



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LA MIXTECA

**“SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUAS PLUVIALES ADAPTABLE  
A CASAS HABITACIÓN”**

**T E S I S**

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**INGENIERO EN DISEÑO**

PRESENTA:

**SARAI FRANCISCA GUZMÁN RUIZ**

DIRECTOR:

**I.D. ERUVID CORTÉS CAMACHO**

CO DIRECTOR:

**ING. EUCEBIO CÉSAR PEDRO SANTOS**

HUAJUAPAN DE LEÓN, OAXACA, JULIO 2014

***Dedicatoria:***

*A mi familia por ser el pilar fundamental de todo lo que soy,  
tanto académica como personal, por su apoyo incondicional,  
a mis amigos quienes me alentaron a seguir adelante,  
a mis asesores y profesores que me brindaron sus conocimientos,  
guía y apoyo en el proceso de desarrollo.*

*Todo este trabajo ha sido gracias a ellos.*

# Índice

Introducción.....	5
Planteamiento del problema .....	6
Justificación .....	7
Objetivo General .....	9
Objetivos particulares .....	9
Metas.....	9
Metodología.....	10
Capítulo 1: Agua de lluvia .....	11
1.1. Características del agua .....	12
1.2. Usos del agua .....	17
1.3. Cálculo según la demanda .....	18
Capítulo 2: Antecedentes.....	20
2.1. Sistemas de captación de agua en la antigüedad.....	21
2.2. Sistemas de almacenamiento de agua pluvial en la antigüedad.....	24
Capítulo 3: Sistemas de captación de agua pluvial actuales .....	29
3.1. Sistemas de captación .....	30
3.2. Medios de captación .....	30
3.3. Sistemas de Conducción .....	33
3.3.1. Tipos y características de canaletas.....	33
3.4. Almacenamiento .....	37
3.4.1. Tipos y características de sistemas de almacenamiento de agua .....	37
3.5. Filtración .....	43
3.5.1. Tipos y características de filtros .....	44
3.6. Ventajas y desventajas .....	47
3.7. Análisis.....	48
Capítulo 4: La situación del agua en el Estado de Oaxaca.....	50
4.1. Características climáticas del estado de Oaxaca .....	56

4.2. Selección de casos de estudio .....	61
4.3. Características de las viviendas .....	61
4.4. Aplicación de normas y estándares .....	73
4.5. Análisis de capítulo.....	74
Capítulo 5: Desarrollo .....	77
5.1. Consideraciones importantes de Diseño .....	78
5.2. Posibilidades formales.....	79
5.2.1. Análisis de datos .....	79
5.2.2. Materiales y tecnologías.....	81
5.3. Bocetos .....	83
5.4. Decisión de proyecto. ....	87
5.5. Presentación de propuestas finales.....	88
5.5.1. Elementos del sistema .....	88
5.5.2. Diseño de depósito y sistema .....	97
5.5.3. Diseño para la comunidad de Francisco I. Madero.....	107
5.5.4. Diseño para la comunidad de La Cumbre Clavellinas .....	110
5.5.5. Diseño para la comunidad de Santo Domingo Yanhuitlán.....	112
5.6. Techumbre y Casa Tipo.....	115
5.7. Conclusiones .....	124
Índice de tablas .....	126
Índice de imágenes.....	126
Créditos de imágenes .....	129
Anexo .....	131

## **Introducción**

La lluvia es un fenómeno natural que se presenta cada año con distintas intensidades y distribución de acuerdo a la ubicación geográfica. Es el medio más importante de abastecimiento de agua dulce para el planeta y del cual se obtienen las reservas de agua, después de hacerlas pasar por un proceso de potabilización.

El agua se requiere para realizar una gran cantidad de actividades humanas y generalmente se hace mal uso de ella. El agua de lluvia puede utilizarse en una gran cantidad de estas actividades que no necesariamente necesiten agua de la red de suministro público. La cantidad de agua que una persona consume está dentro de un rango que alcanza los 300 litros por día en una zona urbana, el suministrar esta cantidad de agua es un gran problema para los organismos operadores.

La escasez de agua va en aumento cada año convirtiéndose en un tema de preocupación mundial, por el cual la propuesta de un sistema que permita un suministro adicional de agua es una opción muy viable.

Para elaborar este proyecto se hará un estudio de donde se identificarán las causas por las cuales no se implementa un sistema para captar agua de lluvia, conocer las condiciones del lugar de estudio y las características de las casas-habitación; la información complementaria se obtendrá de páginas de internet, de instituciones donde se encuentre información sobre el clima de la región y estadísticas de precipitación y consulta a especialistas en el tema.

El proyecto pretende contribuir parcialmente durante la escasez de agua en zonas donde el suministro público aún no está disponible mediante la propuesta de un sistema doméstico de captación de agua pluvial.

## Planteamiento del problema

Oaxaca se localiza entre los 18°39', 15°39' de latitud Norte y entre 93°52', 98°32' de longitud Oeste.<sup>1</sup> Dos terceras partes del territorio se consideran áridas o semiáridas, con precipitaciones anuales menores a los 500mm, mientras que la parte restante está considerada húmeda con precipitaciones promedio que superan los 2000 mm por año<sup>2</sup>, siendo la época con lluvia más intensa en verano, principalmente la de tipo torrencial, las cuales debido a una inexistente red de drenaje en las calles, terminan estancadas o bien formando charcos en zonas no pavimentadas, siendo que se pueden aprovechar en la temporada sin lluvias cuando la escases de agua es mayor.

El abastecimiento de agua es un problema cada vez mayor debido al aumento de la población. El suministro público está empezando a ser insuficiente para abastecer todas las casas y en muchas partes ni siquiera está aún disponible. Esto ha llevado a buscar otras formas de abastecerse del vital líquido como través de camiones cisterna, con el costo que ello significa, los precios de una carga de agua en la Ciudad de México van desde los 550 pesos por 10 mil litros hasta los mil 900 pesos por 16 mil litros durante el año 2009<sup>3</sup>. Según lo expuesto en el Primer Foro Internacional Sector del Agua y Competitividad Nacional, llevado a cabo en la Ciudad de México del 02 al 04 de Septiembre del año 2009, con la participación del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) con el tema “El conocimiento de las comunidades sobre los Servicios de Agua Potable y sus Implicaciones” menciona los problemas más conocidos por los pobladores son: la baja eficiencia técnica y comercial en la provisión de los servicios, la calidad inadecuada de los servicios de abastecimiento de agua y la cobertura insuficiente en las áreas más pobres<sup>4</sup>.

---

<sup>1</sup> INEGI. Marco Geoestadístico, 2000

<sup>2</sup> ESTADÍSTICAS DEL AGUA EN MÉXICO, edición 2011, CONAGUA. Disponible <http://www.conagua.gob.mx/OCB07/Contenido/Documentos/EstadisticaAguamexico2011.pdf> [Consultado 15/06/2011]

<sup>3</sup> Venden hasta el \$1,900 una pipa de agua. Francisco Mejía y Silvia Arellano. Disponible : <http://www.milenio.com/cdb/doc/impreso/8526078> [Consultado 18/08/11]

<sup>4</sup> Lester M. Hunt. EL CONOCIMIENTO DE LAS COMUNIDADES SOBRE LOS SERVICIOS DE AGUA POTABLE Y SUS IMPLICACIONES. 1st. International Forum Water Sector and National Competitiveness. Disponible: <http://www.imta.gob.mx/compaps/images/stories/pdf/confe/tres/S205%20-%20Lester%20Hunt%20-%20IRG.pdf> [Consultado 23/08/2011]

## Justificación

La escasez de agua dulce es uno de los problemas más graves de los recursos naturales que enfrenta la humanidad. El siglo XXI ha sido llamado el “Siglo del Agua”, unos 2,000 millones de habitantes en el mundo se enfrentan hoy con escasez de agua, siendo esta la principal causa por la cual el 15% de la población mundial presenta algún grado de desnutrición<sup>5</sup>. Estos cambios son resultado de la contaminación que el planeta está sufriendo y que van en aumento por el crecimiento poblacional, la explotación de los recursos sin un programa para renovarlos y el desecho de materiales no biodegradables y que afectan el equilibrio del medio ambiente.

El consumo de agua por persona en poblaciones urbanas en México alcanza los 300 litros diarios, de los cuales el 65% proviene de aguas subterráneas. Uno de los problemas más graves es que cerca de 100 acuíferos del país registran sobreexplotación, algunos de estos acuíferos tienen periodos de renovación muy largos por lo cual se les considera como aguas no renovables, de acuerdo con los datos de CONAGUA del total de la precipitación anual solamente el 4.8% se filtra recargando así los acuíferos<sup>6</sup>. Lo cual pone en riesgo las fuentes de abastecimiento para las ciudades y el campo. Los datos de 2004 registran que cerca de tres millones de habitantes urbanos carecen de servicio de agua potable; por lo demás, la calidad del líquido es muy variada en las diferentes ciudades; depende, en buena medida, del nivel de desarrollo institucional de los organismos operadores.<sup>7</sup>

El agua es un líquido vital para las actividades humanas. El hecho de tener agua suficiente nos ha llevado a desperdiciarla y ocuparla de manera descuidada, el resultado de esto es la disminución de las reservas de agua. La contaminación de los ríos, lagos y lagunas con desechos ha hecho esas fuentes inadecuadas para uso humano, dejando cada vez menos posibilidades de abastecimiento, quedando como únicas opciones los mantos subterráneos.

---

<sup>5</sup> CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA COMO ALTERNATIVA PARA AFRONTAR LA ESCASEZ DEL RECURSO. Víctor D. Phillips. Et. Al. Disponible: <http://www.uwsp.edu/cnr/gem/Manual%20Captacion%20de%20agua%20de%20lluvia.pdf> [Consultado 21/10/09]

<sup>6</sup> ESTADÍSTICAS DEL AGUA EN MÉXICO, edición 2011, CONAGUA. Disponible: <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/SGP-1-11-EAM2011.pdf> [Consultado 15/05/2011]

<sup>7</sup> MÉXICO AVANZA EN LAS METAS DEL MILENIO. SEDESOL. Disponible: [http://sedesol2006.sedesol.gob.mx/subsecretarias/desarrollourbano/subsecretaria/documentos/Boletines/Sin\\_agua.pdf](http://sedesol2006.sedesol.gob.mx/subsecretarias/desarrollourbano/subsecretaria/documentos/Boletines/Sin_agua.pdf) [Consultado 20/10/09]

La necesidad de agua en el estado de Oaxaca se ha incrementado en los últimos años. Un medio para poder abastecerse de agua es traerla mediante pipas y llenar tinacos, botes y todo tipo de contenedores. Al captar y almacenar el agua pluvial se autosumministra un recurso tan preciado como lo es el agua y que está considerado como no renovable. Con el hecho de almacenar la mayor cantidad de agua pluvial nos da una reserva muy útil para aprovecharla en diversas actividades durante un tiempo considerable. Los problemas para llevarla hasta cada una de las casas van en aumento por el costo de los materiales y construcción de nuevos pozos, siendo que no se cuenta con los recursos económicos suficientes para llevarlo a cabo.

El recolectar agua de lluvia tiene beneficios ecológicos como son prevenir la erosión, elimina charcos y corrientes de agua, reduce la acumulación de sales en la tierra<sup>8</sup>. Dentro de las investigaciones que realiza FAO<sup>9</sup> (*Food and Agriculture Organization*) se encuentra que el uso de múltiples sistemas para la obtención de agua proporciona beneficios tanto ecológicos como culturales para el bienestar de la comunidad, como son: control de las inundaciones, recarga de acuíferos, captación de agua, purificación de agua y conservación de la biodiversidad.

---

<sup>8</sup> RECOLECCIÓN DE AGUA Y JARDINES DE LLUVIA. Condado de Santa Cruz distrito de inundación y administración de áreas de inundación. Disponible: <http://www.co.santa-cruz.az.us/flood/Bro4Spanish.pdf> [Consultado 17/10/09]

<sup>9</sup> MULTIPLE USE OF WATER. FAO WATER. Disponible en: [http://www.fao.org/nr/water/topics\\_irrig\\_mus.html](http://www.fao.org/nr/water/topics_irrig_mus.html) [Consultado 18/06/2011]



## **Objetivo General**

Proponer un sistema de captación de aguas pluviales en casas-habitación como medida correctiva y diseñar la propuesta de un sistema integral de captación.

## **Objetivos particulares**

- Determinar los usos apropiados del agua pluvial captada y filtrada por el sistema, de acuerdo a las necesidades y condiciones de las comunidades.
- Proponer la forma de captar, filtrar y almacenar las aguas pluviales para su uso posterior.
- Analizar la forma de optimizar la conducción de agua pluvial por techos.

## **Metas**

- Sustentar la calidad del agua de lluvia para promover su recolección y uso en actividades domésticas cotidianas.
- Proponer la implementación de elementos existentes en el mercado en viviendas para recolectar y almacenar agua de lluvia.
- Elaborar el diseño de un filtro que permita eliminar los residuos de materia orgánica del agua proveniente del techo, así como proponer un tanque de almacenamiento cuyas dimensiones puedan adaptarse a las necesidades de cada vivienda.
- Analizar elementos naturales de recolección de agua para determinar la forma de conducir el agua de lluvia.
- Proponer el tipo de techumbre para captar la mayor cantidad de agua de lluvia posible, la forma de adaptarla a viviendas ya construidas y diseñar una casa tipo que incorpore un sistema de recolección de aguas pluviales.

## Metodología

La metodología para llevar a cabo el proceso de investigación está basada en la propuesta de Hans Gugelot, las etapas son:

- **Etapas de la información:** se recolecta toda la información necesaria sobre el tema, la información nos ayuda a conocer el problema, las soluciones propuestas hasta la fecha y cómo se ha desarrollado el tema estudiado a través de los años, las innovaciones, con lo cual podemos encontrar un punto de oportunidad sobre el cual podemos abordar y proponer soluciones para cambiar, mejorar o complementar lo existente.
- **Etapas de investigación:** se detectan las necesidades del usuario, contexto, funcionalidad y requerimientos. Al detectar las necesidades del usuario, el contexto en el que se desarrolla, las necesidades y las condiciones es posible tener un panorama amplio de las necesidades a cubrir y cada una de las decisiones estará basada en la investigación.
- **Etapas de diseño:** estudio tipológico, propuestas con base en las dos etapas anteriores tomando en cuenta cada una de las necesidades detectadas y proponer soluciones alternativas, análisis de cada una para elegir la mejor opción de acuerdo a las necesidades.
- **Etapas de decisión:** estudios costo/beneficio, estudio tecnológico fundamentado. Análisis de costos de implementación de la o las propuestas que cubren las necesidades y tener un estimado de cada una de ellas para tomar en cuenta en la decisión final.
- **Etapas de cálculo:** ajuste del diseño a las normas y estándares de materiales. Ajustar las propuestas a las normas publicadas y técnicas aprobadas, con las cuales se garantiza un mejor funcionamiento y eficiencia.
- **Etapas de desarrollo:** desarrollo a detalle, procedimientos, especificaciones y conclusiones. Desarrollo de la propuesta final a detalle incluyendo las especificaciones, detalles, procesos y materiales necesarios para llevarse a cabo de tal forma que quien tenga la información pueda interpretarla de forma sencilla.

# Capítulo 1

---

## Agua de lluvia

## 1.1. Características del agua

El agua es una sustancia cuya composición química está formada por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno y es esencial para la supervivencia de todas las formas de vida en el planeta. De todas las sustancias que se conocen es la única que se puede encontrar en los tres estados de la materia ya sea sólido, líquido o gaseoso.

Del total de agua presente en el planeta el 97% es salada y solo el 3% dulce, de la cual solo el 1% se encuentra en estado líquido. Un total aproximado de la cantidad de agua en el planeta es de 1,386,000,000 km<sup>3</sup> los cuales de acuerdo con una estimación global se encuentran distribuidos como se muestra en la tabla:

Fuente del agua	Volumen del agua en km <sup>3</sup>	Porcentaje total del agua
Océanos y mares	1,338,000,000	96.5
Casquetes glaciares y nieve permanente	24,064,000	1.74
Agua subterránea dulce	10,530,000	0.76
Agua subterránea salada	12,870,000	0.94
Humedad del suelo	16,500	0.001
Glaciares continentales	300,000	0.022
Lagos agua Dulce	91,000	0.007
Lagos agua salada	85,400	0.006
Atmósfera	12,900	0.001
Aguas pantanosas	11,470	0.0008
Ríos	2,120	0.0002
Agua biológica	1,120	0.0001
TOTAL	1,386,000,000	100

**Tabla 1.1** Estimación global de distribución del agua<sup>10</sup>

De esta tabla se obtiene que de los 1,386,000,000 km<sup>3</sup> de agua, aproximadamente solo 35,029,110 km<sup>3</sup> es agua dulce, sin tomar en cuenta la cantidad que ya se encuentra contaminada.

El agua posee distintas características dependiendo del lugar de donde se recolecte y las condiciones del entorno, existen partículas suspendidas que se disuelven al contacto con una fuente de agua llegando a formar parte de ella a nivel físico o químico. Un fenómeno cada vez más frecuente y que afecta las propiedades del agua de lluvia completamente es la denominada lluvia ácida que principalmente se presenta en entornos industrializados.

<sup>10</sup> Gleick, P. H. "EARTH'S WATER DISTRIBUTION". Disponible: <http://ga.water.usgs.gov/edu/waterdistribution.html> consultado [13/01/10].

Las características que posee el agua van de acuerdo a sus propiedades físicas, químicas y biológicas. Si se retiran las partículas suspendidas del agua captada se puede emplear para actividades en las que no se requiere el uso agua potable como puede ser: para los retretes, regar plantas, lavar coches, ropa, bañar a las mascotas u otros usos que no impliquen riesgos a la salud es posible emplear este tipo de agua sin problema alguno. Además, el agua de lluvia al estar libre de sales protegerá las tuberías y los conductos de las lavadoras alargando su vida útil. Algunas estimaciones indican que estos usos pueden suponer el 50% del agua que se emplea en una vivienda urbana.<sup>11</sup>

### **Características físicas**

Se refieren a olor, color y turbidez. El sabor y el olor están determinados por la cantidad de materia orgánica que se encuentra disuelta en ella y de las sustancias químicas que se adhirieren en su recorrido<sup>12</sup>. Adquiere cierto color cuando se concentra en grandes cantidades, ya sea azul cuando posee un bajo contenido de materia orgánica y verdosa cuando posee altas concentraciones de materia orgánica. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) la actitud de los consumidores va de acuerdo al aspecto que presenta el agua cuando llega hasta ellos, cuando no se cuenta con los medios y métodos para comprobar la calidad del agua potable los consumidores toman como parámetros: si parece sucia, posee un color anormal, un olor o sabor desagradable, desconfían, dando como consecuencia el poder consumir agua de fuentes menos seguras.<sup>13</sup>

Las características físicas están sujetas al juicio del consumidor y se atiende a la percepción sensorial, el color es la primera característica que el consumidor toma como referencia para determinar la calidad del agua que recibe, si el agua no presenta ningún nivel de coloración amarillenta se acepta de inmediato, por el contrario si presenta algún grado de coloración el consumidor asume que la calidad del agua recibida es menor.

