y 2) los baños con arrastre de agua, con ducha y lavamanos, que producen aguas residuales y prevén un sistema de tratamiento de las mismas, generalmente mediante sistemas de infiltración en el sub suelo, a través de pozos absorbentes o pozos ciegos.

En la figura 1, se muestra el esquema de un baño típico que produce aguas residuales, construidos en la cuenca Pucara.

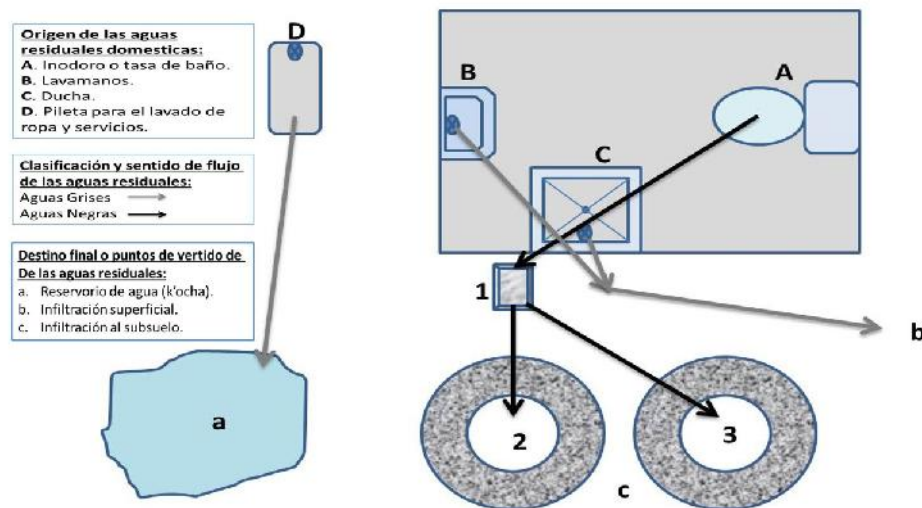


FIGURA 1. BAÑO CON ARRASTRE DE AGUA TÍPICO DE LA CUENCA PUCARA

En el marco del proyecto UMSS – ASDI – FC 12 se previó la implementación de una planta de tratamiento de aguas residuales domésticas a nivel familiar, orientado al reuso, buscando desarrollar la línea de saneamiento básico del proyecto, como tecnología (natural) alternativa en domicilios dispersos en la cuenca Pucara.

Es en este sentido que se propuso la implementación de una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) domésticas modelo a nivel familiar, considerando los diferentes componentes de la misma como una unidad que se integra al paisaje y a la naturaleza, que al mismo tiempo se convierte en una fuente alternativa de agua con nutrientes, para riego de forraje o frutales.

El objetivo de esta actividad del proyecto UMSS – ASDI – FC12, es el de implementar una PTAR familiar, con fines de reuso orientado a la irrigación de plantas frutales, forraje, al abrevadero de ganado y a la actividad piscícola a pequeña escala, y que sirva como una experiencia piloto demostrativa en la cuenca.

La implementación de la PTAR familiar se realizó en la comunidad de Loma Pista, a 3 kilómetros al sud oeste del centro poblado de la provincia Tiraque, dentro de la cuenca Pucara del departamento de Cochabamba. Su ubicación se encuentra en: 20k, 208002.81m E., 8070261,88m S. a una altura de 3223 msnm.

2. PROCESO DE IMPLEMENTACIÓN

Para poder efectivizar y materializar los objetivos planteados, se siguieron una serie de pasos, los mismos que son descritos a continuación:

2.1. IDENTIFICACIÓN DEL LUGAR EN EL CUAL SE IMPLEMENTARÍA LA PTAR FAMILIAR

MODELO

Para poder identificar el lugar en el cual se emplazaría la obra, se tomaron las siguientes consideraciones:

- a. Contar con baños de arrastre de agua.
- b. En lo posible contar con ducha y lavamanos para que el caudal de agua a tratar sea mayor
- c. Disponer de espacio suficiente para la implementación de la PTAR.
- d. El espacio destinado a la construcción de la PTAR debe contar con una pendiente mínima de 5%
- e. Se debe prever la disposición final de las aguas tratadas por la PTAR.
- f. Necesidad o disposición de los beneficiarios de reusar las aguas tratadas de la PTAR
- g. Predisposición de los beneficiarios para colaborar con mano de obra no calificada como contraparte del proyecto

2.2. LEVANTAMIENTO DE DATOS PARA EL DISEÑO DE LA PTAR FAMILIAR.

Una vez identifica la familia beneficiaria de la implementa de la PTAR, se realizó una entrevista para recabar la siguiente información necesaria para el diseño de los sistemas de tratamiento, que se muestra en la tabla 1.

Tabla1. Información necesaria para el diseño de los sistemas de tratamiento

Datos generales	
# de habitantes	5 personas
consumo de agua (lt/día/habitante)	30
Usos de agua	domestico
carga dbo/persona gr/p.e. día	60 gr/p.e. día

Posteriormente se realizó un levantamiento topográfico del lugar disponible para la implementación de la PTAR familiar; producto del cual se obtuvo el plano topográfico (anexo 1) que se constituyó un insumo más para el diseño y elección de la PTAR a implementarse.

2.3. DISEÑO DE LA PTAR FAMILIAR.

Considerando las características topográficas del lugar, la disponibilidad de espacio, el entorno del paisaje y la presencia de niños en la vivienda, se propuso implementar una PTAR conformada por dos principales componentes, el primero está constituido por una biofosa (tanque séptico modificado) como tratamiento primario, seguido por un humedal artificial de flujo subsuperficial horizontal como tratamiento secundario; entre ambos tratamiento se contempla la instalación de cámaras de registro y una cámara de desgrase o trampa de grasas como se muestra en la figura 2.