### **Características químicas**

La mayoría de las sustancias químicas que se encuentran en el agua y que pueden producir daños a la salud vienen de diversas fuentes y surgen después de una exposición prolongada al contaminante (Tabla 1.2), a excepción de las sustancias que se descargan de forma intermitente o por la lixiviación (*pérdida de nutrientes minerales hidrosolubles por la acción del agua que se infiltra a zonas profundas del suelo*<sup>14</sup>). Se debe conocer la concentración de los componentes químicos que se encuentran en las fuentes de abastecimiento y asegurar que no son perjudiciales

---

<sup>11</sup> LOS SISTEMAS DE RECOLECCIÓN DE AGUA PLUVIAL. Sitio solar, portal de energías renovables. Disponible: <http://www.sitiosolar.com/recoleccion%20de%20agua%20de%20lluvia.htm> [Consultado 19/10/09]

<sup>12</sup> Ing. Jorge A. ORELLANA INGENIERÍA SANITARIA "CARACTERÍSTICAS DEL AGUA POTABLE". Disponible: [http://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/ing\\_sanitaria/Ingenieria\\_Sanitaria\\_A4\\_Capitulo\\_03\\_Caracteristicas\\_del\\_Agua\\_Potable.pdf](http://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/ing_sanitaria/Ingenieria_Sanitaria_A4_Capitulo_03_Caracteristicas_del_Agua_Potable.pdf)

<sup>13</sup> GUIDELINES FOR DRINKING WATER QUALITY Vol. 1 Organización Mundial de la Salud 2008 capítulo 10 página 210

<sup>14</sup> DICCIONARIO DE ETIMOLOGÍAS

a la salud, si no se realiza este estudio puede representar un alto riesgo y derivar en una crisis aun cuando los efectos se presenten después de una exposición constante durante un largo periodo de tiempo<sup>15</sup>.

Los orígenes de los componentes químicos que se consideran contaminantes pueden ser diversos como se muestra en el cuadro:

Origen de los contaminantes químicos	Ejemplos de orígenes
Origen natural.	Rocas, suelos y los efectos del marco geológico y el clima.
Fuentes industriales y zonas urbanas.	Minería (industrias extractivas) e industrias de fabricación y procesamiento, aguas residuales, residuos sólidos, fugas de combustibles.
Actividades agropecuarias.	Estiércoles, fertilizantes, ganadería intensiva y plaguicidas.
Tratamiento del agua o materiales en contacto con el agua de consumo humano.	Coagulantes, desinfectantes (DBPs), materiales de tuberías.
Plaguicidas añadidos al agua por motivos de salud pública.	Larvicidas para el control de insectos vectores de enfermedades.
Cianobacterias.	Cuerpos de agua con proceso de eutrofización.

**Tabla 1.2** Clasificación de los componentes químicos en función de su origen.<sup>16</sup>

Existen dos tipos de peligros de tipo químico en el agua que son los derivados principalmente del lugar de origen donde no se controla su contaminación, tratamiento y mezcla con otras aguas, por otro lado los que provienen de materiales y sustancias químicas, se controlan optimizando los procesos y especificando las características de los productos utilizados en ella.

Los elementos químicos más comunes presentes<sup>17</sup> en el agua son:

- **Aluminio:** Las formas más comunes de encontrarlo presente es el de origen natural y las sales de aluminio que se utilizan como coagulantes.
- **Amoniaco:** Se presenta en concentraciones mucho menores de las que pueden hacer daño
- **Cloruro:** Es quien aporta el sabor salado, a partir de 250 mg/l es cuando se puede distinguir el sabor de los cloruros.

<sup>15</sup> GUIDELINES FOR DRINKING WATER QUALITY vol. 1 Organización Mundial de la Salud 2008 capítulo 8 página 146

<sup>16</sup> GUIDELINES FOR DRINKING WATER QUALITY vol. 1 Organización Mundial de la Salud 2008 capítulo 8 página 147

<sup>17</sup> GUIDELINES FOR DRINKING WATER QUALITY vol. 1 Organización Mundial de la Salud 2008 capítulo 10

- **Plomo:** Causa corrosión en las tuberías la cual es mayor en presencia del cobre. Es un metal pesado.
- **Cloro:** Puede ser detectado mediante el olfato o el gusto, la concentración a la cual el consumidor puede detectar su presencia es de 0.6 a 1.0 mg/l.
- **Clorofenoles:** Son el clorofenol, diclorofenol y triclorofenol de los cuales el último es el que presenta daños a la salud.
- **Cobre:** Las tuberías de agua caliente pueden azular el agua, se presenta corrosión principalmente si conduce aguas blandas.
- **Etilbenceno:** Posee un olor similar al de la gasolina, tiene efectos en la salud solo cuando se consume en grandes cantidades, puede provocar, irritación de garganta, opresión en el pecho y mareo.
- **Hierro:** En grandes cantidades puede producir coloración roja.
- **Manganeso:** En concentraciones mayores a 0.1 mg/l mancha la ropa y muebles sanitarios.
- **Sodio:** La concentración en la que se encuentre define si puede o no ser detectado por el consumidor.

### **Características biológicas**

Existen diversos organismos cuya relevancia no es mucha debido a que no tienen efecto en la salud pero producen un sabor y olor desagradables, además de que indican un manejo inadecuado.

El origen puede ser de forma natural que esté conformado por microorganismos que se encuentran en el entorno o como consecuencia de las actividades industriales y microorganismos suspendidos en el ambiente y que son arrastrados por la lluvia.

El agua que se destina para consumo humano debe estar libre de algas, bacterias, hongos y levaduras las cuales indican presencia de materia orgánica en descomposición.

### **Aspectos microbiológicos**

Los riesgos que se corren son principalmente las enfermedades infecciosas producidas por agentes patógenos como lo son las bacterias, virus y organismos parasitarios; de estos se pueden derivar brotes esporádicos de alguna enfermedad de riesgo menor. Esto depende del origen del agente patógeno que se trate. Actualmente es poco probable que aparezcan brotes de enfermedades por consumo de agua contaminada debido a los métodos de purificación, aunque aún existen comunidades donde el agua se toma directamente de la fuente<sup>18</sup>.

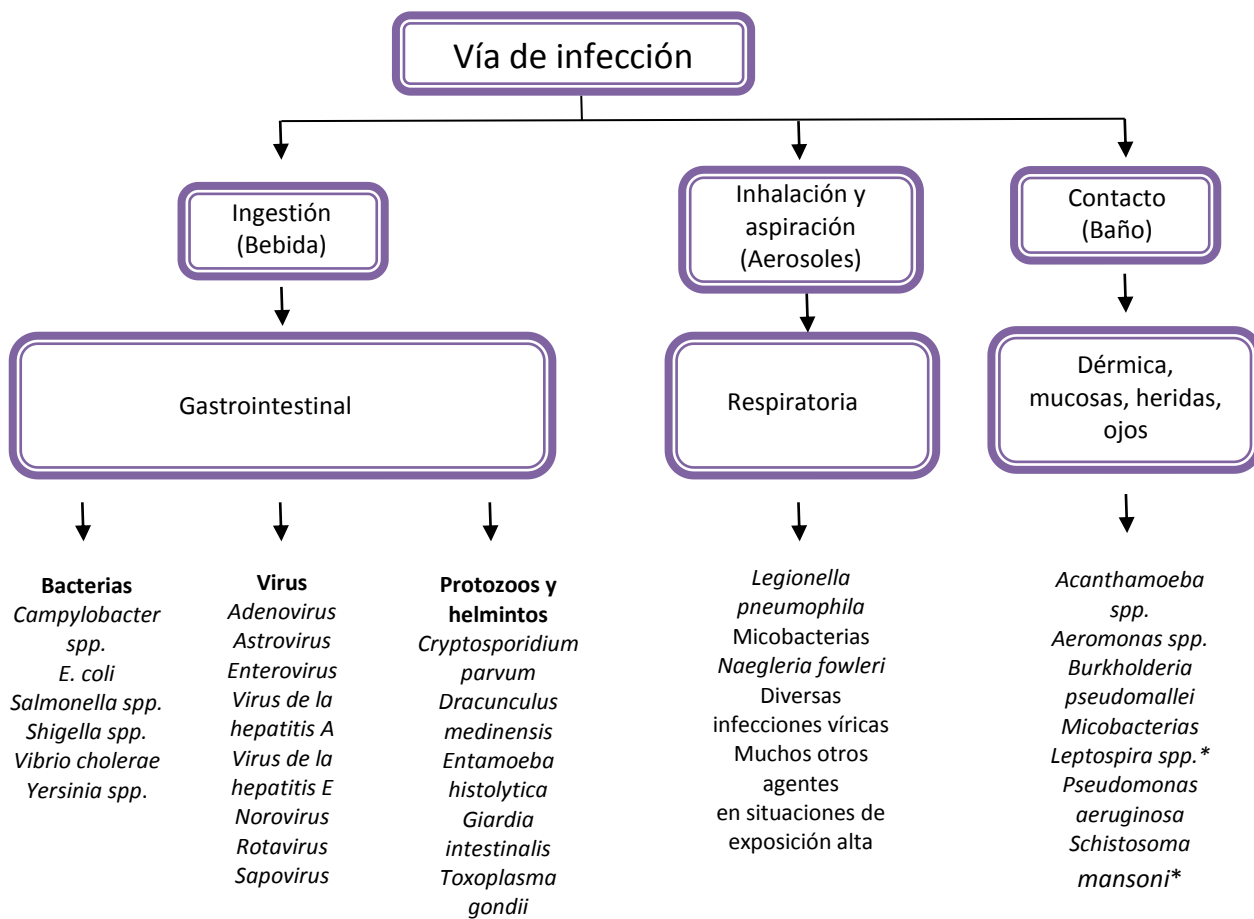
De acuerdo con los datos que la OMS publicó, la gama de agentes patógenos cambia en función de algunos factores como son el aumento de las poblaciones de personas y animales, el incremento del uso de aguas residuales, los cambios de hábitos de la población o de las

---

<sup>18</sup> GUIDELINES FOR DRINKING WATER QUALITY vol. 1 Organización Mundial de la Salud 2008 capítulo 7 página 105

invenciones medicas, las migraciones y viajes de la población, y presiones selectivas que favorecen la aparición de agentes patógenos nuevos o mutantes, de las recombinaciones de los ya existentes.

Existen otras vías de infección además de la ingestión, como lo son por vía respiratoria y cutánea, de las cuales se contraen distintos tipos de agentes patógenos como se muestra en el siguiente diagrama.



\*Principalmente por contacto con aguas superficiales muy contaminadas

**Figura 1.1** Vías de transmisión y ejemplos de agentes patógenos relacionados con el agua<sup>19</sup>.

<sup>19</sup> Ídem página 107



## 1.2. Usos del agua

El agua se utiliza en todos los aspectos donde los seres vivos tengan que realizar alguna actividad incluso el simple hecho de sobrevivir requiere su presencia.

Para el abastecimiento público se destina el 14.1% del agua extraída, siendo que el mayor porcentaje (76.6%) se asigna al uso agrícola<sup>20</sup>. El agua que se destina para uso humano se distribuye aproximadamente de la siguiente forma:

Actividad	Consumo de agua
Lavar la ropa	60-100 litros
Limpiar la casa	15-40 litros
Lavar los trastes con maquina	18-50 litros
Lavar los trastes a mano	100 litros
Cocinar	6-8 litros
Ducha	35-70 litros
Bañarse	200 litros
Lavarse los dientes	30 litros
Lavarse los dientes cerrando la llave	1.5 litros
Lavarse las manos	1.5 litros
Afeitarse	40-70 litros
Afeitarse cerrando la llave	3 litros
Lavar el coche con manguera	500 litros
Descargar el WC	10-15 litros
Media descarga de WC	6 litros
Regar un jardín pequeño	75 litros
Riego de plantas en interiores	15 litros
Beber	1.5 litros

**Tabla 1.3** Consumo aproximado de agua por persona al día.<sup>21</sup>

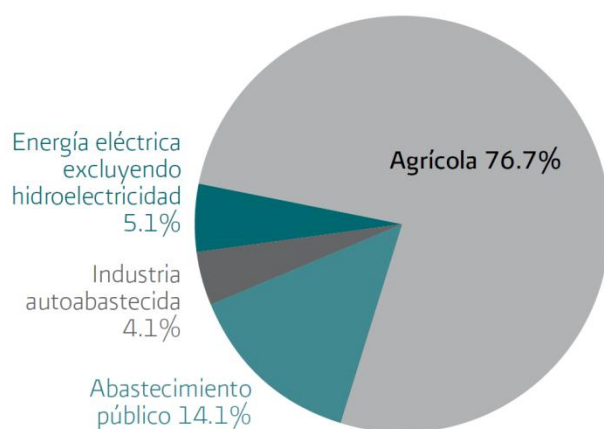
<sup>20</sup> ESTADÍSTICAS DEL AGUA EN MÉXICO, edición 2011, CONAGUA. Pág. 45. Disponible: <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/SGP-1-11-EAM2011.pdf> [Consultado 15/05/2011]

<sup>21</sup> Consumos de agua. Intermón Oxfam. Disponible en <http://www.intermonoxfam.org/es/page.asp?id=2379> [Consultado 28/01/10]

De las cantidades contenidas en esta tabla más del 50% de las actividades cotidianas se pueden realizar sin utilizar agua potable.

En los casos que el agua se utiliza de forma pública son: fuentes públicas, ornamentación, riego de los parques, plazas y jardines públicos. En la agricultura y ganadería como parte del alimento y limpieza de instalaciones.

El 63% del agua utilizada en el país proviene de fuentes superficiales (ríos, arroyos y lagos) y el 37% restante proviene de fuentes subterráneas (acuíferos). De acuerdo a la clasificación que realiza la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), del agua extraída total existen cinco grupos, cuatro de los cuales corresponden a usos consuntivos (Es el uso del agua que no se devuelve en forma inmediata al ciclo del agua) y el uso hidroeléctrico que se contabiliza aparte por corresponder a un uso no consuntivo. Estos se encuentran en el Registro Público de Derechos de Agua (REPDA) quien asigna el tipo de clasificación y grupo al que pertenecen. La siguiente gráfica muestra la distribución en porcentajes del agua extraída en el país.



**Imagen 1.1.-** Distribución de los volúmenes concesionados para usos agrupados consuntivos (2009)<sup>22</sup>.

### 1.3. Cálculo según la demanda

La Comisión Nacional del Agua recomienda para sistemas rurales la dotación de 45 L/persona/día. Durante el periodo de lluvias se realiza un ajuste por disponibilidad de humedad y posibilidades de abastecimiento de las fuentes tradicionales.

<sup>22</sup> ESTADÍSTICAS DEL AGUA EN MÉXICO, edición 2011, CONAGUA. Pág. 45. Disponible: <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/SGP-1-11-EAM2011.pdf> [Consultado 15/05/2011]

La demanda se calcula a partir de la dotación por persona para atender sus necesidades mes a mes.

$$Di = \frac{Nu \times Nd \times Dot}{1000}$$

Donde:

*Nu* = número de usuarios que se benefician del sistema

*Nd* = número de días del mes analizado

*Dot* = dotación (L/persona.día)

*Di* = demanda mensual (m<sup>3</sup>)

Para conocer el potencial de captación por metro cuadrado de área de escurrimiento, se analiza el comportamiento histórico de la precipitación, sus características más importantes son la intensidad, cantidad, duración y distribución<sup>23</sup>.

La cantidad de agua de lluvia que se puede llegar a almacenar depende esencialmente del área de captación, el área efectiva de captación se obtiene de la proyección horizontal del techo<sup>24</sup>.

Aunque esta fórmula es solamente para calcular la cantidad de agua que se necesita al mes necesariamente es la cantidad que se puede obtener ya que depende principalmente de la región y de la época del año. Para eso es necesario conocer el promedio de precipitación pluvial por mes de la región, lo cual se analizará en el capítulo 4.

---

<sup>23</sup> Captación de agua de lluvia en Santa Catarina Ocotlán, Coixtlahuaca, Oaxaca. Ing. E. César Pedro Santos M. C. Gabriela Álvarez Olgún. Profesores-Investigadores del Instituto de Hidrología, Universidad Tecnológica de la Mixteca

<sup>24</sup> Sistemas de captación de agua de lluvia para uso domestico en América latina y el Caribe: manual técnico. Anaya Garduño, Manuel \ Trejo Mancillas, Jaime, col. 1998

# Capítulo 2

---

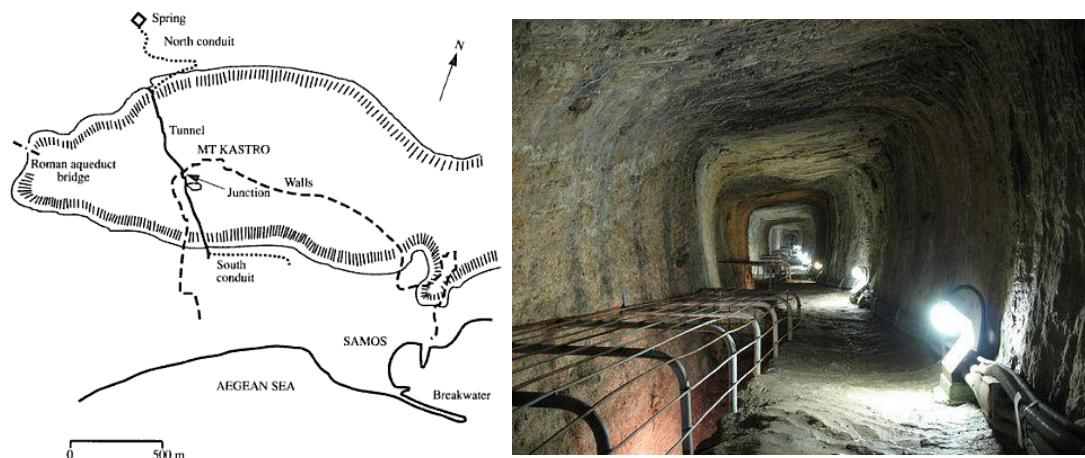
## Antecedentes

## 2.1. Sistemas de captación de agua en la antigüedad

En todas las épocas se ha requerido el abasto de agua para diversas actividades. Como no existían formas de purificar el agua tenían que traerla desde lugares lejanos. El agua de lluvia ya era utilizada en la antigüedad en Madaba, Petra, Roma y México<sup>25</sup>. En México se dan ejemplos de estos sistemas de captación de aguas pluviales, algunos se conservan hasta nuestros días en estados como son Oaxaca, Querétaro y Zacatecas<sup>26</sup>.

### Túnel de Eupalinos

El acueducto más famoso del mundo griego se conoce con el nombre de Túnel de Eupalinos el cual suministraba agua a la población de Samos todos los días, es el más largo construido en su tiempo. Samos era una isla de aproximadamente 490 km<sup>2</sup> relativamente fértil y verde, se encontraba separada de la península de Mykale en Asia menor, referencias arqueológicas aseguran que Samos desapareció en el siglo IX, fue una de las primeras comunidades en construir un templo y su auge llegó en el siglo VI, durante este siglo fortificaciones y el acueducto fueron construidos.



**Imagen2.1 (a) (b).**Ubicación del Túnel Eupalinos se muestra el recorrido y se aprecia dónde se realizó el ajuste (Izquierda) e imagen del interior donde se muestra su sección (derecha).

<sup>25</sup> Grupo de análisis: Captación y aprovechamiento de Agua de Lluvia. Disponible en: [www.agua.unam.mx](http://www.agua.unam.mx) Consultado [14/03/2013]

<sup>26</sup> La captación de agua de lluvia durante la época colonial y algunas construcciones relevantes. Ing. Samuel Aguilar Yopez

Atenas es otro ejemplo donde se construyeron acueductos pero principalmente se acondicionaron contenedores.



**Imagen 2.2** *Acueductos en la ciudad de Atenas. Se aprecian los canales por los cuales se transportaba en agua hasta llegar a la ciudad, donde se repartía en los distintos contenedores públicos para uso de los habitantes.*

### **Mesoamérica**

En cuanto a México los mayas fueron quienes implementaron este tipo de sistemas de captación de aguas de lluvia, entre los más conocidos están los chultunes que son depósitos de agua (apartado 2.2) que se ocupaban para el abastecimiento de agua en las casas, se han encontrado en numerosas zonas arqueológicas, también se encuentran los jagüeyes, las pilas, aljibes, acueductos, los cenotes y manantiales. La estructura de los chultunes constaba de cinco secciones<sup>27</sup>:

1. Zona de captación de lluvia inmediata que solía ser un área con cierta inclinación, especialmente preparada de aproximadamente 5m de diámetro.
2. Zona de captación de lluvia mediata que se refería al área próxima al chultún, comprendía las casas y edificios los cuales la recogían por medio de canjilones.
3. Boca
4. Cuello
5. Depósito o cámara.

---

<sup>27</sup> "LAS OBRAS HIDRÁULICAS EN LAS ÉPOCAS PREHISPÁNICA Y COLONIAL". Semblanza histórica del agua en México (2010). María Teresa Rojas Rabiela.



**Imagen 2.3** Chultún. Ubicado en el Estado de Yucatán, se puede apreciar el exterior y el área especialmente preparada para captar el agua, con cierta inclinación de tal forma que el agua era conducida hacia el centro para almacenarla.

#### **Santo Domingo de Guzmán, Oaxaca**

En la construcción de este templo se consideró el sistema de captación de agua de lluvia tomando en cuenta un sistema de captación, conducción y distribución de agua principalmente para el riego de la huerta que se encontraba en ese lugar, actualmente es el sistema de captación pluvial más voluminoso en el Estado, con una capacidad de 1,300,000 litros. El agua almacenada en la cisterna alimenta el sistema de riego, los canales, los estanques ornamentales y los sanitarios del centro cultural<sup>28</sup>.



**Imagen 2.4** Canales que conducen el agua hasta cada una de las áreas del jardín etnobotánico. La imagen muestra como se encuentran actualmente los canales, ya que fueron modificados cuando se acondicionó el jardín etnobotánico.

<sup>28</sup> JARDIN ETNOBOTÁNICO DE OAXACA. Botanic Gardens Conservation International. Disponible en: <http://www.bgci.org/garden.php?id=3161> Consultado [ 24/03/2010]

## 2.2. Sistemas de almacenamiento de agua pluvial en la antigüedad

### Grecia

Túnel de Eupalinos, conducía el agua hasta una o más fuentes. Atenas posee ejemplos de contenedores para grandes cantidades de agua ya que es un territorio donde las lluvias son irregulares y escasas, por lo cual el agua almacenada era utilizada en los momentos de escasez, entre ellos se encuentran Hybla (Sicilia) el cual es un depósito que tiene una capacidad de almacenamiento de 11700m<sup>3</sup>, se ocupaba para diversas funciones como son: piscina, estanque para los peces y depósito para agua de riego. Otros ejemplos son la cisterna circular de la Isla Delfos, el pozo de Calícaros en Eleusis o las cisternas de formas variadas<sup>29</sup>.



**Imagen 2.5** Depósitos como la cisterna de la isla Delfos en Grecia (arriba izquierda), la cisterna circular de Delfos (arriba centro), el pozo de Calícaros en Eleusis (arriba derecha) o las cisternas de formas variadas (fotos inferiores).

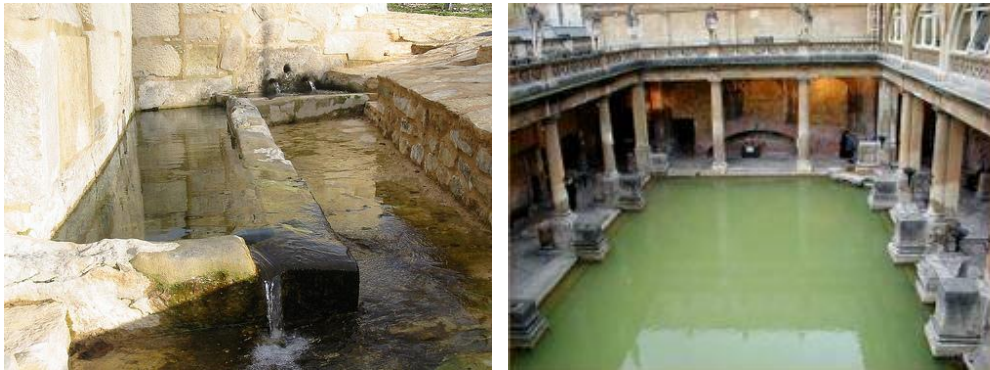
<sup>29</sup> Grecia, un universo de agua. DHA. Ana María Vázquez Hoys disponible en [http://www.uned.es/geo-1-historia-antigua-universal/PDF/09\\_GRECIA\\_AGUA%20Y%20CULTURA.pdf](http://www.uned.es/geo-1-historia-antigua-universal/PDF/09_GRECIA_AGUA%20Y%20CULTURA.pdf) [Consultado 15/03/10]



## Roma

Los acueductos romanos contaban con diversos destinos para su almacenamiento como son fuentes y estanques pero existían algunos particulares generalmente pertenecientes a las familias ricas, una porción de esta agua iba directamente a las casas de los ricos quienes tenían un lugar para almacenarlas pero quienes vivían en casa de más de dos pisos tenían que tomar agua de los estanques o fuentes o si contaban con los recursos suficientes contratar a lo que se conocía como un aguador profesional.

Los romanos con su sistema más que almacenar el agua intentaron llevar el río a la ciudad, preservándolo en canales, para que no dejara de tener las mismas características que en su captación, y parecería que es la desviación de un río, pero siempre en funcionamiento continuo, esto es; el agua entraba continuamente en la conducción central y salía continuamente por múltiples ramales: cuando se cerraba un grifo, el agua no se paraba sino continuaba por otro ramal hasta desaguar<sup>30</sup>.



**Imagen 2.6** Fuente romana (Izquierda) y terma pública (derecha). En la primera imagen se aprecia como el agua continúa fluyendo sin quedarse almacenada.

## Mesoamérica

Los chultunes en la cultura Maya fueron de gran importancia ya que fueron la principal fuente de obtención de agua para uso doméstico, generalmente tienen forma de campana, botellón, bóveda o amorfa, se encuentran bajo la superficie, una de las características más sobresalientes es la impermeabilización de las paredes del chultún con estuco<sup>31</sup> para evitar pérdida de agua, el área inmediata de captación se encontraba de igual forma impermeabilizada para lograr un mayor

<sup>30</sup> LAS TÉCNICAS Y LAS CONSTRUCCIONES DE LA INGENIERÍA ROMANA. Sistemas Romanos de Abastecimiento de Agua. José Manuel de la Peña Olivas.

<sup>31</sup> "LAS OBRAS HIDRÁULICAS MESOAMERICANAS EN LA TRANSICIÓN NOVOHISPANA". Teresa Rojas Rabiela.

escurrimiento y por lo tanto una mayor cantidad de agua. Los habitantes podían tomar agua del chultún mediante una vasija simplemente agachándose y tomándola o utilizando un pedazo de cuerda.



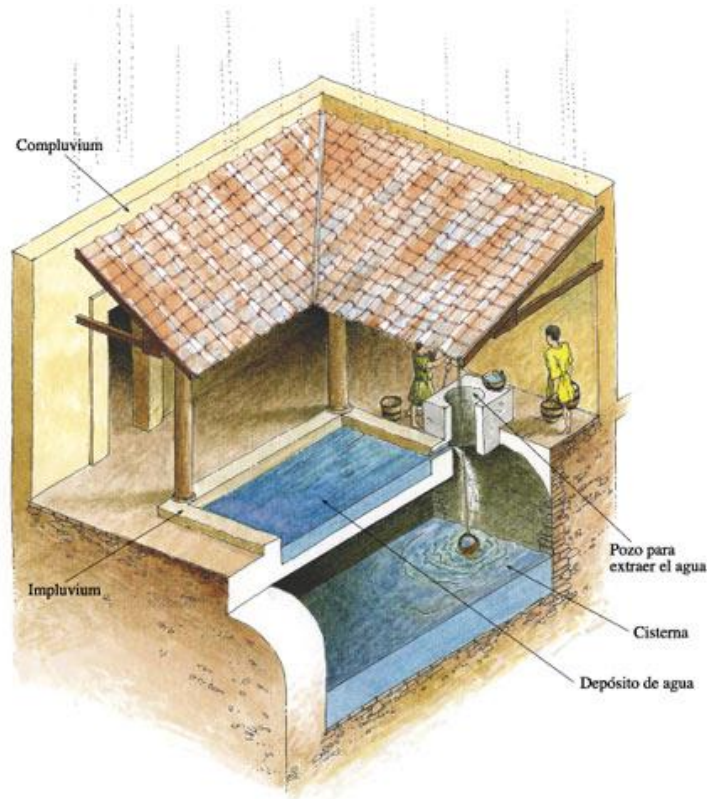
**Imagen 2.7** Representación de un chultún y el proceso de impermeabilización interior. Generalmente la impermeabilización se realizaba con argamasa o estuco, las formas eran variadas y fueron considerados vitales para los asentamientos prehispánicos pues se cuentan por miles en la península de Yucatán.



**Imagen 2.8** Exterior de un Chultún. En la parte inferior de la imagen se puede apreciar un canal por el cual llegaba el agua hacia la boca del chultún, el área periférica destinada para la captación del agua de lluvia se mantenía libre de vegetación.

Al igual que los chultunes existen los jagüeyes pero estos a diferencia de los anteriores son a cielo abierto, por lo general se construían en lugares cercanos a las montañas o cerros, la forma en la que funcionaban era canalizando las pequeñas corrientes que bajaban de los cerros hacia un

depósito. Otras formas de jagüeyes se implementaban en las casas y edificios ya fuera en forma de pilas, cisternas o aljibes<sup>32</sup> los cuales al igual que los chultunes por medio de canjilones o de los techos que daban directamente a un depósito de agua donde se asentaban las impureza, de ahí pasaba al aljibe donde estaba lista para ser tomada.



**Imagen 2.9** Partes y representación de un aljibe. Muestra el proceso de obtención de agua para uso doméstico.

La tecnología prehispánica pasó por diversas etapas como fue los acueductos hechos con tierra, requerían varas, troncos y piedras cuando tenían que atravesar grandes barrancos y los acueductos hechos de cal y estucados.

Los tres acueductos prehispánicos mejor conocidos por las fuentes históricas y parcialmente por la arqueología son del periodo Posclásico, de la cuenca de México, y corresponden al tercer tipo: Chapultepec, Acuecuexco y Tetzcotzincó<sup>33</sup>. Los dos primeros más estudiados por los arqueólogos e historiadores son los que captaron los manantiales de Chapultepec para conducirla hasta Tenochtitlán y durante la colonia a la Ciudad de México. Otro de los más estudiados es el de los

<sup>32</sup> Ídem página 4

<sup>33</sup> "LAS OBRAS HIDRÁULICAS EN LAS ÉPOCAS PREHISPÁNICA Y COLONIAL". Semblanza histórica del agua en México (2010). María Teresa Rojas Rabiela.

cerros de Tezcotzinco y Purificación que se conocían como los “baños de Nezahualcóyotl” en el Estado de México<sup>34</sup>.



**Imagen 2.10** Baños de Netzahualcóyotl. Combinó varias funciones: irrigación, recreación y agua para usos domésticos. Es el único cuyos restos se conservan en buen estado hasta la fecha.

Los cenotes son pozos profundos naturales, jugaron un papel determinante en el de desarrollo de la civilización Maya, se abastecían de ellos para no carecer de agua ya que no hay ríos ni lagos de importancia en el territorio del estado de Yucatán. Grandes asentamientos de esta cultura se formaron en torno a estas grandes cavidades, constituían lugares sagrados para ellos, representando la entrada al mundo espiritual<sup>35</sup>.



**Imagen 2.11** Cenote. Pueden ser de cuatro tipos: semiabiertos, abiertos, antiguos cenotes y tipo caverna

<sup>34</sup> LAS OBRAS HIDRÁULICAS MESOAMERICANAS EN LA TRANSICIÓN NOVOHISPANA”. Teresa Rojas Rabiela.

<sup>35</sup> ENCICLOPEDIA YUCATANENSE. Segunda Edición. Gobierno de Yucatán 1977

# Capítulo 3

---

## Sistemas de captación de agua pluvial actuales

### 3.1. Sistemas de captación

Los sistemas de captación para uso doméstico y consumo tanto familiar como comunitario son principalmente de dos tipos: los que usan como área de captación los techos y los que usan directamente el suelo. Los componentes del sistema son básicamente:

- Área de captación.
- Sistema de conducción.
- Almacenamiento.
- Filtro y tratamiento.

La cantidad de agua captada esta en relación directa con la dimensión del área de captación por lo cual hay que tomar en cuenta que un milímetro de agua en un metro cuadrado es igual a tener un litro de agua. Con esta información se puede calcular la cantidad de agua que se puede obtener dependiendo del área de captación de cada caso.

Existe un porcentaje de pérdida dependiendo del material con el cual se encuentre elaborada el área de captación y la conducción, se considera un coeficiente de eficiencia entre el 50% y el 90% de ahí se puede tomar cualquier valor dependiendo del criterio de quien realice los cálculos<sup>36</sup>.

Otro aspecto a tomar en cuenta es si el área de captación posee un ángulo de inclinación el cálculo se debe realizar con las medidas que se obtengan en la proyección vertical de la misma, esto es para efectos de cálculo ya que en caso de que la lluvia llegue con viento puede dar como resultado que caiga con el mismo ángulo de inclinación haciendo efectiva toda el área disponible.

### 3.2. Medios de captación

El agua pluvial se recolecta de los techos, suelo, caminos, patios o áreas de captación especialmente preparadas.

#### Techos

Los materiales más comunes con los cuales se construyen los techos son: lámina galvanizada, concreto, madera, teja y en algunos casos de láminas de asbesto<sup>37</sup>; el asbesto está relacionado con diversas enfermedades por lo cual la OMS prohíbe su uso<sup>38</sup>. En cualquier caso se debe aplicar un

---

<sup>36</sup> Captación de agua de lluvia en el hogar rural, Ricardo Andrés Radulovich, et. al. Costa Rica 1994. Pág.17

<sup>37</sup> Captación de agua de lluvia como alternativa para afrontar la escasez del recurso. Manejo integrado de la subcuenca alta del rio grande de la sierra norte, Oaxaca. Victor D. Phillips. Disponible en: <http://www.uwsp.edu/cnr/gem/Manual%20Captacion%20de%20agua%20de%20lluvia.pdf> [Consultado 12/04/10]

<sup>38</sup> Eliminación de las enfermedades relacionadas con el asbesto. OMS. Centro de prensa. Julio 2010

tratamiento de impermeabilización, aunque también se puede utilizar todo tipo de superficie impermeable que no desprenda residuos. La condición más importante para las superficies de escurrimiento es que sea impermeable y que permita el escurrimiento, ya que siendo la parte fundamental de este sistema de ella depende la cantidad y calidad del agua captada. La superficie debe estar limpia, libre de fugas y roturas, preferentemente lisa y uniforme para facilitar el flujo de agua<sup>39</sup>.

Los porcentajes de escurrimiento dependen del material con el que se encuentre construido el techo de la vivienda y de acuerdo a los materiales más usados se tiene que:

<b>MATERIAL</b>	<b>PORCENTAJE</b>
Lámina metálica	90%
Teja	80% a 90%
Madera	80% a 90%
Concreto	80% a 90%

**Tabla 3.1** Porcentajes de escurrimiento<sup>40</sup>.

La mayoría de los proyectos que ocupan este tipo de sistemas se encuentran en comunidades donde no se dispone de agua potable.



**Imagen 3.1** Techo de escuela utilizado como área de captación.

<sup>39</sup> Captación de agua de lluvia en el hogar rural, Ricardo Andrés Radulovich, et. al. Costa Rica 1994. Pág. 5

<sup>40</sup> Especificaciones Técnicas, Captación de agua de lluvia para consumo humano. CENTRO PANAMERICANO DE INGENIERIA SANITARIA DIVISION DE SALUD Y AMBIENTE, ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE SALUD, OFICINA SANITARIA PANAMERICANA-OFCINA REGIONAL DE LA ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. Pág. 5

### **Techos cuenca**

Son estructuras diseñadas para la recolección directa del agua de lluvia, es un área especialmente preparada que retarda el proceso de evaporación y así disminuir la pérdida de agua por evaporación. El techo está formado por dos superficies que convergen en un canal central por gravedad.

Este tipo de sistemas se implementan para abastecimiento de tipo comunitario debido al área que se requiere para poder obtener el volumen suficiente para abastecer la comunidad.

Un ejemplo aplicado es el techo cuenca que se encuentra en el estado de Aguascalientes de 750m<sup>2</sup> y que logra captar 451m<sup>3</sup>, beneficiando a 129 habitantes destinando a cada persona 3.5 litros de agua diarios y con esto solucionaron el abasto de agua durante la temporada de secas<sup>41</sup>.



**Imagen 3.2** *Techo cuenca implementado en el estado de Aguascalientes.*

### **Suelo**

Cuando un área de captación por techo es insuficiente se selecciona una superficie donde por la topografía se requiera el mínimo movimiento de tierra y se recubre con material impermeable lo cual puede ser un plástico tratado, geomembrana o concreto.

Este tipo de captación requiere un poco mas de atención en cuanto a los factores físicos y ambientales del lugar ya que se debe de revisar la topografía, geología, precipitación media mensual y anual para determinar los meses en los cuales la captación de agua será mayor y poder

---

<sup>41</sup> Techo cuenca. Aguascalientes gobierno del estado. Disponible en: <http://www.aguascalientes.gob.mx/inagua/EventosyParticipaciones/IVForo/TechoCuenca.aspx> [Consultado 12/04/10]



estimar el volumen de agua, variaciones de temperatura durante las distintas estaciones con el fin de establecer el porcentaje de pérdida de agua por evaporación durante cada uno de ellos, clima y flora para determinar las características de los filtros y así reducir la cantidad de materia orgánica que pueda ingresar al sistema de captación con la finalidad de determinar los volúmenes de excavación, relleno y compactación<sup>42</sup>; al conjunto de los factores antes mencionados se les conoce como historial del sitio. Este tipo de sistema además de servir como medio de captación es de igual forma un medio de almacenamiento.



**Imagen 3.3** Geomembrana. La forma está determinada por la topografía y puede ser variada dependiendo de la cantidad de agua a recolectar. Se implementa para beneficio de toda una comunidad.