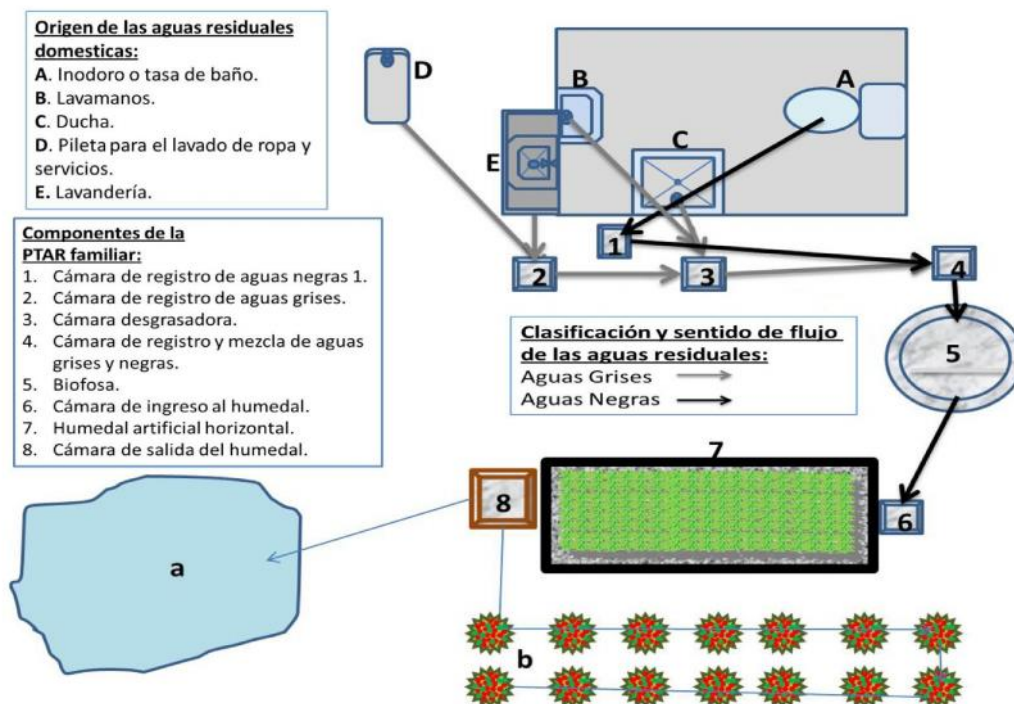


FIGURA 2. ESQUEMA DE LOS COMPONENTES DE LA PTAR FAMILIAR, CLASIFICACIÓN Y SENTIDO DE FLUJO DE LAS AGUAS RESIDUALES A TRATAR.

Una vez determinados los y estimada la ubicación de los diferentes componentes de la PTAR familiar, se prosiguió al dimensionamiento de los ya mencionados componentes que se muestran en la figura 2.

Debido a que la fase de implementación de la PTAR del proyecto se encontraba retrasada y a la escasez de mano de obra calificada y semi-calificada en el lugar, nos vimos en la necesidad de optar por implementar este sistema empleando en lo posible componentes prefabricados, lo que si bien en muchos casos no es la opción más económica a primera vista, debemos realizar un análisis considerando lo mencionado en el inicio de este párrafo. Es en este sentido que consideramos comprar las cámaras prefabricadas 1, 2, 3(trampa de grasas), 4 y 6, así como la biofosa o tratamiento primario (5).

Por lo tanto, debido a que los demás componentes son prefabricados y ya vienen dimensionados según los requerimientos, solo quedo realizar el diseño y dimensionamiento del humedal (7); los cual desarrollaremos a continuación.

El dimensionamiento del humedal se lo realizó en función a los siguientes datos de partida:

Aporte de DBO5 = 60 gr dbo5/p.e. día
 Concentración de DBO5 = 2000 mg/litro
 Asumimos que el 30 % de la DBO5 es removido en el tratamiento primario, entonces:
 concentración inicial (Ci) = 1400 mg/litro
 concentración final (ce)= 30 mg/litro
 KDBO = 0.08 m/d

Ecuación empleada= $A=Qd (\ln Ci - \ln Ce) / KDBO$
 entonces A= 6.54 m²
 Dimensiones prácticas= 1,65 x 4

Altura = 0.6 m

Calculo de la sección transversal

Ecuación empleada= $Ac = Qs / Kf (dH/ds)$

Donde:

Ac = sección transversal del lecho (m²) 2.75 m²

Qs = caudal de diseño (m³/s)

Kf = conductividad hidráulica del lecho desarrollado (m/s)0.002

dH/ds = pendiente de la base del lecho 0.01

En base a lo calculado tenemos un humedal de 1.8 metros de ancho, por 4 metros de largo y una profundidad de 0.8 metros, de los cuales 0.6 metros son considerados con carga y 0.1 metros como margen de seguridad, para evitar exponer el agua residual a la intemperie y 0.1 metros de

bordo libre. En la figura 3 se muestra el dimensionamiento de manera gráfica para un mejor entendimiento.