### 3.3. Sistemas de Conducción

#### 3.3.1. Tipos y características de canaletas

Las canaletas colectan el agua y la conducen al tanque de almacenamiento. Existen distintos tipos de canaletas de acuerdo al material con el que son elaborados como:

- Canaletas de madera.
- Canaletas de aluminio.
- Canaletas de cobre.
- Canaletas de acero.

---

<sup>42</sup> Captación de agua de lluvia como alternativa para afrontar la escasez del recurso. Manejo integrado de la subcuenca alta del río grande de la sierra norte, Oaxaca. Victor D. Phillips. Disponible en: [http://issuu.com/leoh.h/docs/manual\\_captacion\\_de\\_agua\\_de\\_lluvia](http://issuu.com/leoh.h/docs/manual_captacion_de_agua_de_lluvia) [Consultado 12/04/11]

- Canaletas de PVC.
- Canaletas con malla.

La canaleta debe ser lo suficientemente ancha para captar toda el agua. El ancho óptimo está entre los 20 y los 30 cm<sup>43</sup>. Su profundidad depende de la cantidad de escurrimientos, la óptima se encuentra entre los 10 y 20 cm.

En cuanto a la posición y ángulo al cual se coloca deben ser lo más cerca del borde para maximizar la captura, el ángulo debe ser suficiente para evitar que el agua deje de correr o que valla en sentido contrario, tampoco debe ser tan grande ya que en el extremo donde se encuentre más alejado del borde la distancia que recorra el agua para llegar a la canaleta sea muy grande y provoque pérdida<sup>44</sup>.

### **Canaletas de madera**

Fueron en algún tiempo el sistema de construcción tradicional en los países de Estados Unidos y Europa, actualmente muy rara vez se emplean. Originalmente se hacían de cedro, son vulnerables a los daños causados por el agua y las termitas<sup>45</sup> además de que existen alternativas de mayor duración. Se utilizan con fines estéticos más que funcionales.



**Imagen 3.4** *Canaleta de madera.*

---

<sup>43</sup> Ídem

<sup>44</sup> Ídem

<sup>45</sup> Tipos de drenajes. Disponible en <http://typesofgutters.com> [Consultado 18/04/10]

### **Canaletas de aluminio**

Son el tipo más común de canaletas utilizadas actualmente ya que son más económicas que las elaboradas con otros metales y es mucho más durable que la madera, soporta las inclemencias del tiempo, es ligero, fácil de cortar y doblar para su instalación, en México la desventaja es su precio.



**Imagen 3.5** *Canaleta de aluminio.*

### **Canaletas de cobre**

Brindan una mayor durabilidad, son de fácil mantenimiento ya que el cobre no se oxida rápidamente y requiere poco mantenimiento. El problema es que después de algún tiempo se decolora pero se puede reducir utilizando algún tipo de recubrimiento. Brindan mayor atractivo visual a las viviendas tipo rustica, por el material el costo es mucho más elevado que las canaletas de aluminio.<sup>46</sup>



**Imagen 3.6** *Canaleta de cobre.*

---

<sup>46</sup> Canalón de cobre. Idorpe tellatuak. Disponible en [http://www.idorpe.com/catalogo/catalogo.php?id=17&subm=sub\\_catalogo4](http://www.idorpe.com/catalogo/catalogo.php?id=17&subm=sub_catalogo4) [Consultado 18/04/10]

### **Canaletas de acero**

Son las más durables ya que son las que sostienen mejor los elementos, el inconveniente es que se oxida con el paso del tiempo a menos que se trate de acero inoxidable, otro de los factores que pueden dañarlo son los fuertes vientos. El acero inoxidable es caro, otra opción para canaletas de acero es la lámina galvanizada que dura alrededor de 30 años en condiciones de clima seco.



**Imagen 3.7** *Canaleta de acero.*

### **Canaletas de Policloruro de Vinilo**

También llamadas canaletas de vinilo, son ligeras, fáciles de cortar e instalar y libres de mantenimiento. Las desventajas es que ante mucho peso pueden colapsar y si están sujetas a cambios de temperaturas muy drásticos el PVC puede volverse quebradizo<sup>47</sup>.



**Imagen 3.8** *Canaleta de Policloruro de Vinilo.*

---

<sup>47</sup> PVC gutters: A plastic replacement. Service magic disponible en : <http://www.servicemagic.com/article.show.PVC-Gutters-A-Plastic-Replacement.14890.html> [Consultado 01/09/10]

### **Canaletas con malla**

Este tipo de canaletas tiene como principal objetivo que el agua recolectada no se contamine con hojas u otros restos orgánico. El material del cual se encuentran elaboradas puede ser de cualquiera de los antes mencionados, más comúnmente de PVC.



**Imagen 3.9** *Canaleta con malla.*

## **3.4. Almacenamiento**

El almacenamiento del agua puede ser de distintas formas y tamaños, depende directamente del área de captación, también dependerá del tiempo de almacenamiento. Para todo tipo de almacenamiento existen principios generales que deben ser tomados en cuenta<sup>48</sup>.

La limpieza del tanque debe realizarse de forma regular y debe contar con un desagüe en la parte inferior para facilitar la limpieza.

Debe contar con una tapa que no permita la entrada de luz para reducir y evitar el desarrollo de algas, colocarle un tubo para excedencias cerrado con una malla para evitar la entrada de insectos.

### **3.4.1. Tipos y características de sistemas de almacenamiento de agua**

Principalmente existen dos tipos:

- Superficiales.
- Subterráneos.

Los superficiales tienen la ventaja de adaptarse al espacio disponible, los materiales para elaborarlos son tabique rojo, *block* o piedras con mezcla de cemento y arena.

---

<sup>48</sup> Captación de agua de lluvia en el hogar rural, Ricardo Andrés Radulovich, et. al. Costa Rica 1994. Pág.9

Deben ofrecer una estabilidad estructural ya que las presiones que se ejercen dentro del tanque van en relación directa con el tamaño del mismo. Los tanques subterráneos requieren una buena impermeabilización de las paredes para evitar filtración tanto hacia afuera como hacia adentro. La única restricción en cuanto a este tipo de tanques es que si en el lugar que se construya existen letrinas deben elaborarse lo más lejos posible de ellas<sup>49</sup>. Con respecto a estos tanques hay que tomar en cuenta los principios generales expuestos anteriormente para garantizar la calidad del agua. El siguiente cuadro describe las ventajas y desventajas de cada uno de estos tipos de tanques de algunas variables.

Descripción	Tanque superficial	Tanque enterrado
Sistema de captación del agua de lluvia.	Capta el agua de los techos se está a un nivel inferior.	Puede captar el agua del techo y de superficies limpias a nivel de terreno.
Características del terreno de cimentación.	El suelo es menos resistente si está suelto o contiene mucha materia orgánica, provocando problemas de estabilidad.	El suelo es más firme para soportar las cargas y las paredes del tanque pueden ser más delgadas.
Presión del terreno lateral.	No lo tiene.	Cuando el tanque está vacío, el suelo poco compacto puede ejercer una presión importante.
Presión del agua.	Las paredes del tanque están sujetas a la presión del agua y se incrementa durante los sismos. La falla puede ser más peligrosa.	La presión que ejerce el agua a las paredes del tanque disminuye por la presión que ejerce del otro lado el terreno y el tanque es más estable durante los sismos.
Efectos de la intemperie.	Las paredes del tanque están sujetas a esfuerzos de expansión o contracción por calentamiento y enfriamiento.	Las paredes están más protegidas a los efectos del intemperismo.
Efectos del nivel freático.	El nivel freático no lo afecta.	Si el nivel freático está superficial, el tanque puede flotar cuando esté vacío.
Temperatura del agua.	La temperatura cambia conforme ésta varíe en el exterior.	La temperatura se mantiene más fresca y uniforme.
Contaminación del agua almacenada.	Es difícil que el agua se contamine si el tanque tiene la tapa bien sellada, salvo por los contaminantes que le llegan del techo.	El agua almacenada puede contaminarse por aguas negras de letrinas cercanas si las paredes del tanque tienen alguna permeabilidad o por introducción del agua en la tapa de registro durante las tormentas si no están sellados.
Toma del agua.	El grifo se encuentra más cercano a la superficie del	Para disponer del agua se requiere bombearla, salvo si la topografía del

<sup>49</sup> Captación de agua de lluvia en el hogar rural, Ricardo Andrés Radulovich, et. al. Costa Rica 1994. Pág.11

	terreno. Su limpieza es más fácil.	terreno permite colocar una llave más abajo para que el agua fluya por gravedad.
Susceptibilidad a daños por agentes externos	Está más expuesto a golpes e impactos.	El tanque puede dañarse por raíces de árboles o por el tránsito de personas y pequeños vehículos en la cubierta.
Costo.	Es menor.	Se incrementa por los trabajos de excavación y uso de bombeo.

**Tabla 3.2** *Tanque superficial o enterrado*<sup>50</sup>.

### Tanques de ferrocemento

Una opción que cada vez es más utilizada por la versatilidad de la técnica son los tanques de ferrocemento ya que una de sus características es que no se necesita cimbra y el grosor de las paredes es muy pequeño (5 cm) en comparación con los tanques que se elaboran de forma tradicional<sup>51</sup>. El ferrocemento es un tipo de construcción de concreto reforzado, con espesores delgados en el cual generalmente el mortero hidráulico está reforzado con capas de malla (*la malla puede ser metálica o de otros materiales adecuados*) continua de diámetro relativamente pequeño y algunas varillas<sup>52</sup>, esto es debido a que las geometrías que se logran con esta técnica permiten una resistencia y rigidez adecuada y no requiere mano de obra especializada para su elaboración, puede ser construido tanto superficial como enterrado.



**Figura 3.10 a)** *Tanque de ferrocemento enterrado.*

*Foto: Arq. Jesús Sánchez Luqueño*

<sup>50</sup> CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA Y ALMACENAMIENTO EN TANQUES DE FERROCEMENTO MANUAL TÉCNICO. Tertuliano caballero Aquino. Instituto Politécnico Nacional. Primera edición 2006

<sup>51</sup> Ídem

<sup>52</sup> GUÍA DE CONSTRUCCIÓN PARA ESTRUCTURAS DE FERROCEMENTO. Unidad de Apoyo Técnico para el Saneamiento Básico del Área Rural. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. Área de Desarrollo Sostenible y Salud Ambiental. Organización Panamericana de la Salud. Oficina Sanitaria Panamericana. Oficina Regional de la Organización Mundial de la Salud.



**Figura 3.10 b) Tanque de ferrocemento superficial.**

Foto: Arq. Jesús Sánchez Luqueño

El ferrocemento tiene alta resistencia a la tracción y alto módulo de rotura. Su resistencia a tracción puede llegar a ser similar a la resistencia a compresión, debido al sistema de malla que proporciona refuerzo en las dos direcciones, el ferrocemento presenta menos resistencia al impacto y a la cortante de punzonamiento, es más fácil de reparar y mantener<sup>53</sup>.

Las propiedades mecánicas del ferrocemento dependen en gran parte de las de mortero y de las del refuerzo, la resistencia al agrietamiento es superior y cuando llega a producirse se presentan con anchos muy pequeños y a separaciones también pequeñas, este comportamiento se debe al reducido espaciamiento entre los alambres de la malla de refuerzo<sup>54</sup>.

La escasa permeabilidad que presenta el ferrocemento lo hace apropiado para depósitos de agua, se han construido tanques de este tipo unos con ahorro en costos del orden del 40% con respecto a los tanques cilíndricos de hormigón<sup>55</sup>.

Su tiempo de uso en buenas condiciones es de aproximadamente 20 años, donde las fisuras y rajaduras pueden ser fácilmente controladas a través de limpieza y mantenimiento oportunos. Desde el punto de vista económico los tanques de ferrocemento ofrecen ventajas comparativas frente al concreto armado tanto en inversión y mano de obra; la inversión para construir un tanque de ferrocemento en relación a uno de concreto armado es menor cuando el volumen aumenta como se aprecia en la *Figura 3.11*, el ahorro por la propuesta de uno de estos tanques

---

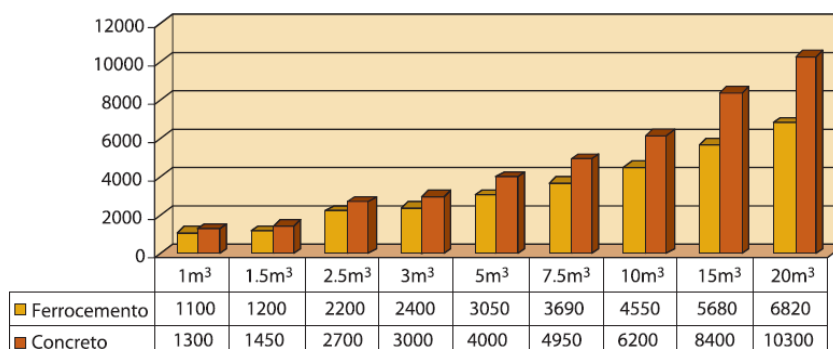
<sup>53</sup> ESTUDIO DE RESISTENCIA Y VULNERABILIDAD SÍSMICAS DE VIVIENDAS DE BAJO COSTO ESTRUCTURADAS CON FERROCEMENTO. Tesis Doctoral Daniel Alveiro Bedoya Ruíz. Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona España.

<sup>54</sup> EL FERROCEMENTO COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS. Nathalie Elizabeth Elías Salomoni. Universidad Nacional de Asunción Facultad de Arquitectura, Diseño y Arte. San Lorenzo Paraguay.

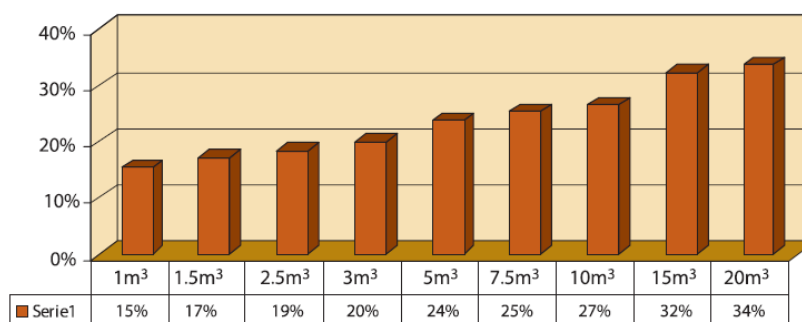
<sup>55</sup> EL FERROCEMENTO COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS. Nathalie Elizabeth Elías Salomoni. Universidad Nacional de Asunción Facultad de Arquitectura, Diseño y Arte. San Lorenzo Paraguay.



en comparación con uno convencional va en aumento si la capacidad es mayor como se muestra en la *Figura 3.12*. Los datos son resultado del Proyecto aplicado por SANBASUR (*Saneamiento Ambiental Básico en la Sierra Sur*) en la Sierra Sur del Perú aplicando la construcción de reservorios de agua potable en las comunidades rurales de la Región Cusco<sup>56</sup>.



**Figura 3.11** Inversiones en tanques de agua según volumen y tecnología aplicada<sup>57</sup>.



**Figura 3.12** Ahorros generados por la aplicación del ferrocemento en la construcción de depósitos de agua<sup>58</sup>.

### Tanques prefabricados

De los tanques que se pueden adquirir ahora existen diversos tipos y diversas compañías que ofrecen mejores productos para conservar la calidad del agua, implementan sistemas que impiden la reproducción de bacterias, el material con el que los hacen esta especialmente diseñado para soportar las condiciones climáticas, además de que los accesorios con los que cuenta

<sup>56</sup> EL FERROCEMENTO: UNA OPCIÓN TECNOLÓGICA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE AGUA. Saneamiento Ambiental Básico en la Sierra Sur, Water and Sanitation Program. Página 17

<sup>57</sup> Ídem, página 18

<sup>58</sup> Ídem

complementan el tratamiento del agua. Garantizan cero fugas, agrietamientos y fisuras, son productos ligeros y relativamente más baratos que los elaborados en sitio, con la desventaja de que ya cuentan con una dimensión establecida por el fabricante.

La siguiente tabla muestra el espacio necesario, donde se relaciona la altura con el diámetro de un tanque cilíndrico en función de la capacidad de almacenamiento, los diámetros están establecidos por las empresas que fabrican este tipo de tanques.

Volumen Lts.	Diámetro m.	Altura m.
3000	1.50	1.74
4000	1.50	2.00
5000	1.68	2.30
6000	1.68	2.75
7000	2.00	2.25
8000	2.00	2.55
10000	2.20	2.65

**Tabla 3.3** Dimensiones de tanques cilíndricos prefabricados<sup>59</sup>

El costo de una cisterna con una capacidad 10,000 litros marca Rotoplas es de \$ 18,770.00<sup>60</sup>.

### Dimensionamiento

Establecer las dimensiones del tanque de almacenamiento es una tarea primordial si se trata de captar la mayor cantidad de agua posible con las áreas de captación que se cuentan, el aprovechamiento de estas áreas como se expuso anteriormente puede dar por resultado una mayor cantidad de agua para recolectar, si el tanque de almacenamiento no es de las dimensiones adecuadas se pueden perder litros de agua muy valiosos destinados a alguna actividad. En proyectos pequeños no es necesario el dimensionamiento ya que si solo se pretende almacenar agua por corto tiempo no es relevante obtener una dimensión exacta, si por el contrario el objetivo es almacenar agua por lapsos relativamente largos se debe realizar un dimensionamiento que este en relación directa con el área de captación. Recordando que  $1\text{m}^3=1000$  litros<sup>61</sup>.

El método más sencillo para poder obtener las dimensiones es el multiplicar el ancho por el largo por la profundidad hasta obtener el volumen que se obtuvo del cálculo del área de captación, en cuanto a la profundidad no se recomienda alturas mayores de 2.5 mts.

<sup>59</sup> Fibratore, ingeniería en plástico reforzado. Disponible en: <http://www.fibratoresa.com/pdf/almacenamiento-agua.pdf> Consultado [20/09/10]

<sup>60</sup> Ferretera Construrama. Cotización 06/10/2013

<sup>61</sup> Captación de agua de lluvia en el hogar rural, Ricardo Andrés Radulovich, et. al. Costa Rica 1994. Pág.10

En el caso de la técnica de ferrocemento por la malla electrosoldada la altura recomendada es de 2.30 m ya que originalmente viene de 2.50 m pero los 20 cm restantes se doblan y amarran con la base y el volumen se calcula con la formula siguiente:

$$V = \pi r^2 h$$

Donde:

V= volumen del tanque

h= altura del tanque

r=radio del tanque

Cabe resaltar que de la misma forma como se lleva a cabo el cálculo para tanques cilíndricos se puede calcular para tanques o cisternas rectangulares.

### 3.5. Filtración

El proceso de filtración era ya conocido por los seres humanos primitivos cuando obtenía agua haciendo un agujero en la arena<sup>62</sup>. Ahora ese mismo principio pero a mayor escala y perfeccionado es utilizado en diversos países para quitar las impurezas del agua. Este proceso actualmente se encuentra implementado en Nicaragua donde el diseño permite el tratamiento de 200 litros por día<sup>63</sup>. Las ventajas que presenta este sistema es que no requiere válvulas o llaves y su operación es simple.

Los filtros son un medio por el cual se separa una mezcla a través de un medio poroso donde retiene la mayor parte de los componentes sólidos de la mezcla. Las aplicaciones de los procesos de filtrado se encuentran en la mayoría de las actividades que se realizan comúnmente que va desde la vida doméstica hasta aplicaciones en los procesos industriales. Clasificar los procesos de filtrado es extenso pero se puede tomar de la siguiente manera<sup>64</sup>:

- El mecanismo de la filtración.
- La naturaleza de la mezcla.
- La meta del proceso.
- El ciclo operacional.
- La fuerza impulsora.

---

<sup>62</sup> Filtros de agua. Disponible en: <http://www.salonhogar.com/ciencias/naturaleza/elagua/filtrosdeagua.htm> Consultado [20/09/10]

<sup>63</sup> Diseño de filtro casero para tratamiento de agua de consumo humano en comunidades indígenas de Guatemala. Ministerio de Salud Pública República de Guatemala. Disponible en: <http://www.cepis.ops-oms.org/bvsapi/e/paises/guatemala/filtro.pdf> Consultado [20/09/10]

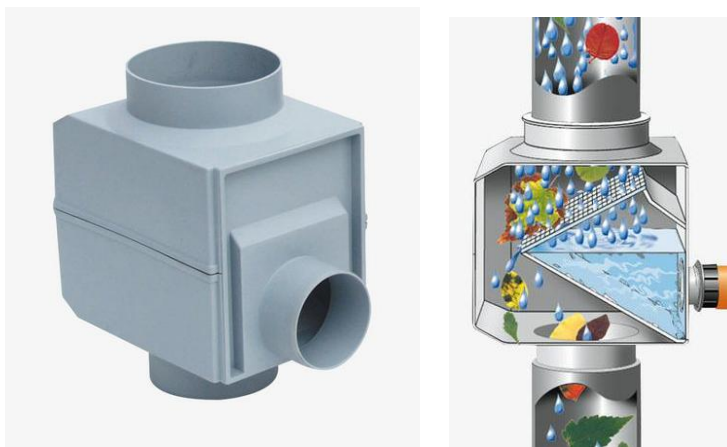
<sup>64</sup> Filtración. Disponible en: <http://es.wikipedia.org/wiki/Filtraci%C3%B3n> Consultado [21/09/10]

El medio filtrante es el elemento fundamental para este proceso ya que de él depende garantizar el funcionamiento del proceso. En cuanto a la selección del material del medio filtrante puede ser tomando en cuenta la compatibilidad y resistencia química con la mezcla, capacidad de retención de sólidos o relación vida útil y costo<sup>65</sup>.

La variedad es muy diversa y va desde telas y fibras tejidas, fieltros y fibras no tejidas, sólidos porosos o perforados, membranas poliméricas o sólidos particulados, a lo que se le unen la gran variedad de materiales como son las fibras naturales, sintéticas, materiales metálicos, cerámicos y polímeros.

### 3.5.1. Tipos y características de filtros

Existen algunos filtros especiales para el agua de lluvia los cuales incluyen un sistema de separación de sólidos<sup>66</sup>, unos son externos y otros de menos capacidad lo tienen integrado internamente. Los filtros de purificación de agua para consumo humano son más complejos en cuanto a su elaboración ya que debe garantizar agua de calidad para evitar enfermedades. Algunos tipos de filtros que se conocen como filtros de bajante<sup>67</sup> son más sencillos pero solo realizan las funciones de separación del agua de los residuos sólidos. Ofrecen un mínimo mantenimiento, son autolimpiables y conectan el contenedor de agua exterior.



**Imagen 3.13** Filtro de bajante (izquierda), funcionamiento interno (derecha).

Existen filtros que se elaboran de forma casera, con arena, grava, carbón activado y un recipiente. La capa de arena fina (*tamaño de la partícula 0.15 -0.35 mm*) actúa como una barrera física para atrapar partículas suspendidas, protozoos y helmintos. Estos contaminantes quedan atrapados

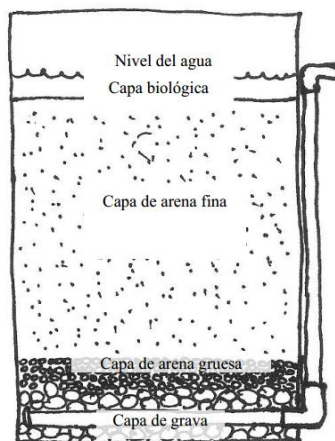
---

<sup>65</sup> Ídem

<sup>66</sup> Filtros para el agua de lluvia. GARANTIA. Disponible en: <http://www.jardin-garantia.es/recuperacion-agua-lluvia/filtros-para-el-agua-de-lluvia.html> Consultado [21/09/10]

<sup>67</sup> Filtros de bajante. GARANTIA. Disponible en: <http://www.jardin-garantia.es/recuperacion-agua-lluvia/filtros-de-bajante.html> Consultado [21/09/10]

entre los granos de arena y rellenan los espacios, permitiendo que el filtro atrape con el tiempo partículas más pequeñas. En la medida en que el tamaño de la partícula de arena aumenta, la profundidad de la capa también aumenta. Las capas de arena gruesa y grava ayudan a filtrar más el agua y evitar que la arena fina se escape con el agua o que tape la salida.



**Imagen 3.14** Filtro casero para agua.

Los filtros purificadores de agua que se comercializan en el mercado son principalmente cuatro, estos fueron probados por la PROFECO<sup>68</sup> para analizar sus características y calidad.

- Filtros de purificación de ozono: Emplean este agente oxidante que además clarifica y desinfecta, elimina los hongos y las bacterias aun mejor que el cloro. Las desventajas son que el mantenimiento es elevado, requieren mantenimiento constante, una instalación especial y además consumen energía eléctrica.
- Filtros purificadores de cerámica: El costo es bajo y el mantenimiento sencillo, la desventaja es que retienen únicamente materia en suspensión, como sedimentos o basura, dejan pasar los gérmenes y bacterias ya que no cuentan con ningún tipo de esterilizante.
- Filtros purificadores de luz ultravioleta: Purifican el agua en varias etapas, el mantenimiento de este filtro es elevado ya que es indispensable cambiar los filtros y la lámpara UV lo cual se traduce en un consumo adicional de electricidad.
- Filtros purificadores de cápsula: Son bacteriológicos, retienen sedimentos y químicos diluidos, así como la materia orgánica, olores y sabores. Son económicos, requieren mínimo mantenimiento, necesitan retrolavarse cada tres meses, son desechables y deben de ser cambiados cuando su vida útil haya terminado.

La siguiente tabla indica la función de los filtros de acuerdo con los elementos y medios filtrantes que los componen para poder identificar si se trata de un purificador de agua bactericida, bacteriostático o simplemente de un filtro para mejorar el sabor del agua después de remover los sedimentos, el cloro y otros contaminantes.

☀ Destruye

🌍 Inhibe

🟡 Retiene

🌍🟡 Retiene /inhibe

<sup>68</sup> Calidad de filtros purificadores de agua. Revista del consumidor N° 281, Julio 2000

Medios filtrantes	Bacteria coli-formes	Virus	Giarda cysticercos	Amibas	Salmonela	Sabor olor/color	THM's	Compuestos Voc's/Toc's	Compuestos halogenados	Pesticidas fenoles	Plomo cadmio	Calcio magnesio	Asbestos	Yodo	Cloro
Cerámicas de cuarzo o plata	●●	●●	●●	●●	●●								●		
Mallas submicrónicas	●	●	●	●	●								●		
Pastillas cloro	✳	✳	✳	✳	✳										
Resinas yodadas	✳	✳	✳	✳	✳										
Generador a base de ozono	✳	✳	✳	✳	✳										
Lámparas ultravioleta	✳	✳	✳	✳	✳										
Carbón activado						●	●	●	●	●				●	●
Carbón extruido						●	●	●	●	●			●		●
Carbón activado impregnado con plata	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●					●
Yodasorb Resinas suavizadoras												●			
Membrana de osmosis inversa	●	●	●	●	●	●		●		●	●	●	●		
Cerámicas simples	●			●	●								●		
KDF-55							●	●	●	●	●	●			●
Leadout							●				●				

Tabla 3.4 Filtros purificadores de agua<sup>69</sup>.

<sup>69</sup> Calidad de filtros purificadores de agua. Revista del consumidor N° 281, Julio 2000

### **3.6. Ventajas y desventajas**

#### **Ventajas de un sistema de captación de agua pluvial:**

- El agua de lluvia es gratis, la inversión que hay que realizar es en la captación y almacenamiento.
- La baja o nula dureza del agua de lluvia ayuda a aumentar la escala en aplicaciones, extendiendo su uso. El agua de lluvia elimina la necesidad de un suavizador de agua.
- El agua de lluvia está libre de sodio.
- El agua de lluvia por sus características de origen se considera óptima para el riego.
- Los sistemas requieren poco mantenimiento.
- El agua de lluvia provee una fuente de agua cuando es temporada de estiaje o cuando hay escasez del agua subterránea.
- El agua de lluvia se recolecta y almacena cerca del edificio o casa que la consume, lo cual elimina la necesidad de sistemas de distribución costoso y complejo.
- Tiene un costo mucho menor, que el de las redes hidráulicas públicas, tanto en la inversión primaria como en el costo de mantenimiento, reparación y ampliación del sistema de redes.
- Puede aplicarse prácticamente de inmediato a todas las comunidades urbanas que no cuenten con redes de agua potable.
- No impacta al subsuelo (con la extracción acelerada) ni a los ríos y sus ecosistemas (con el desvío y entubamiento de estos) ya que su fuente principal viene de la lluvia. Por tanto se mantienen los mantos acuíferos en mejores condiciones al tener una menor necesidad de extracción.
- Evita la necesidad de construir nuevas presas.
- Reduce los costos de operación y mantenimiento de las redes municipales.

#### **Desventajas de un sistema de captación de agua pluvial:**

- El costo inicial de la construcción o adecuación al sistema que ya existe puede llegar a ser una inversión fuerte. Aunque esta dependerá de la construcción o modificaciones que se tengan que hacer en cada caso.
- La disponibilidad del agua es limitada; por la cantidad de precipitación pluvial en cada ciudad, por el tamaño de la superficie de captación y por el tamaño del medio de almacenamiento.
- Fuentes suplementarias de agua pueden ser necesarias en algunas temporadas del año.
- Se requiere contar con un espacio considerable para colocar los tanques de almacenamiento, si se pretende ser autosuficiente se necesita un área de captación mucho mayor para poder coleccionar una gran cantidad de agua considerando que se cuenta con el espacio suficiente para los tanques.

### 3.7. Análisis

Para concretar lo expuesto en los dos últimos capítulos se presenta el siguiente análisis donde se abarcan los sistemas tanto antiguos como actuales y se analizan los factores que intervienen durante el proceso de implementación:

- Factores Culturales: análisis de hábitos del usuario y su relación con el producto.
- Factores Histórico y tecnológico: contexto histórico en el que se encuentra, ubicación tiempo lugar.
- Factores Armónicos: todo aquello que tiene que ver con la apariencia (textura, forma, color, etc.)
- Factores Funcionales: forma en que se utiliza, duración del producto, ergonomía, características generales.
- Factores Sociales: qué significa para la sociedad.

Sistema de captación de aguas pluviales en la antigüedad

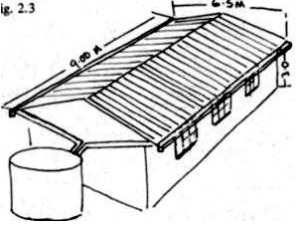
Factores culturales	Factores históricos, tecnológicos	Factores armónicos	Factores funcionales	Factores sociales
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Integrada a la forma de vida en la época de los griegos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Surge como necesidad de abastecimiento de agua para beber.</li> <li>• Principalmente integrada a la construcción</li> <li>• Generalmente de piedra</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Integrada a los edificios</li> <li>• Piedra</li> <li>• Principalmente funcional antes que estético.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Principalmente funcional</li> <li>• Recolecta el agua y lo almacena en un contenedor al aire libre</li> <li>• Ocupa mucho espacio</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Era uno de los únicos medios para abastecerse de agua dulce</li> <li>• Contribuía con el medio ambiente</li> </ul>

Sistema de captación de aguas pluviales actual a nivel población.

Imagen	Factores culturales	Factores históricos, tecnológicos	Factores armónicos	Factores funcionales	Factores sociales
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Para el abastecimiento de un recurso cada vez más escaso y la falta de cultura para cuidarlo y racionarlo</li> <li>• Es poco aceptada por las personas</li> <li>• Ayuda para realizar aproximadamente el 50% de las actividades diarias.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adaptación de los sistemas antiguos para el abastecimiento de agua para beber.</li> <li>• Materiales antibacteriales y con un factor de escurrimiento alto</li> <li>• Principalmente acondicionadas en poblaciones sin servicio de agua potable, debido a la lejanía.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Completamente apartada de la población</li> <li>• Materiales plásticos, membranas</li> <li>• Principalmente funcional antes que estético.</li> <li>• De dimensiones muy grandes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Principalmente funcional</li> <li>• Recolecta el agua y lo almacena en un contenedor debidamente cubierto para evitar la contaminación con materia orgánica</li> <li>• Dimensiones calculadas para abastecer a todos los habitantes de la población.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ayuda a fomentar la conciencia del cuidado del agua</li> <li>• Contribuye al reabastecimiento de los mantos freáticos</li> <li>• Evita la erosión del suelo en el área de captación que cubra.</li> </ul>



Sistema de captación de aguas pluviales actual a nivel casa habitación.

Imagen	Factores culturales	Factores históricos, tecnológicos	Factores armónicos	Factores funcionales	Factores sociales
 <p>ig. 2.3</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Para el abastecimiento de un recurso cada vez más escaso y la falta de cultura para cuidarlo y racionarlo</li> <li>• Es poco aceptada por las personas</li> <li>• Ayuda para realizar aproximadamente el 50% de las actividades diarias.</li> <li>• No es común colocarlas a nivel de casa habitación por el problema del almacenamiento que requiere un área significativa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adaptación de los sistemas antiguos para el abastecimiento de agua para beber.</li> <li>• Materiales antibacteriales y con un factor de escurrimiento alto</li> <li>• Principalmente implementadas en poblaciones rurales.</li> <li>• Sistema muy utilizado hasta que fue desplazado por el agua entubada principalmente ciudades.</li> <li>• Materiales principalmente canaletas de PVC y tinacos o cisternas para su almacenamiento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Principalmente funcional antes que estético.</li> <li>• No se cuenta con materiales que se adapten a las casas habitación.</li> <li>• Solo existen estándares en medidas y formas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Principalmente funcional</li> <li>• Recolecta el agua de los techos y lo almacena en una cisterna o tinaco.</li> <li>• Solo recolecta la cantidad dependiendo del tamaño del techo de la casa, lo cual puede reducir la disponibilidad de agua para consumo.</li> <li>• Las canaletas deben estar libres de materia orgánica que pueda llegar hasta el contenedor.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se considera un método alternativo para el autosuministro de agua</li> <li>• Es considerado un sistema solo para poblaciones rurales</li> <li>• Falta de concientización de las personas por el cuidado del agua y la utilización del agua pluvial como alternativa.</li> <li>• Costos elevados de la implementación del sistema.</li> <li>• Bajo costo del agua potable.</li> </ul>

# Capítulo 4

---





## La situación del agua en el Estado de Oaxaca

México comparte la frontera por el norte con Estados Unidos y por el sureste con Guatemala y Belice, cuenta con una superficie continental de 1,959,248 km<sup>2</sup>, esto lo ubica dentro de los primeros catorce países del mundo con mayor territorio y el segundo en América<sup>70</sup>, es el único país que cuenta con dos golfos en dos océanos, desde el Golfo de California, también llamado como el Mar de Cortés dentro del Océano Pacífico hasta el Golfo de México en el Océano Atlántico.

El relieve dentro del país se caracteriza por ser muy accidentado y contener múltiples volcanes. Principalmente el territorio es recorrido por las sierras Madre Oriental y Madre Occidental. Los accidentes geográficos más visibles del territorio son la península de Baja California, en el noroeste, la península de Yucatán, la sierra madre del Sur. Al oriente, atravesando la intrincada Sierra Mixteca, se encuentran los Valles Centrales de Oaxaca, rodeados por montañas que complican el acceso y las comunicaciones.

México es un país con una gran diversidad climática que se encuentran divididas claramente por el trópico de Cáncer, el cual separa una zona tropical y una templada. Es posible encontrar desde climas fríos en las altas montañas hasta calurosos en las costas. La estación húmeda comprende los meses de Mayo a Octubre y en promedio llueve durante 70 días al año<sup>71</sup>. México alberga numerosos lagos y lagunas en su territorio de tamaños considerablemente grandes.

Los principales tipos de climas dentro del territorio nacional son 6 de acuerdo son la información proporcionada por el INEGI los cuales se muestran en la siguiente tabla.

Color	Principales tipos de climas
	Cálido húmedo
	Cálido sub-húmedo
	Seco
	Muy seco
	Templado sub-húmedo
	Templado húmedo

**Tabla 4.1** Tipos de climas en el Territorio Nacional<sup>72</sup>.

<sup>70</sup> Geografía de México. Disponible en: [http://es.wikipedia.org/wiki/M%C3%A9xico#Geograf.C3.ADA\\_f.C3.ADsica](http://es.wikipedia.org/wiki/M%C3%A9xico#Geograf.C3.ADA_f.C3.ADsica) Consultado [01/10/10]

<sup>71</sup> Ídem

<sup>72</sup> Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, Dirección General de Geografía, Cartas de Tipos de Clima.



**Imagen 4.1** Distribución climática en el Territorio Nacional.

Los elementos que marcan la diferencia son el relieve y la altitud, esta última marca la división entre las áreas cálidas, templadas y frías. Las áreas cálidas van desde el nivel del mar hasta los 800 msnm, las áreas templadas comienzan desde los 800 a 1700 msnm aunque por encima de los 1500 msnm hay riesgo de heladas, los climas fríos empiezan desde los 1700 msnm<sup>73</sup>.

Cabe destacar que los climas anteriormente expuestos se encuentran clasificados de forma general, cada uno de los estados contienen sus propios subclimas como se verá más adelante en el caso del estado de Oaxaca. Las lluvias varían de acuerdo a las regiones, la siguiente tabla e imagen muestran la precipitación media en el territorio mexicano.

Color	Precipitación anual (mm)
Yellow	0-100
Orange	100-300
Light Green	300-600
Green	600-1000
Dark Green	1000-2000
Blue	2000-4000
Purple	>4000

**Tabla 4.2** Precipitación anual<sup>74</sup>.

<sup>73</sup> Clima y zonas agro-ecológicas. Ricardo Améndola, et. al. Disponible en: [http://www.fao.org/ag/AGP/agpc/doc/Counprof/spanishtrad/Mexico\\_sp/Mexico\\_sp.htm](http://www.fao.org/ag/AGP/agpc/doc/Counprof/spanishtrad/Mexico_sp/Mexico_sp.htm) Consultado [02/10/10]

<sup>74</sup> Instituto Nacional de Estadística e Informática. Dirección General de Geografía. Cartas de precipitación Total Anual



**Imagen 4.2** *Precipitación anual.*

La precipitación anual constituye una parte importante del ciclo hidrológico, ya que produce el agua renovable del planeta, aún cuando varía regional y estacionalmente.