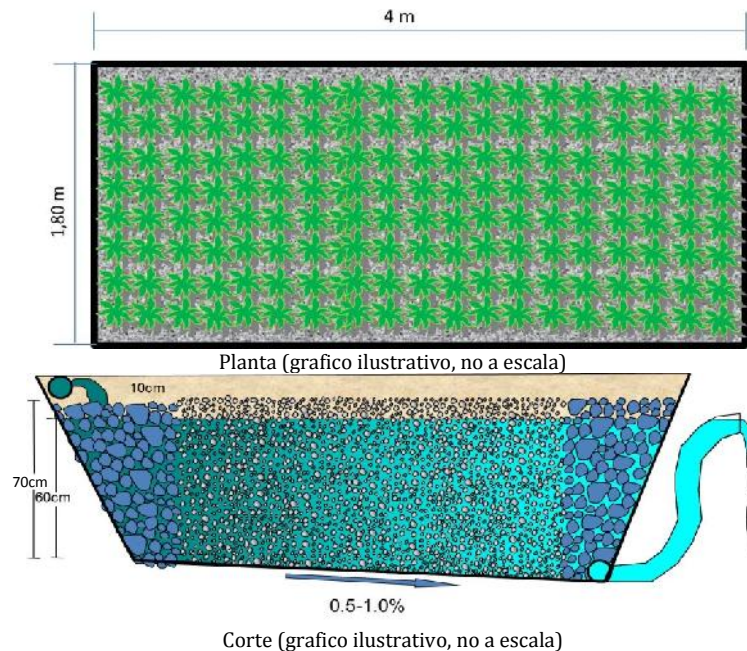


FIGURA 3. VISTA EN PLANTA Y CORTE LONGITUDINAL DEL HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO HORIZONTAL

2.4. REPLANTEO

Una vez realizado el diseño de la PTAR familiar, y en base a los planos topográficos (anexo 1), se realizó el replanteo del diseño en el área de implantación de la obra, para proseguir con el trazado en campo de la ubicación de los diferentes componentes de la planta de tratamiento, considerando los lugares en los cuales se deberían realizar excavaciones o rellenos, según el diseño (ver anexo 2).

2.5. EXCAVACIÓN.

Una vez demarcado el terreno, considerando el dimensionamiento de los diferentes componentes de la PTAR familiar y con la ayuda del plano en perfil de la misma planta de tratamiento y con el nivel de ingeniero se realizó la excavación para dar paso a la construcción e instalación de los componentes de la PTAR, (ver anexo3).

2.6. INSTALACIÓN DE LOS COMPONENTES PREFABRICADOS DE LA PTAR FAMILIAR.

Considerando los niveles del terreno, las dimensiones de los diferentes componentes prefabricados y una vez realizada las excavaciones de las ubicaciones de los mencionados componentes, se realizó la instalación de los mismos, colocando una base de 5cm de arena fina como base de cada componente y corroborando los niveles establecidos de estos (ver anexo 4).

2.7. IMPLEMENTACIÓN DEL HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL HORIZONTAL.
Realizada la excavación, en base a los planos topográficos, el perfil y dimensionamiento de este componente de la PTAR familiar, se prosiguió a la construcción de dique o fosa del humedal el mismo que debido a las características topográficas del lugar, está conformado por una pared longitudinal producto del corte y excavación, y una pared paralela a esta construida con mampostería de adobe con contrafuerte de tierra, grava y tepes como se ve en el anexo 5.

Una vez terminado el dique, se instaló la lámina impermeabilizante, que para nuestro caso se empleó una lámina geomembrana de polietileno de alta densidad de 0.75 mm (ver anexo 6) y fue ancla con tierra; posteriormente se llenó el humedal con grava de ¾" y se plantaron cartuchos y achiras en el mismo.

5.8. TENDIDO DE TUBERÍAS.

Instalados los componentes prefabricados, construido el humedal y la cámara de salida del mismo, se realizó la instalación de tuberías entre los diferentes componentes de estos para lo cual se empleó tubería de desagüe de 4" y 2" según la normativa de saneamiento básico vigente en nuestro país (anexo 7). Por último una vez realizadas todas las conexiones se dio paso al llenado de agua residual al sistema para que esta sea depurada para su posterior reuso en el riego de plantas frutales.

5.9. COSTO TOTAL

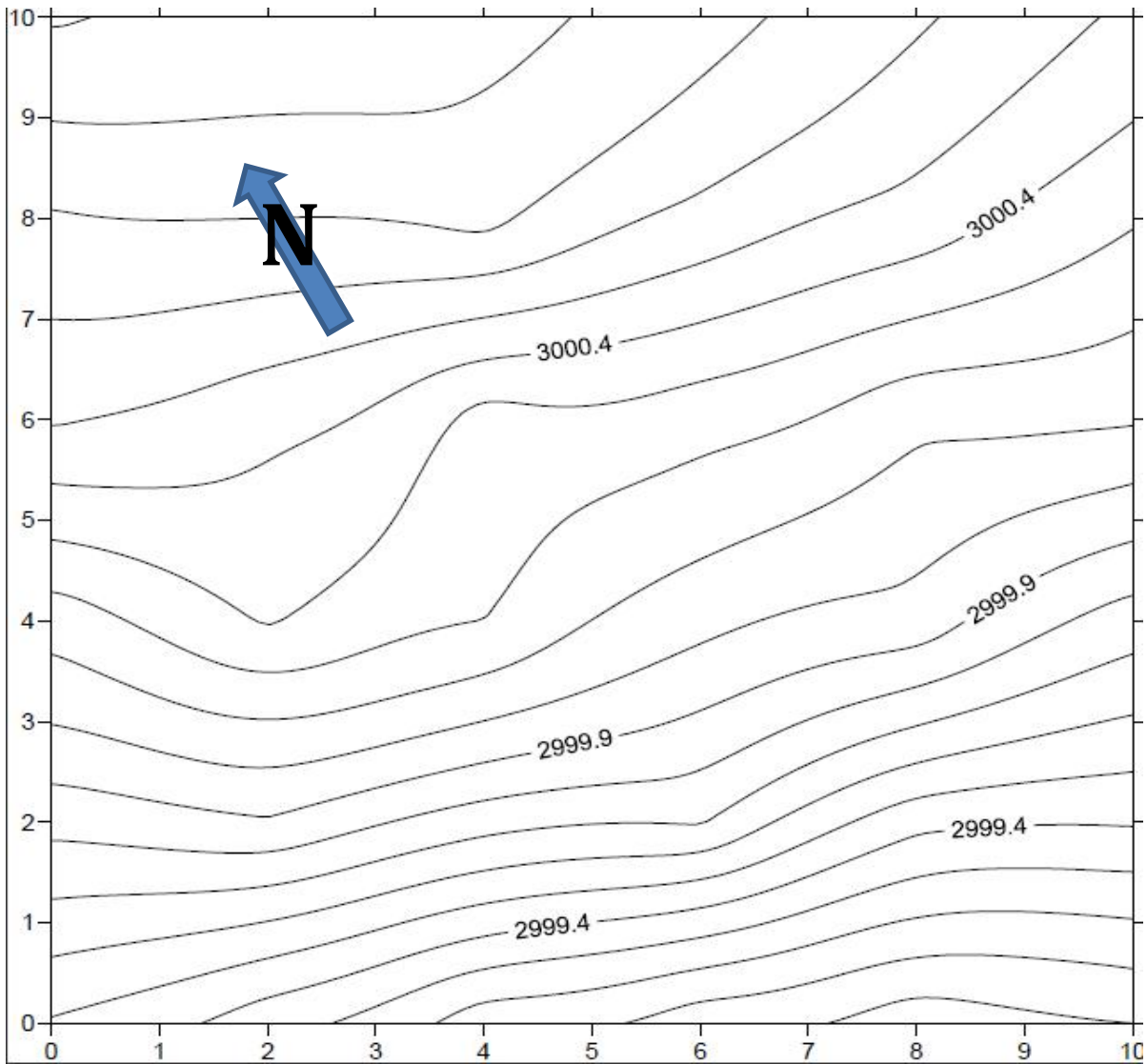
El costo total por la construcción del humedal domiciliario asciende a Siete Mil Novecientos Treinta y Uno con 52/100 Bolivianos, considerando todos los elementos necesarios del análisis de costos unitarios. En la Tabla 2 se consignan los mismos.

Tabla 2. Costo total por ítems de la construcción del humedal domiciliario

Proyecto: PTAR FAMILIAR TEC-AGUA Módulo: (M07) - Humedal artificial de flujo subsuperficial horizontal Beneficiario: Gregorio Hinojosa Lugar: Loma Pista - Tiraque - Cochabamba - Bolivia Fecha: 13/Apr/2011 Fecha: 13/Apr/2011					
Nº	Descripción	Und.	Cantidad	Unitario	Parcial (Bs)
1	EXCAVACION 0-1.50 M TERR. DURO	m ³	16,50	47,44	782,76
2	RELLENO Y COMPACTADO	m ³	1,80	153,76	276,77
3	PROV.COLOC.ARENA GRUES SELEC.D=1.0-1.5MM	m ³	1,80	152,73	274,91
4	IMPERMEABILIZACION CON GEOMEMBRANA DE POLIETILENO	m ²	35,00	66,91	2.341,85
5	PROV. TENDIDO TUBERIA DESAGUE SANT. PVC D=2"	m	3,00	11,59	34,77
6	PROV.COLOC.GRAVA PARA PREFILTRO =25A50MM	m ³	3,00	136,48	409,44
7	PROV.COLOC.GRAVA SELEC.PARA PREFILT.=3/4	m ³	15,00	147,32	2.209,80
8	HO.AO. LOSAS(PEQUENAS ESTRU.C.)H20 NBH-87	m ³	0,50	3.202,45	1.601,22
Total presupuesto:					7.931,52

ANEXOS

ANEXO I
PLANO TOPOGRAFICO



***El plano topográfico corresponde únicamente al lugar de emplazamiento de la obra cubriendo con una superficie de 100 m² (10m x 10m).**

ANEXO 2
REPLANTEO Y MARCADO



Identificación de los puntos de vertido de aguas grises (1) y aguas negras (2)



Marcado de la línea de excavación para tendido de tuberías (3 y 4)



Marcado de la ubicación de la biofosa (5) y cámara de inspección (6) para su posterior excavación

ANEXO 3
EXCAVACIONES



7. Excavación para la instalación de la trampa de grasas.



8. Excavación para la instalación de la biofosa.



9. Excavación para la construcción del humedal artificial de flujo subsuperficial horizontal.

ANEXO 4

INSTALACION DE LOS COMPONENTES PREFABRICADOS DE LA PTAR FAMILIAR



Instalación de la biofosa (10) y de la cámara de ingreso a la biofosa (11)



Instalación de cámara de aguas grises (12 y 13)



Trampa de grasa y aceites prefabricada instalada (14)