El agua renovable se debe analizar desde tres perspectivas<sup>75</sup> de acuerdo a la CONAGUA:

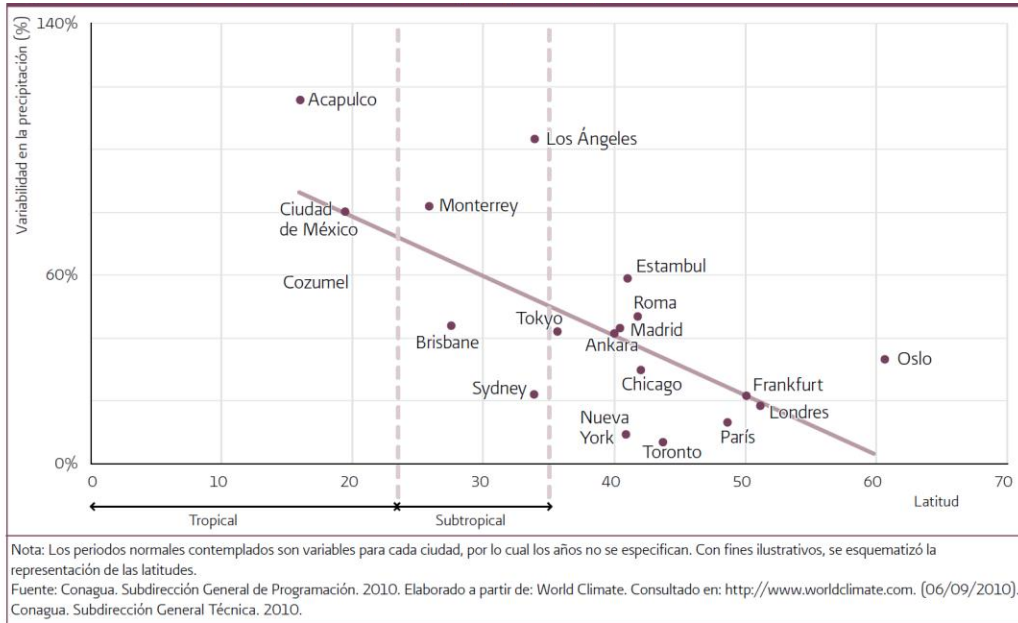
- Distribución temporal, ya que en México existen grandes variaciones del agua renovable a lo largo del año.
- Distribución espacial, porque en algunas regiones del país ocurre precipitación abundante y existe una baja densidad de población, mientras que en otras sucede el efecto contrario.
- Área de análisis, porque la problemática del agua y su atención es predominantemente de tipo local.

La imagen siguiente muestra la interrelación que existe entre la cantidad de precipitación y la latitud poniendo como ejemplo a diversas ciudades del mundo. Las ciudades a mayores latitudes se caracterizan por tener una precipitación pluvial uniforme a lo largo del año, en tanto que las ciudades más cercanas al ecuador, tienen una precipitación pluvial acentuada en el verano<sup>76</sup>.

---

<sup>75</sup> ESTADÍSTICAS DEL AGUA EN MÉXICO, edición 2011, CONAGUA. Pág. 45. Disponible: <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/SGP-1-11-EAM2011.pdf> [Consultado 15/10/2011]

<sup>76</sup> ESTADÍSTICAS DEL AGUA EN MÉXICO, edición 2011, CONAGUA. Pág. 45. Disponible: <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/SGP-1-11-EAM2011.pdf> [Consultado 15/10/2011]



**Imagen 4.3** Interrelación entre la variabilidad de la precipitación y latitud<sup>77</sup>.

Teniendo en cuenta lo anterior desde 1997 CONAGUA dividió en 13 Regiones Hidrológico-Administrativas (RHA) al país, las cuales están formadas por agrupaciones de cuencas, consideradas las unidades básicas de gestión de los recursos hídricos.

Los municipios que conforman cada una de las RHA están indicados en el Acuerdo de Circunscripción Territorial de los Organismos de Cuenca publicado en el Diario Oficial de la Federación<sup>78</sup>. Las 13 RHA son:

**Regiones Hidrológico Administrativas**

I	Península de Baja California
II	Noroeste
III	Pacífico Norte
IV	Balsas
V	Pacífico Sur
VI	Río Bravo
VII	Cuencas Centrales del Norte
VIII	Lerma-Santiago-Pacífico

<sup>77</sup> ídem, pág. 116

<sup>78</sup> ESTADÍSTICAS DEL AGUA EN MÉXICO, edición 2011, CONAGUA. Pág. 13. Disponible: <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/SGP-1-11-EAM2011.pdf> [Consultado 15/10/2011]

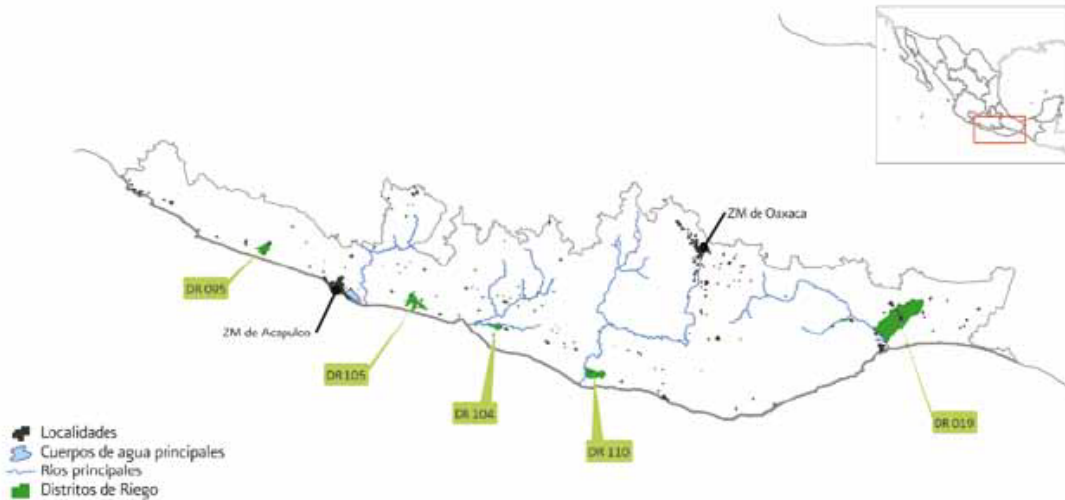
IX	Golfo Norte
X	Golfo Centro
XI	Frontera Sur
XII	Península de Yucatán Aguas del Valle de México
XIII	Aguas del Valle de México

**Tabla 4.3** Regiones Hidrológico-Administrativas (RHA)<sup>79</sup>.

El estado de Oaxaca es sede de la RHA del Pacífico Sur y de acuerdo con los datos de la CONAGUA en su publicación de Estadísticas del Agua en México menciona que el agua renovable media en esta región es de 32 mil 824 millones de metros cúbicos por año<sup>80</sup>.

CONAGUA lleva un registro de cada una de las RHA, muestra los datos generales que corresponde al destino de los recursos hídricos<sup>81</sup>.

Región hidrológico-administrativa: V. Pacífico Sur		Organismo de cuenca con sede en: Oaxaca, Oaxaca	
<b>Datos de contexto</b>		<b>Agua renovable (2009)</b>	
Número de municipios	363	Precipitación normal anual 1971-2000	1 187 mm
Población total 2009	4 127 573 habitantes	Escorrentamiento medio superficial	30 800 hm <sup>3</sup> /año
Urbana	2 416 949 habitantes	Número de acuíferos	35
Rural	1 710 624 habitantes	Recarga media de acuíferos	2 024 hm <sup>3</sup> /año
Población total 2030	4 021 577 habitantes	Agua renovable per cápita, 2009	7 952 m <sup>3</sup> /hab/año
Distritos de Riego	5	Agua renovable per cápita, 2030	8 162 m <sup>3</sup> /hab/año
Superficie	75 389 hectáreas	Grado de presión, 2009	4.2% (Sin estrés)



<sup>79</sup> ESTADÍSTICAS DEL AGUA EN MÉXICO, edición 2011, CONAGUA. Pág. 14. Disponible: <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/SGP-1-11-EAM2011.pdf> [Consultado 15/10/2011]

<sup>80</sup> Ídem, página 110

<sup>81</sup> Ídem, pág. 132

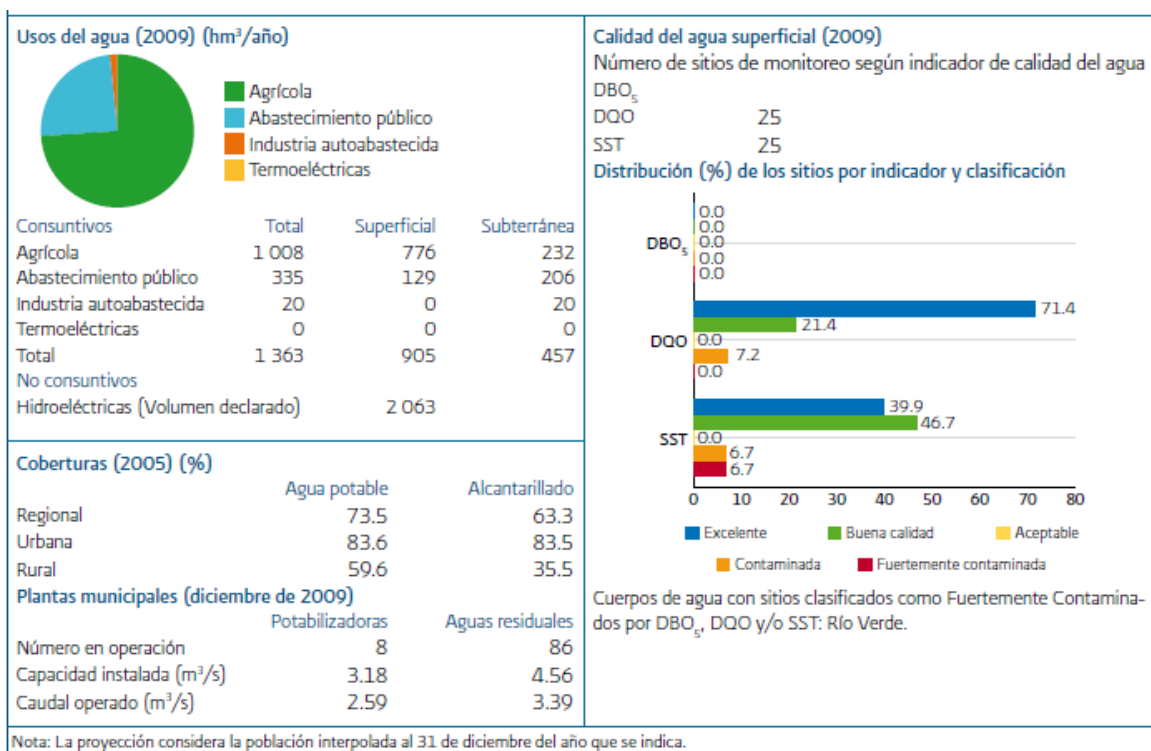


Imagen 4.4 Región hidrológico-administrativa: V. Pacífico Sur.

## 4.1. Características climáticas del estado de Oaxaca

El estado de Oaxaca se ubica al sur del país, colinda con los estados de Guerrero, Puebla, Veracruz y Chiapas. Es el quinto estado más grande del país, contiene una rica composición multicultural. El clima cambia de una región a otra, es uno de los estados más montañosos del país ya que es el punto donde se cruzan la Sierra Madre Oriental, la Sierra Madre del Sur y la Sierra Atravesada. El río más importante es el Papaloapan. Las cadenas montañosas sirven como barreras para los vientos que proceden del Golfo de México y del Océano Pacífico. El estado presenta una amplia variedad climática donde existen climas Cálidos, semicálidos, templados, semifríos, semisecos y secos.

La combinación de la temperatura, la orografía, la cantidad de lluvia y su distribución a lo largo del año dan como resultado distintos tipos de clima<sup>82</sup>. La siguiente tabla muestra la distribución porcentual de los climas en el estado de Oaxaca.

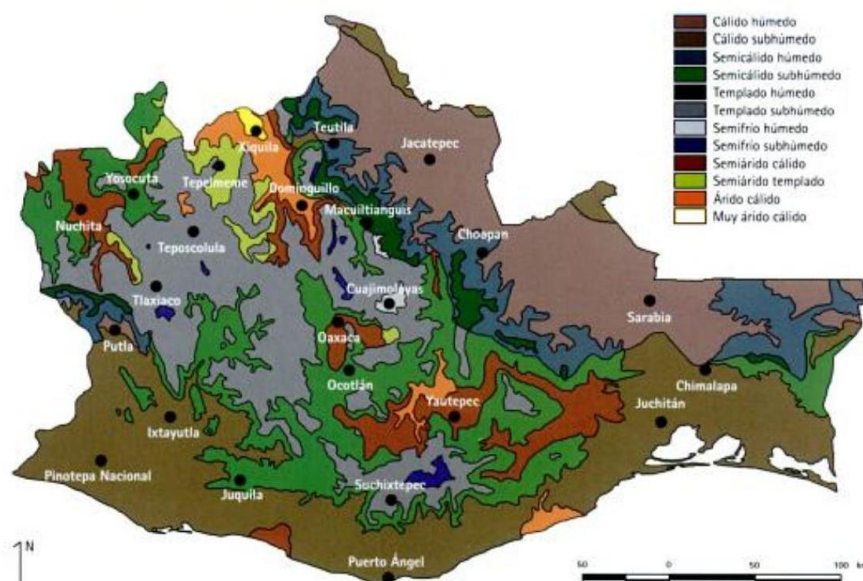
Tipo de clima	Símbolo	Superficie cubierta (%)
Cálido húmedo	A(f)	4.29
Cálido húmedo	Am(f)	0.47
Cálido húmedo	Am	11.58

<sup>82</sup> Biodiversidad de Oaxaca. Abisaf J. García Mendoza, et. al. Primera Edición 2004, Editorial Redacta Pág. 75



Cálido subhúmedo (más húmedo)	Aw <sub>2</sub>	7.79
Cálido subhúmedo (intermedio)	Aw <sub>1</sub>	7.43
Cálido subhúmedo (menos húmedo)	Aw <sub>0</sub>	9.79
Semicálido húmedo	(A)Cf	2.16
Semicálido húmedo	(A)C(m)(f)	0.22
Semicálido húmedo	(A)C(m)	4.88
Semicálido subhúmedo (más húmedo)	(A)C(w <sub>2</sub> )	4.44
Semicálido subhúmedo (intermedio)	(A)C(w <sub>1</sub> )	5.61
Semicálido subhúmedo (menos húmedo)	(A)C(w <sub>0</sub> )	8.34
Templado húmedo	C(f)	0.53
Templado húmedo	C(m)	1.74
Templado subhúmedo (más húmedo)	C(w <sub>2</sub> )	5.91
Templado subhúmedo (intermedio)	C(w <sub>1</sub> )	7.88
Templado subhúmedo (menos húmedo)	C(w <sub>0</sub> )	4.70
Semifrío húmedo	Cb'(m)	0.23
Semifrío subhúmedo (más húmedo)	Cb'(w <sub>2</sub> )	0.43
Semifrío subhúmedo (intermedio)	Cb'(w <sub>1</sub> )	0.02
Semiárido cálido	BS1(h')w	4.61
Semiárido Semicálido	BS1hw	2.48
Semiárido templado	BS1kw	1.86
Árido cálido	BS0(h')w	1.73
Árido Semicálido	BS0hw	0.70
Muy árido cálido	BW(h')w	0.20

**Tabla 4.4** Distribución climática en el estado de Oaxaca<sup>83</sup>.



**Imagen 4.5** Distribución climática en el estado de Oaxaca.

<sup>83</sup> Ídem Pág. 74

De acuerdo con el INEGI la precipitación en el estado de Oaxaca de 2000 a 2009 los resultados son:

Año	Cantidad (mm)
2000	1519.0
2001	1737.6
2002	1499.0
2003	1466.7
2004	1340.4
2005	1618.1
2006	1270.3
2007	1212.7
2008	1747.0
2009	1267.8

**Tabla 4.5** *Precipitación pluvial promedio en el Estado de Oaxaca.*

De acuerdo al INEGI, Oaxaca ocupa el quinto lugar después de Chiapas, Tabasco, Veracruz y Nayarit en el 2009 en precipitación promedio<sup>84</sup>.

Aun cuando se encuentra dentro de los primeros cinco lugares la distribución de las lluvias no es igual en el territorio oaxaqueño. La distribución de los climas afecta de forma distinta las diversas regiones del estado<sup>85</sup>.

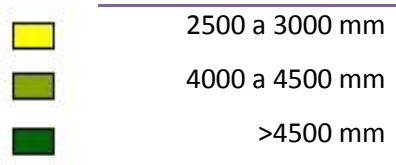
En cuanto a las precipitaciones dentro del estado el mapa de la imagen 4.6 muestra su distribución<sup>86</sup> junto con los rangos en los cuales se encuentran, con esto se puede observar la similitud con la distribución de los climas.



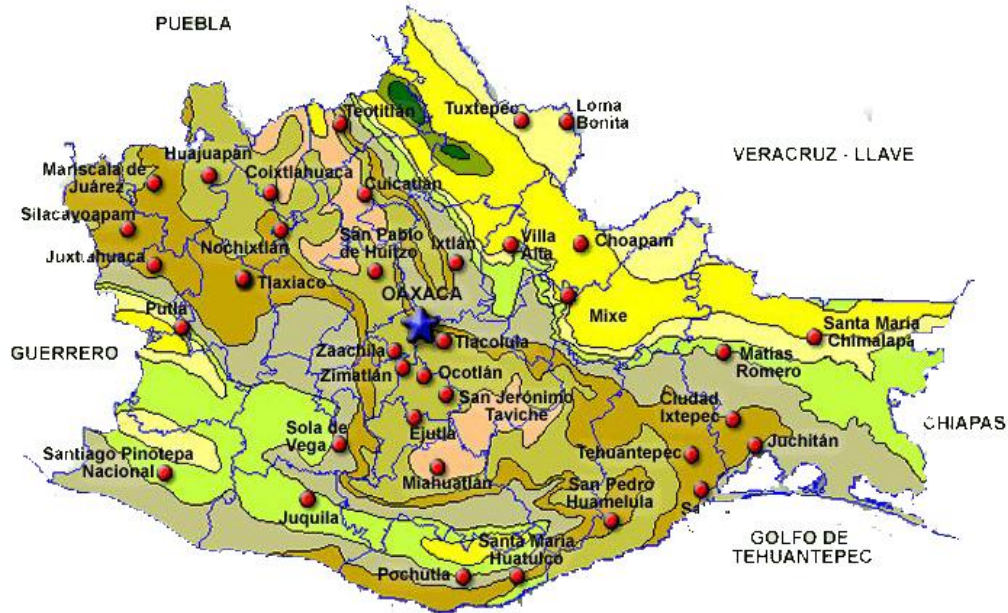
<sup>84</sup> Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Precipitación anual por entidad federativa, 2000 a 2009

<sup>85</sup> Oaxaca. Disponible en: <http://es.wikipedia.org/wiki/Oaxaca> Consultado [02/10/10]

<sup>86</sup> Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Mapa de precipitación promedio anual.