ANEXO 5

CONSTRUCCION DEL DIQUE O FOSA DEL HUMEDAL



15. Marcado del lugar de implementación del humedal



16. Excavación del dique del humedal.



17 y 18. Construcción del muro inferior del dique del humedal



19. Nivelado de la base e igualado de los muros del dique del humedal.



20. Dique del humedal construido y listo para ser impermeabilizado.

ANEXO 6

IMPERMEABILIZACION DEL DIQUE DEL HUMEDAL



21. Geomembrana a emplearse en la impermeabilizacion del dique del humedal.



22. Tendido y acomodado de la geomembrana en el dique del humedal.



23. Dique del humedal impermeabilizado.



24. Detalle del doblado de la geomembrana en los vertices del dique del humedal.

IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE DRENAJE DEL HUMEDAL



25. Brida instalada en la geomembrana para la instalacion del drenaje del humedal



26. Perforacion de la tuberia de drenaje del humedal.



27. Tuberia de drenaje instalada



28. Colocado de piedra de drenaje del humedal.

LLENADO DE GRAVA DEL HUMEDAL



29. 30. Llenado de grava del humedal.



31. Esparcido de grava en el humedal. 32. Humedal lleno de grava, nivelado.

ANCLADO DE LA GEOMEMBRANA IMPERMEABILIZANTE DEL HUMEDAL



33. Excavación de la zanja de anclaje del humedal.



34. Anclado de la geomembrana con tierra.



35. Colocado de piedra para el anclaje de la geomembrana.

IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE APLICACIÓN DE AGUA RESIDUAL AL HUMEDAL



36. Construcción del sistema de aplicación de agua residual al humedal.



37. Sistema de aplicación de agua residual en funcionamiento.

TRASPLANTE DE MATERIAL VEGETAL (ACHIRAS Y CARTUCHOS) AL HUMEDAL



38. Recoleccion de cartuchos para su trasplante en el humedal.



39. Material vegetal trasplantado.



40.41. Material vegetal prendido en el humedal

ANEXO 7

TENDIDO DE TUBERIAS Y CONEXIONES



42. Panorámica general del tendido de tuberías y conexiones de la PTAR familiar.



43. Conexión de tuberías entre la cámara de aguas grises, biofosa y humedal.



44. Tubería de aguas grises (izq.) y de aguas negras (der.) antes de su ingreso a la cama de mezclado.



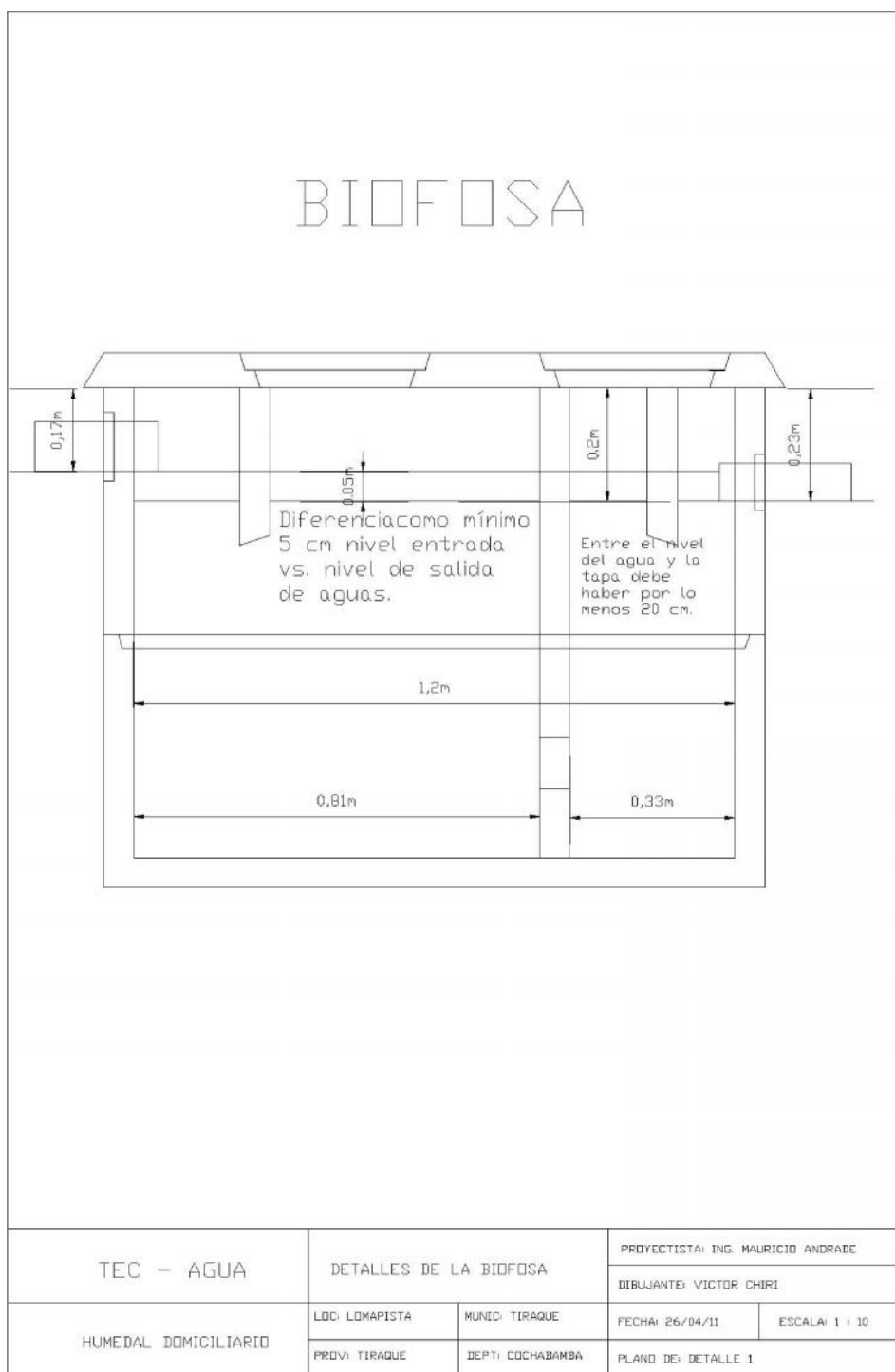
45. Cámara de mezcla de aguas grises y negras.



46. Cámara de recolección de aguas grises.

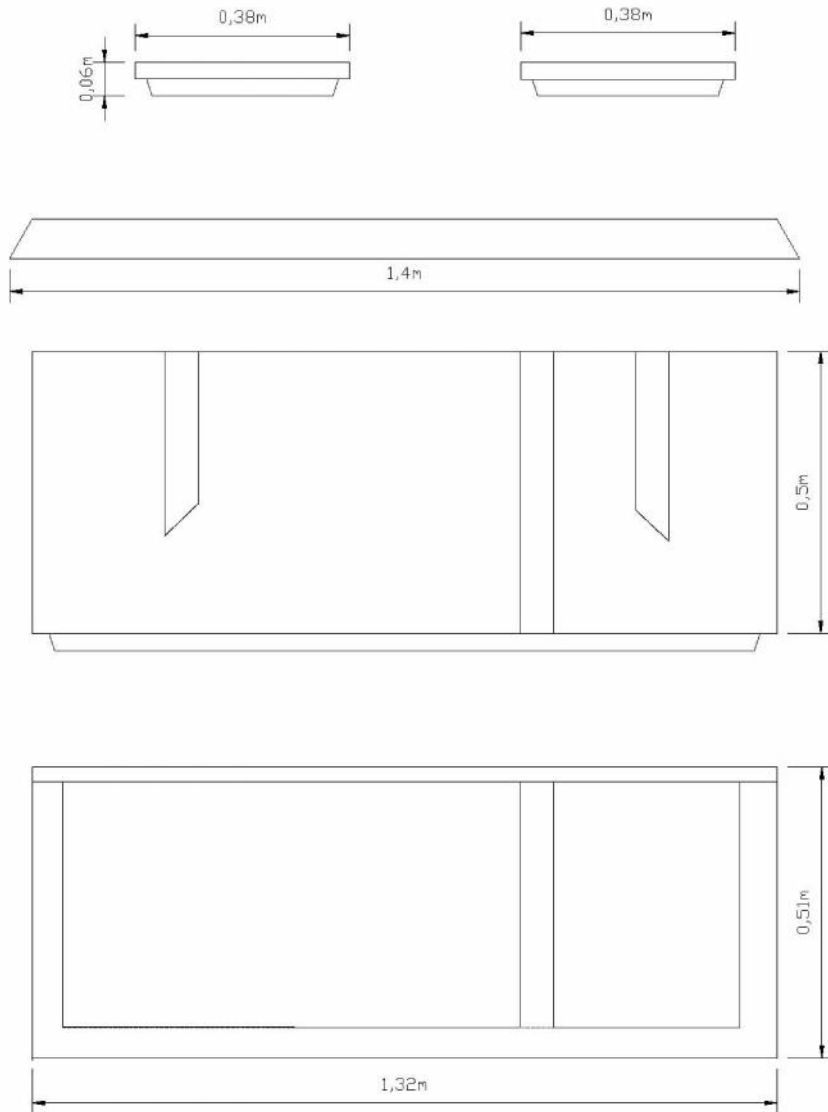
ANEXO 8

PLANOS DEL HUMEDAL DOMICILIARIO



47. Detalle de la Biofosa.

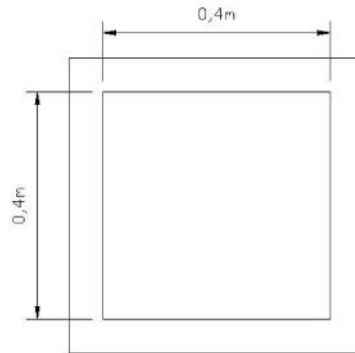
BIOFOSA



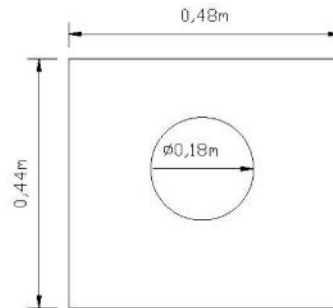
TEC - AGUA	DETALLES DE LA BIOFOSA		PROYECTISTA: ING. MAURICIO ANDRADE	
			DIBUJANTE: VICTOR CHIRI	
HUMEDAL DOMICILIARIO	LOC: LOMAPISTA	MUNIC: TIRAQUE	FECHA: 26/04/11	ESCALA: 1 : 10
	PROV: TIRAQUE	DEPT: COCHABAMBA	PLANO DE: DETALLE 2	