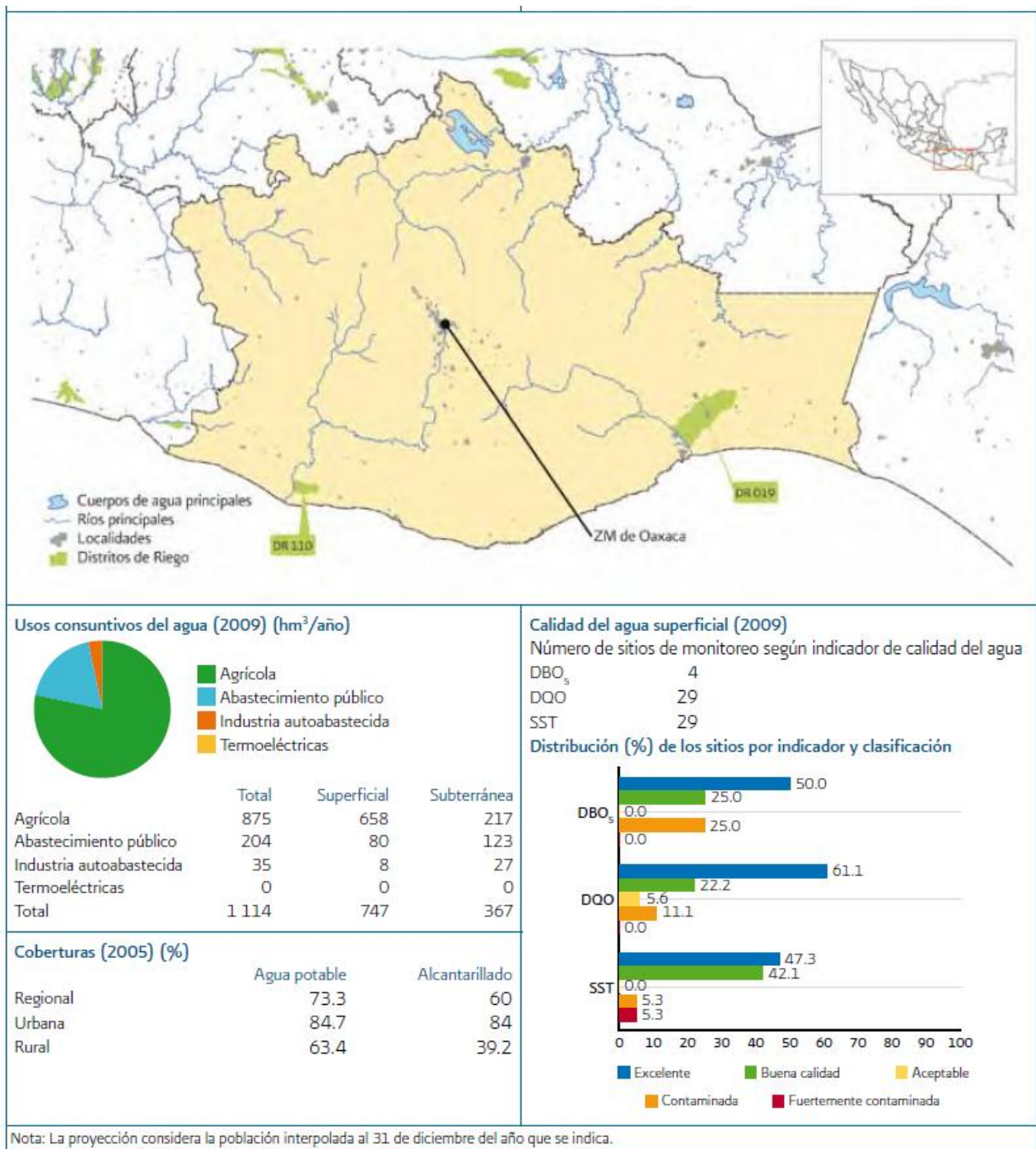
**Tabla 4.6** Distribución de la precipitación pluvial promedio anual en el Estado de Oaxaca.



**Imagen 4.6** Precipitación promedio anual.

Como se mencionó anteriormente el Estado de Oaxaca pertenece a la RHA del Pacífico Sur y al igual que con las RHA la CONAGUA integra un análisis de los recursos hídricos de cada una de las entidades federativas que conforman el país para conocer la demanda que se ejerce y así poder estimar la presión sobre los cuerpos de agua.

20. Oaxaca			
<b>Datos de contexto</b>		<b>Plantas (diciembre de 2009)</b>	
Número de municipios	570	Potabilizadoras municipales	
Población total 2009	3 549 706 habitantes	Número en operación	6
Urbana	1 693 252 habitantes	Capacidad instalada (m <sup>3</sup> /s)	1.291 m <sup>3</sup> /s
Rural	1 856 454 habitantes	Caudal operado (m <sup>3</sup> /s)	0.771 m <sup>3</sup> /s
Población al 2030	3 402 505	Aguas residuales	
Precipitación normal anual 1971-2000	1 183 mm	Número en operación	Municipales      Industriales
		Capacidad instalada (m <sup>3</sup> /s)	66                      15
		Caudal tratado (m <sup>3</sup> /s)	1.510                  1.221
			0.986                  0.901



**Imagen 4.7 Datos relevantes por Entidad Federativa<sup>87</sup>.**

<sup>87</sup> ESTADÍSTICAS DEL AGUA EN MÉXICO, edición 2011, CONAGUA. Pág. 160. Disponible: <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/SGP-1-11-EAM2011.pdf> [Consultado 15/10/2011]

## 4.2. Selección de casos de estudio

Para poder seleccionar los casos de estudio se toma en cuenta la precipitación media anual como característica más importante por el tipo de investigación, la distancia de traslado desde la capital del Estado y los diversos climas que se presentan; para ejemplificar los diversos climas presentes en el Estado de Oaxaca y en base a la precipitación, se tomarán tres comunidades, para lo cual se tomará una donde la precipitación media anual sea alta, otra comunidad donde se presente de forma moderada y por último una donde sea escasa, así se tendrá un panorama más completo.

El caso donde la precipitación pluvial es abundante se decide tomar la comunidad de Francisco I. Madero agencia de Santiago Xiacui perteneciente al distrito de Ixtlán de Juárez. Para la precipitación pluvial media se consideró la comunidad llamada La Cumbre Clavellinas perteneciente al distrito de Zimatlán de Álvarez. Y con precipitación pluvial escasa se tomó la comunidad de Santo Domingo Yanhuitlán del distrito de Nochixtlán, en cada uno de los casos se levantó un registro fotográfico para conocer las características de las viviendas.

Comunidades	Distrito	Precipitación Media Anual (mm)*	Distancia (Km) **	Clima
Francisco I. Madero	Ixtlán de Juárez	966.1	90	Semifrío húmedo
La Cumbre Clavellinas	Zimatlán de Álvarez	727.4	35	Templado Subhúmedo
Santo Domingo Yanhuitlán	Nochixtlán	446.9	90	Semiárido cálido

\* De acuerdo con las normales Climatológicas<sup>88</sup>.

\*\* Desde el Centro de la Ciudad de Oaxaca al centro de las comunidades

**Tabla 4.7** Características de las comunidades representativas.

## 4.3. Características de las viviendas

### Francisco I. Madero

Se encuentra localizado a 2,280 m de altitud, la temperatura promedio es de 12 C°, se encuentra en la región de la Sierra Norte, pertenece al distrito de Ixtlán de Juárez, sus coordenadas geográficas son 17° 17' de latitud norte y 96° 17' de latitud oeste, limita al norte con Natividad y Capulalpam de Méndez, al sur con Santa María Yavesía, al oeste con San Miguel Amatlán y al este con Santiago Laxopa<sup>89</sup>. La marginación es media, cuenta con 274 habitantes de los cuales la mayor

<sup>88</sup> Normales Climatológicas. Servicio Meteorológico Nacional. Disponible en: [http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=183&tmpl=component](http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=183&tmpl=component) Consultado [27/09/2013]

<sup>89</sup> Santiago Xiacui, Oax, Disponible en: [<http://www.mapascarreteras.com.mx/oax/santiago-xiacui.html>]

parte son hombres. Del total 159 son adultos y solo una pequeña parte tiene más de 60 años. La mayoría de los jóvenes tiene escolaridad incompleta.

Las actividades económicas son la agricultura de temporal donde obtienen maíz y frijol, ganadería y minería ya que se dedican a la explotación de oro y plata<sup>90</sup>.

La estructura de las viviendas conserva un estilo uniforme con estructuras de concreto, paredes de ladrillo o tabicón, diseño cuadrado o rectangular, principalmente de una sola planta, la distribución de los espacios está dada de acuerdo a la forma del terreno, los espacios de las recamaras, comedor y cocina no están conectados o dentro del mismo espacio construido por lo cual se debe salir para así poder ingresar a un espacio distinto; el sanitario es un espacio que se encuentra completamente alejado de la vivienda en los casos donde no se cuenta con drenaje. Los techos son de lámina a una o dos aguas y con pocas excepciones de losa plana de concreto armado. Solo en algunos casos las casas están construidas totalmente con lámina.

Por la localización, las características geográficas y climáticas de la población, vegetación abundante y espesa rodea a esta comunidad, llueve abundantemente, las temperaturas son bajas, la humedad es abundante, todo esto propicia la descomposición de las hojas que caen de los árboles y que se acumulan en los techos donde la pendiente no permite que resbalen por la superficie provocando que toda esa materia orgánica se acumule en los techados y caiga al suelo cuando la lluvia es fuerte, la materia orgánica contenida en el agua aumenta.



**Imagen 4.8** Edificaciones típicas de la comunidad de Francisco I. Madero

Foto: Sarai Francisca Guzmán Ruíz

<sup>90</sup> Enciclopedia de los municipios de México. Estado de Oaxaca. Santiago Xiacui. Disponible en: <http://www.inafed.gob.mx/work/templates/enciclo/oaxaca/municipios/20496a.html> Consultado [12/10/10]



**Imagen 4.9 a)** *La geografía de la comunidad determina la distribución y el estilo arquitectónico de las edificaciones, ya que algunas son construcciones verticales. b)* *Techos de las viviendas, en su mayoría elaborados con lámina y a una o dos aguas.*

*Fotos: Sarai Francisca Guzmán Ruíz.*



**Imagen 4.10** *Condiciones climáticas de la comunidad.*

*Foto: Sarai Francisca Guzmán Ruíz.*

En la última fotografía se puede apreciar la cantidad de humedad que existe en el lugar, la escases de agua no es muy frecuente en esta localidad, pero el servicio público aún no está disponible para

toda la comunidad. La mayoría de las viviendas cuenta con al menos un medio de almacenamiento. La precipitación pluvial anual de esta comunidad es de 966.1 milímetros<sup>91</sup>.

Una vez analizadas las características físicas y climáticas de la comunidad, es posible determinar la forma en la cual se ha de implementar de forma específica el sistema para captar las aguas pluviales en esta comunidad, los techos de lámina poseen un porcentaje de escurrimiento del 90% lo que garantiza que la mayor parte del volumen de agua será conducida al tanque de almacenamiento, las canaletas y tubería transportan las aguas pluviales hasta su almacenamiento final; por las características climáticas en las que se encuentra la comunidad el uso de un filtro podría evitar que materia orgánica llegue al tanque de almacenamiento y al mismo tiempo la reproducción de microorganismos; el tanque de almacenamiento será en base al espacio disponible y a la cantidad de agua que se necesite. En casos especiales las viviendas cuentan con losa plana y poseen bajadas de aguas pluviales, es posible aprovecharlas para filtrar y conducir el líquido hasta el tanque de almacenamiento, una limpieza previa a la temporada de lluvias disminuye la cantidad de materia orgánica que podría llegar hasta el tanque de almacenamiento.

El uso de las aguas pluviales recomendables para esta comunidad son: lavar el automóvil que por las condiciones geográficas y la localización de la comunidad en su mayoría se trata de camionetas o automóviles de gran tamaño, lavar ropa con agua de lluvia es factible ya que no es necesario que sea potable, lavar los utensilios de cocina o cualquier tipo de recipiente es factible ya que se agrega el detergente para llevar a cabo esta actividad, bañar a las mascotas con esta agua reduce el consumo de agua potable que puede ser utilizada en una actividad donde realmente sea necesaria ya que para las mascotas solo se necesita que esté limpia sin un grado específico de potabilización, limpiar la casa con el agua captada reducirá el consumo del suministro público ya que la finalidad es quitar los residuos de tierra y polvo que se acumulan en los muebles y pisos de la vivienda por lo cual, el agua al final del proceso solo podría servir para el riego de plantas por contener una gran cantidad de residuos sólidos. En el caso de las viviendas que no cuenten con una conexión a la red de drenaje sanitario, no se puede aplicar el suministro para dicho fin ya que en estos casos se implementa la fosa séptica para la cual no es necesario el suministro de agua.

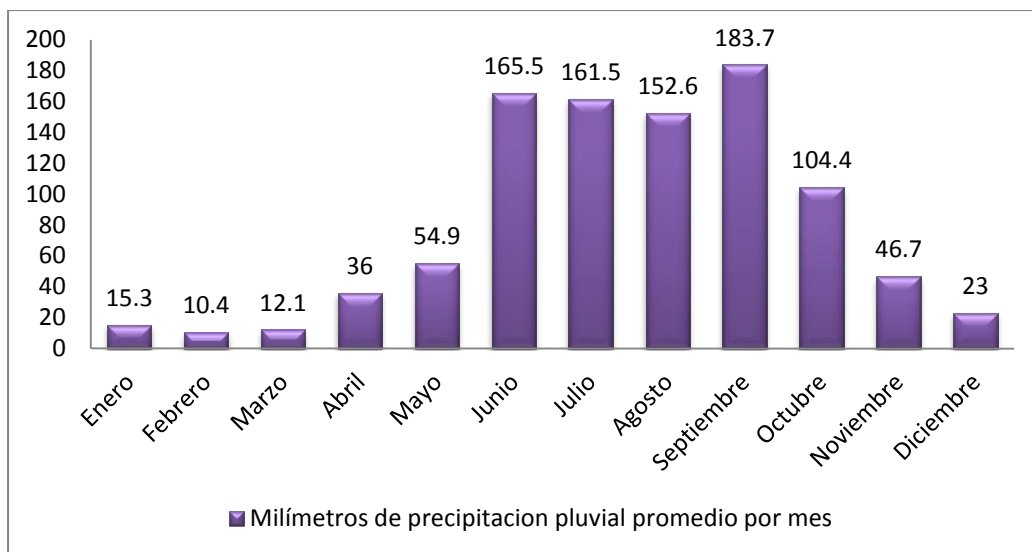
Si alguna de las viviendas se encuentra conectada a una red de suministro de agua pública, el sistema cumplirá una función de apoyo para la temporada de sequía solo como reserva para desarrollar las actividades que sean necesarias y utilizar el recurso hídrico municipal en la menor cantidad posible o depender de ella solo para las actividades en las que se requiera agua potable.

De acuerdo con los datos obtenidos del Servicio Meteorológico Nacional de la precipitación media mensual para la comunidad de Francisco I. Madero desde el año de 1951 hasta el 2010, podemos saber en qué meses la precipitación es mayor, con esto es posible calcular la cantidad de litros de agua que se podrá almacenar cada mes, dependiendo de los metros cuadrados efectivos de la superficie de captación.

---

<sup>91</sup> Normales Climatológicas. Servicio Meteorológico Nacional. Disponible en: [http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=183&tmpl=component](http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=183&tmpl=component)  
Consultado [27/09/2013]





**Tabla 4.8** Precipitación Media Mensual de 1951 a 2010 para la comunidad de Francisco I. Madero<sup>92</sup>.

Como se puede apreciar en la gráfica los meses con mayor precipitación son de Junio a Septiembre por lo que tomando una superficie de captación promedio de 5x8 metros a dos aguas siendo esta medida propuesta para esta investigación por ser el tamaño promedio de las viviendas de la comunidad, haciendo los cálculos para saber los metros cuadrados efectivos de captación nos da un total de 72 metros cuadrados, sabiendo que 1 mm de agua en 1m<sup>2</sup> en un litro y tomando la cantidad más alta que se presenta en el mes de Septiembre con 183.7 mm nos da un total de 13,226.4 litros y el mes con menos lluvia es Febrero con 10.4 mm se obtienen 748.8 litros. Esto tomando en cuenta que es en un realizando los cálculos con datos promedio.

### La Cumbre Clavellinas

Se encuentra localizado a 2,780 msnm, sus coordenadas geográficas<sup>93</sup> son longitud 16° 56' 09'' y latitud -96° 55' 20'' pertenece al distrito de Zimatlán, colinda con las comunidades de San Miguel Peras, La Pradera, Santa Inés del Monte y Magdalena Mixtepec, la accesibilidad a esta localidad es buena hasta la desviación de entrada al poblado ya que se encuentra compactado y en proceso de pavimentación, a partir de ahí es un terreno accidentado y aún se encuentra en proceso de mantenimiento, en esta comunidad la marginación es muy alta<sup>94</sup>, cuenta con 360 habitantes de los

<sup>92</sup> Normales Climatológicas. Servicio Meteorológico Nacional. Disponible en: [http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=183&tmpl=component](http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=183&tmpl=component) Consultado [27/09/2013]

<sup>93</sup> Información de la Cumbre Clavellinas. Disponible en: <http://www.foro-mexico.com/oaxaca/la-cumbre-clavellinas-el-fresno/mensaje-238717.html> Consultado [20/08/12]

<sup>94</sup> Catalogo de localidades. SEDESOL. Disponible en: <http://cat.microrregiones.gob.mx/catloc/contenido.aspx?clave=205700020&tbl=tbl01> Consultado [21/10/10]

cuales más de la mitad son menores de edad que no asisten a la escuela, se dedican principalmente a la cosecha de maíz y a cortar leña para vender en los mercados de Zimatlán y Zaachila y algunos más se dedican a la siembra de flores.

Por las condiciones de alta marginación la mayor parte de las viviendas están construidas con madera, lámina o carrizo, de una sola planta; los espacios de recámara y cocina no se encuentran interconectadas ya que en la mayoría aun se utilizan braceros para la preparación de los alimentos y para evitar que el humo ingrese a las habitaciones se construyen alejados uno de otro, el sanitario se encuentra totalmente independiente de los demás espacios ya que la comunidad no cuenta con red de drenaje<sup>95</sup>, en la totalidad de las viviendas independientemente del material utilizado para las estructuras y paredes los techos son de lámina a una o dos aguas.



**Imagen 4.11** Edificación típica de la comunidad de La Cumbre Clavellinas.

*Foto: Sarai Francisca Guzmán Ruíz.*

Por las características geográficas y climáticas de la comunidad la vegetación que rodea las casas es nativa de la región, no se evita su crecimiento solamente se controla, las calles son completamente de terracería, los espacios donde no se encuentran viviendas se siembra milpa o simplemente se encuentra ocupado por la vegetación nativa que crece sin ningún control, las casas se encuentran rodeadas de árboles de gran altura lo cual lleva a que las hojas caigan en los techos de las viviendas, por las mismas características del clima de La Cumbre la materia orgánica que llega a los techos no se encuentra lo suficientemente húmeda para adherirse y provocar acumulación de materia orgánica por lo que la acumulación de materia orgánica antes de la temporada de lluvias es nula.