48. Detalle de la Biofosa 2.

VISTA EN PLANTA

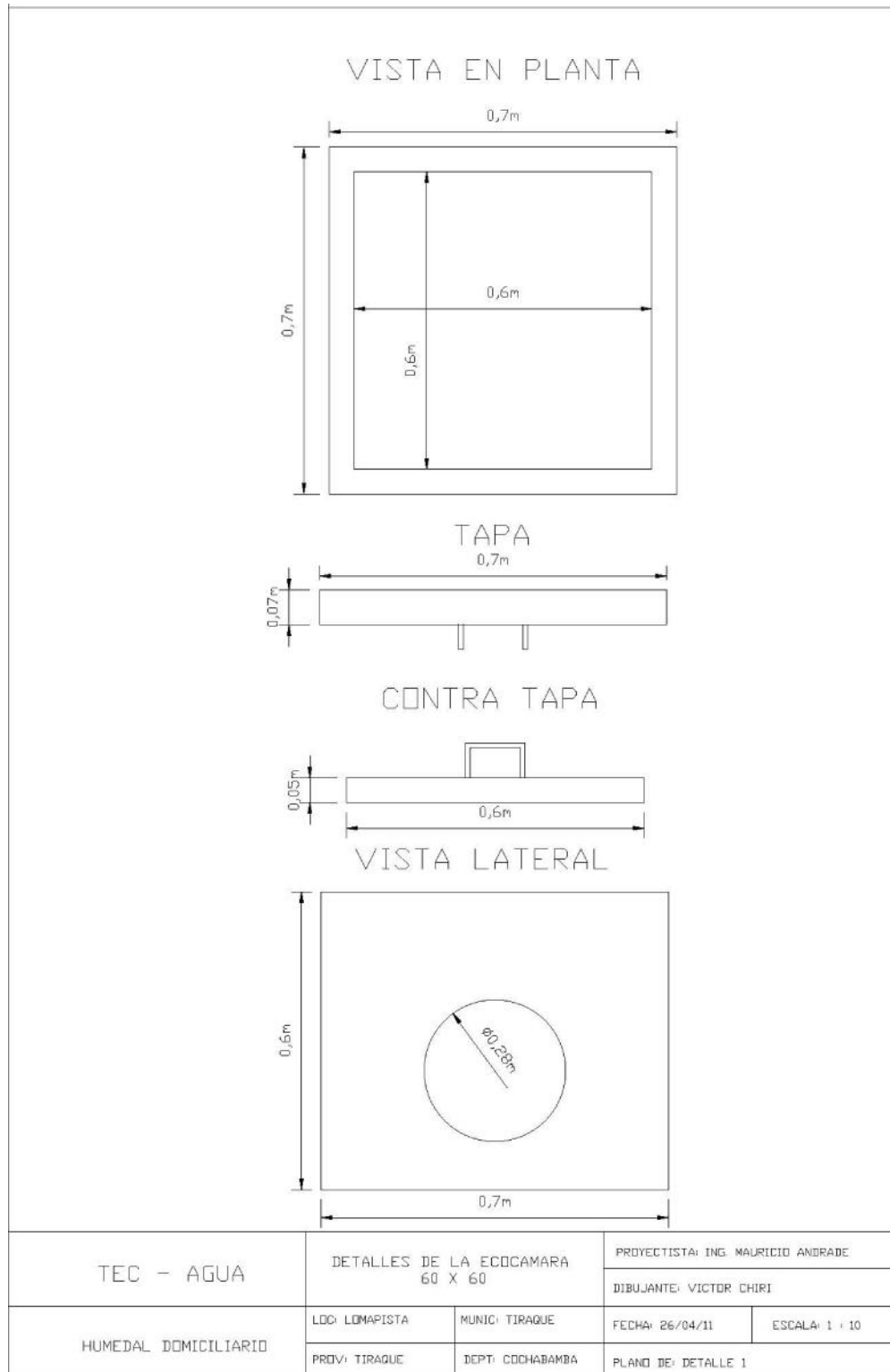


VISTA LATERAL

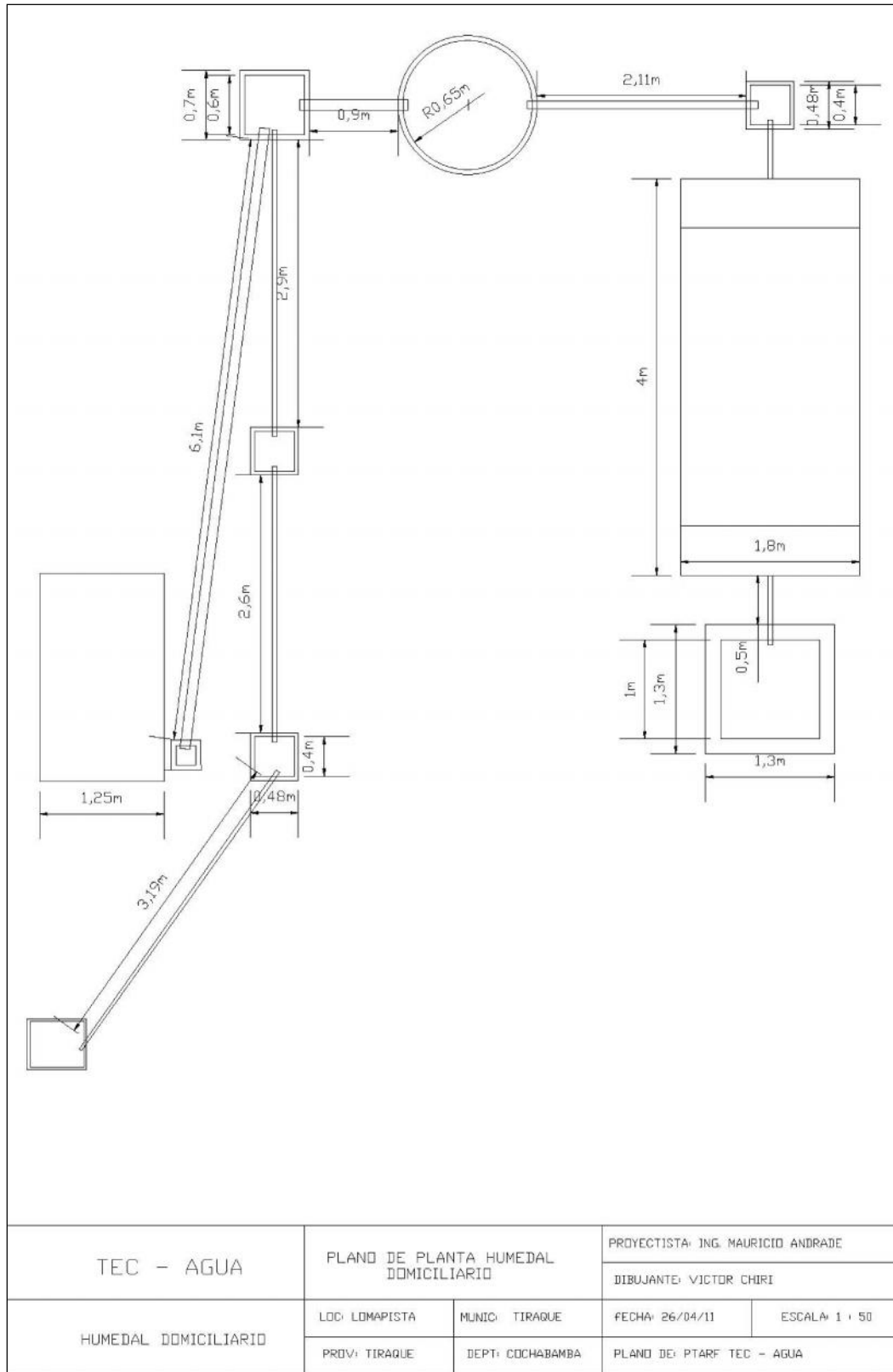


TEC - AGUA	DETALLES DE LA ECOCAMARA 40 X 40		PROYECTISTA: ING. MAURICIO ANDRADE	
			DIBUJANTE: VICTOR CHIRI	
HUMEDAL DOMICILIARIO	LDC: LOMAPISTA	MUNIC: TIRAQUE	FECHA: 26/04/11	ESCALA: 1 : 10
	PRDV: TIRAQUE	DEPT: COCHABAMBA	PLANO DE: DETALLE 1	

49. Detalle de la Eco-cámara 40 x 40.

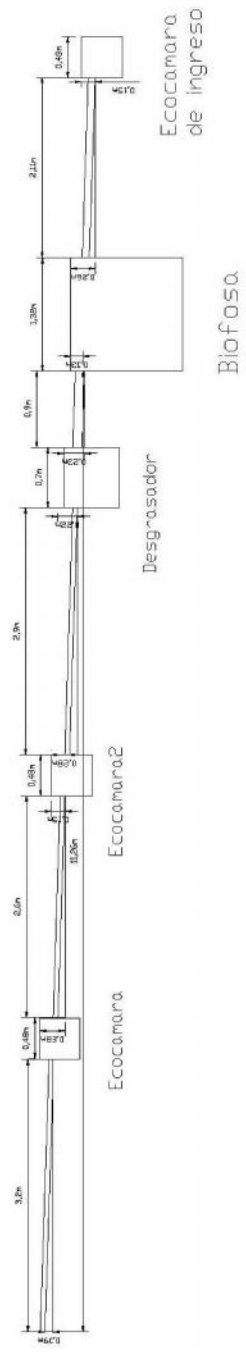


50. Detalle de la Eco-cámara 60 x 60.



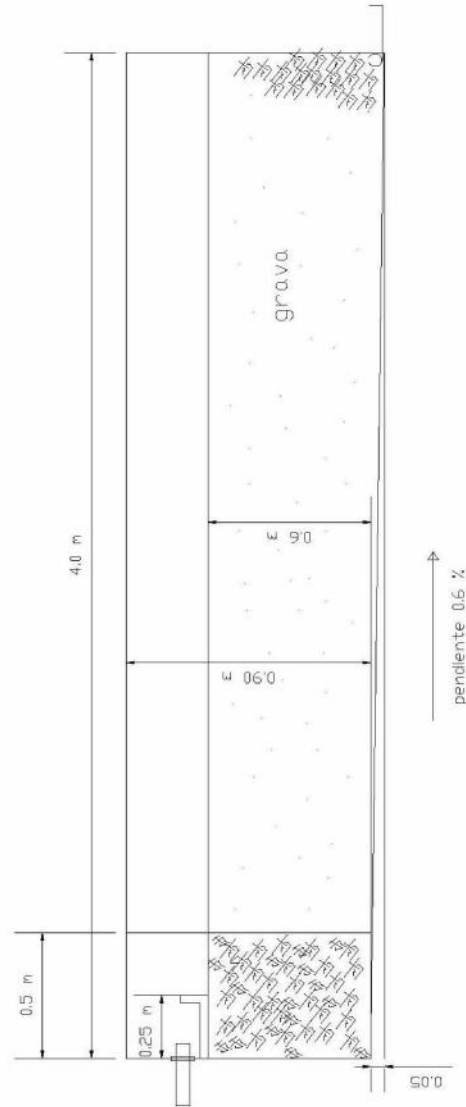
51. Plano de planta Humedal Domiciliario.

PERFILES



52. Plano de perfil de las cámaras.

corte logingitudinal del
Humedal domiciliario



53. Corte longitudinal del Humedal domiciliario.