---

<sup>95</sup> Localización de la Cumbre Clavellinas, disponible en: <http://www.nuestro-mexico.com/Oaxaca/Zimatlan-de-alvarez/Areas-de-menos-de-500-habitantes/La-Cumbre-Clavellinas/> Consultado [20/08/12]



**Imagen 4.12** Vivienda que cuenta con un tanque de almacenamiento. Se aprecia el entorno y las condiciones en las que se encuentran las viviendas.

Foto: Sarai Francisca Guzmán Ruíz.



**Imagen 4.13 a)** Se muestran los materiales con los que se encuentran construidas las viviendas y la distribución de las construcciones. **b)** Los techos son a una o dos aguas.

Fotos: Sarai Francisca Guzmán Ruíz.

Se puede apreciar en las imágenes las viviendas son de construcción sencilla, ya que tienen que obtener el agua de una fuente alejada de la población la mayoría de las casas no cuenta con medios de almacenamiento de agua de gran tamaño. La precipitación media anual es de 727.4 milímetros<sup>96</sup>.

El sistema está enfocado para poder almacenar una reserva de agua para un mes y que se puedan realizar diversas actividades donde el agua no necesite ser potable. Se considera el uso de un filtro

---

<sup>96</sup> Normales Climatológicas. Servicio Meteorológico Nacional. Disponible en: [http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=42&Itemid=75](http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=42&Itemid=75) Consultado [27/09/2013]

para reducir la cantidad de materia orgánica en los tanques de almacenamiento y así poder conservar la calidad del agua por más tiempo.

Analizadas las características físicas y climáticas de la comunidad, se puede determinar la forma en la cual se ha de implementar de forma específica el sistema para captar las aguas pluviales en esta comunidad, los techos al igual que en la comunidad de Francisco I. Madero son de lámina por lo que poseen un porcentaje de escurrimiento del 90% y son considerados como el área de captación, el sistema para conducir el agua hasta el tanque de almacenamiento será por medio de canaletas y tubos, un filtro puede disminuir la presencia de materia orgánica; el tanque de almacenamiento está de acuerdo al espacio disponible y a la cantidad de agua que se necesite. Siendo una comunidad donde la red de agua potable aún no está disponible, los habitantes tienen como opción recolectar agua de lluvia y así evitar recorrer la distancia hasta el arroyo más cercano.

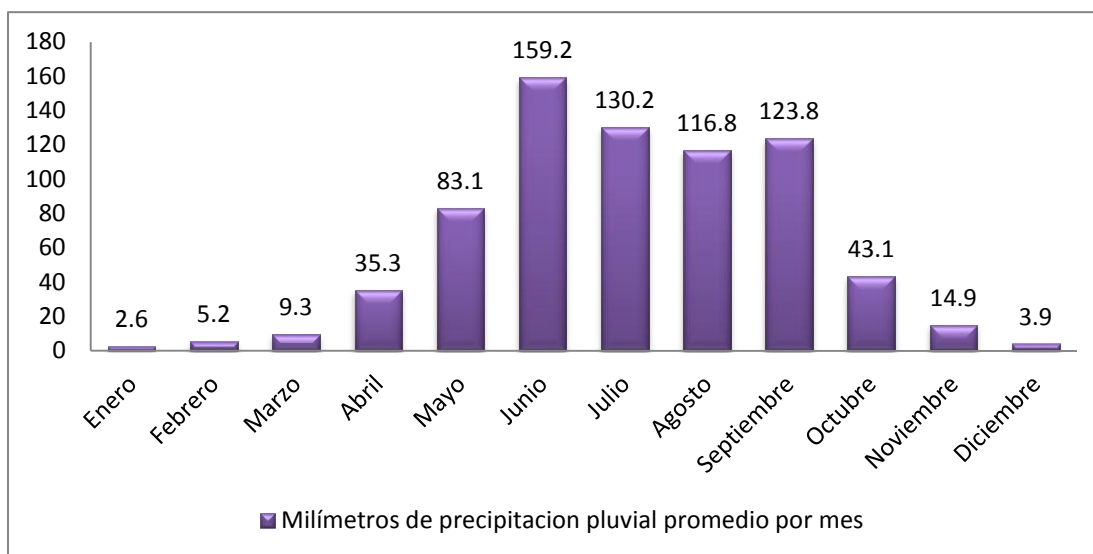
El uso de las aguas pluviales en esta comunidad serán mucho más amplias que en las otras comunidades estudiadas por la razón antes mencionada: por la actividad económica que desempeñan las camionetas de carga son su medio de transporte y solo pocas personas cuentan con este vehículo, lavar ropa, utensilios de cocina, limpiar la casa que en el caso de esta comunidad que se encuentra marginada muy pocas casas poseen un piso que no sea de tierra y por lo tanto se ocupará para la limpieza de los muebles y para barrer el patio que en su mayoría son de extensiones bastante considerables, el aseo personal también entra dentro de los usos para el agua de lluvia en la comunidad, al encontrarse alejada de la ciudad más cercana la calidad del aire es mucho mejor que en si se tratara de una ciudad, por lo que el agua en esta región ofrece la calidad necesaria para poder usarse en el aseo personal como es bañarse, lavarse los dientes o las manos. Esta comunidad no cuenta con una conexión a la red de drenaje sanitario, por lo que implementan la fosa séptica para la cual no es necesario el suministro de agua.

Cabe aclarar que el sistema solo proveerá de agua a la vivienda por un mes como se ha determinado en el análisis previo, por lo que cuando el tanque de almacenamiento se vacíe los habitantes tendrán que volver a buscar la forma de obtener el vital líquido para realizar sus actividades diarias, también se puede implementar combinar el uso del agua de lluvia y el agua que se obtiene de los cuerpos de agua, y así extender la duración del agua obtenida de la lluvia, el cual depende mayormente de la capacidad del tanque de almacenamiento.

Las condiciones de las viviendas hacen que sea difícil poder implementar un sistema que se encargue de distribuir el agua hacia donde se necesita ya que requeriría trabajo extra por parte de los habitantes para llevar el agua recolectada a un nivel más alto para poder utilizar la gravedad como medio de distribución.

Con los datos obtenidos del Servicio Meteorológico Nacional de la precipitación media mensual para la comunidad de La Cumbre Clavellinas desde el año de 1951 hasta el 2010, podemos saber en qué meses la precipitación es mayor, con esto es posible calcular la cantidad de litros de agua

que se podrá almacenar cada mes, dependiendo de los metros cuadrados efectivos de la superficie de captación.



**Tabla 4.9** Precipitación Media Mensual de 1951 a 2010 para la comunidad de La Cumbre Clavellinas<sup>97</sup>.

Como se puede apreciar en la gráfica los meses con mayor precipitación son de Junio a Septiembre por lo que tomando una superficie de captación promedio de 5x8 metros a dos aguas siendo esta medida propuesta para esta investigación por ser el tamaño promedio de las viviendas de la comunidad, al igual que en el caso anterior, haciendo los nos da un total de 72 metros cuadrados efectivos para la captación, recordando que 1 mm de agua en 1m<sup>2</sup> en un litro y tomando la cantidad más alta que se presenta en el mes de Junio con 159.2 mm nos da un total de 11,432.4 litros y el mes con menos lluvia es Enero con solo 2.6 mm se obtienen 187.2 litros. Esto tomando en cuenta que es en un realizando los cálculos con datos promedio.

### Santo Domingo Yanhuitlán

Se encuentra localizado a 2,140 msnm, entre los paralelos 17° 28' y 17° 35' de latitud norte y los meridianos 97° 17' y 97° 25' de longitud oeste. Pertenece al distrito de Nochixtlán, colinda al norte con el municipio de San Bartolo Soyaltepec, al este con los municipios de San Bartolo Soyaltepec, Santa María Chachoápam y San Andrés Sinaxtla, al sur con los municipios de San Andrés Sinaxtla, San Pedro Topiltepec y San Vicente Nuñú, al oeste con los municipios de San Vicente Nuñú y San

<sup>97</sup> Normales Climatológicas. Servicio Meteorológico Nacional. Disponible en: [http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=42&Itemid=75](http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=42&Itemid=75) Consultado [27/09/2013]

Bartolo Soyaltepec<sup>98</sup>; la accesibilidad a esta localidad es fácil ya que se encuentra a orilla de la carretera federal 180, cuenta con 1472<sup>99</sup> habitantes, cuenta con instalaciones educativas hasta nivel bachillerato, los jóvenes tienen mayor preparación y por encontrarse cerca de la ciudad de Oaxaca donde existen universidades, los niveles educativos son altos, por lo cual casi el 90% de los jóvenes acuden a la escuela en distintos niveles. La principal actividad económica es el turismo ya que recibe una gran cantidad de visitantes tanto extranjeros como nacionales.



**Imagen 4.14 a)** Se muestran los materiales con los que se encuentran construidas las viviendas y la distribución de las construcciones. **b)** Tipos de techos en las viviendas.

Fotos: Sarai Francisca Guzmán Ruíz.

La estructura de las viviendas es de concreto y tabique, los espacios comunes y privados están dentro del mismo espacio construido a diferencia de las comunidades antes mencionadas donde se encuentran edificadas en toda la extensión del terreno, por ser una comunidad urbanizada los terrenos son de extensiones predeterminadas, los techos son de concreto armado y en algunos casos de lámina en esta comunidad se presentan viviendas con hasta dos pisos de altura. El 90%<sup>100</sup> de las viviendas cuentan con servicios públicos de agua potable, luz y drenaje; en algunas viviendas cuentan con los servicios de internet y televisión por cable.

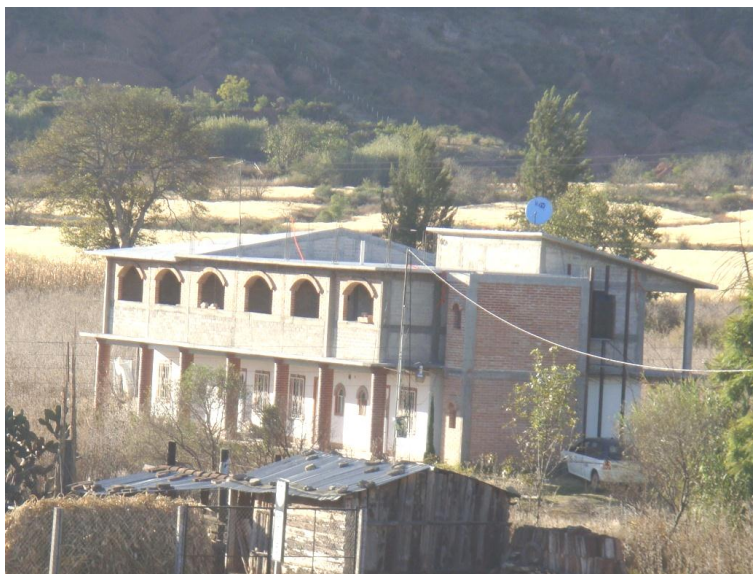
Por las características climáticas de esta comunidad la vegetación consta de árboles de poca altura, arbustos y pastos, solamente en algunas viviendas se encuentran árboles de altura considerable que se considera fueron plantados por las personas que habitan ya que no son típicos de la región. Por las características antes mencionadas la acumulación de materia orgánica en los techos es casi nula ya que en algunos casos las casas cuentan con diversos tipos de techumbre que puede incluir tanto losas planas como a una o dos aguas dentro de la misma construcción como puede apreciarse en las fotografías ilustrativas de la comunidad.

<sup>98</sup> Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Santo Domingo Yanhuitlán, Oaxaca. INEGI

<sup>99</sup> Censo de población y vivienda 2005. INEGI

<sup>100</sup> Enciclopedia de los municipios de México. Estado de Oaxaca. Santo Domingo Yanhuitlán. Disponible en: <http://www.e-local.gob.mx/work/templates/enciclo/oaxaca/municipios/20523a.htm> Consultado [12/10/10]

La precipitación media anual de la comunidad es de 446.9 mm<sup>101</sup>. Las características climáticas y la poca precipitación anual hacen que la escases de agua se presente con mayor frecuencia en el transcurso del año y se depende completamente del suministro municipal.



**Imagen 4.15** Viviendas de dos plantas, con losa plana, una o dos aguas, se aprecia el tipo de vegetación presente en la región.

*Foto: Sarai Francisca Guzmán Ruíz.*

Las características en esta comunidad son muy distintas a los dos casos anteriores ya que los techos en su mayoría están implementados con losas de concreto que poseen un porcentaje de escurrimiento menor del 90%, el sistema constructivo de las viviendas es variado ya que aproximadamente un 50% de las viviendas posee una losa plana de concreto y el otro 50% una losa de concreto a una o dos aguas, solo en casos especiales existen viviendas donde se implementan ambos tipos de losas; las canaletas y tubería se utilizarán para conducir las aguas pluviales al tanque de almacenamiento; dependiendo del tipo de techo se puede utilizar un filtro a reserva de que previamente de la temporada de lluvias se realice una limpieza para eliminar la materia orgánica que se ha acumulado a lo largo del año. Siendo una comunidad donde los servicios básicos están disponibles para todas las viviendas, el sistema apoya para la temporada en la que la demanda de agua potable es mayor, teniendo a su disposición una reserva para realizar sus actividades diarias.

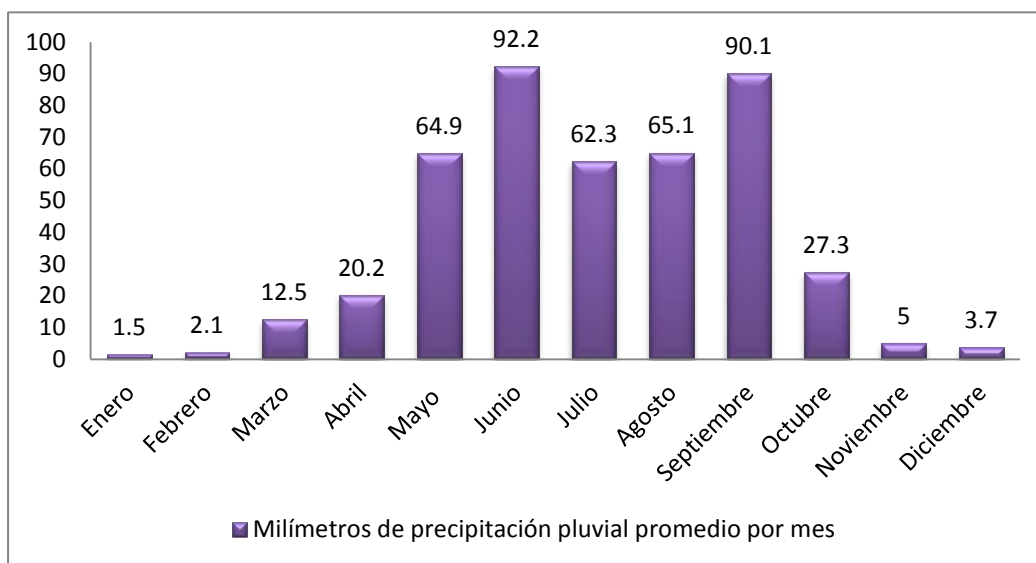
El uso de las aguas pluviales en esta comunidad son menos ya que las viviendas cuentan con todos los servicios y pueden ser: lavar el automóvil para evitar el desperdicio de agua potable, bañar a las mascotas, regar las plantas, limpiar la casa incluye las actividades como trapear, limpiar los

---

<sup>101</sup> Normales Climatológicas. Servicio Meteorológico Nacional. Disponible en: [http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=42&Itemid=75](http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=42&Itemid=75) Consultado [27/09/2013]

muebles y lavar las banquetas, descarga del WC. Si se realizan todas estas actividades con el agua captada, se reducirá la cantidad de agua potable necesaria en una casa quedando por cubrir únicamente las actividades donde la calidad del agua es importante que sea para consumo humano.

Con los datos obtenidos del Servicio Meteorológico Nacional de la precipitación media mensual para la comunidad de Santo Domingo Yanhuítlán desde el año de 1951 hasta el 2010, podemos saber en qué meses la precipitación es mayor, con esto es posible calcular la cantidad de litros de agua que se podrá almacenar cada mes, dependiendo de los metros cuadrados efectivos de la superficie de captación.



**Tabla 4.10** *Precipitación Media Mensual de 1951 a 2010 para la comunidad de Santo Domingo Yanhuítlán<sup>102</sup>.*

Como se puede apreciar en la gráfica los meses con mayor precipitación son de Mayo a Septiembre por lo que tomando una superficie de captación promedio de 10x8 metros losa plana siendo esta medida propuesta para esta investigación por ser el tamaño y sistema constructivo promedio de las viviendas de la comunidad, tratándose de la losa plana se considera una superficie de captación efectiva en su totalidad por lo que se tienen 80 metros cuadrados, recordando que 1 mm de agua en 1m<sup>2</sup> en un litro y tomando la cantidad más alta que se presenta en el mes de Junio con 92.2 mm nos da un total de 7,376 litros y el mes con menos lluvia es Enero con solo 1.5 mm se obtienen 120 litros. Esto tomando en cuenta que es en un realizando los cálculos con datos promedio.

<sup>102</sup> Normales Climatológicas. Servicio Meteorológico Nacional. Disponible en: [http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=42&Itemid=75](http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=42&Itemid=75) Consultado [27/09/2013]



#### 4.4. Aplicación de normas y estándares

Dentro de las normas que regulan todo lo referente a calidad de almacenamiento, filtro y uso de aguas se encuentran las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) y las Normas Mexicanas (NMX) de las cuales las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) son regulaciones de observancia obligatoria, mientras que las Normas Mexicanas (NMX) son de aplicación voluntaria<sup>103</sup>; de cada una existen diversas instituciones y sectores que se involucran para complementarlas como son el sector agua con la CONAGUA, el sector salud, ecología y SEMARNAT entre otros.

Las normas que presentan regulaciones importantes que incluyan sistemas de aguas pluviales son:

- NOM-230-SSA1-2002

De acuerdo a lo mencionado en la Norma Oficial Mexicana NOM-230-SSA1-2002 en lo referente a tanques de captación menciona que se debe impedir la contaminación del líquido con cualquier tipo de agente externo por lo cual se tiene que mantener lo más limpio posible el entorno de este, adicionalmente recomienda sellos impermeables en juntas y uniones de tubería, equipos y accesorios así como aplicación de impermeabilizantes.

Ya que todo sistema de almacenamiento cuenta con ventilación se debe colocar tela tipo mosquitero. Para mantener la calidad del agua menciona:

*“Debe existir un programa de limpieza que garantice la preservación de la calidad del agua. La limpieza debe incluir la extracción de sólidos sedimentados y remoción de materiales incrustados. Se deben limpiar y desinfectar las paredes y piso con la frecuencia que determinen las condiciones del tanque de manera que se eliminen los riesgos asociados.”<sup>104</sup>*

Para tanques de almacenamiento construidos en el sitio se tiene que tomar en cuenta las siguientes especificaciones de acuerdo a la OMS<sup>105</sup>:

- *Tendrá una altura máxima de dos metros, la parte superior del tanque no deberá estar a menos de 30 centímetros con respecto al punto más bajo del área de captación.*

---

<sup>103</sup> ESTADÍSTICAS DEL AGUA EN MÉXICO, CAPITULO 5: INSTRUMENTOS DE GESTIÓN DEL AGUA, edición 2011, CONAGUA. Pág. 99. Disponible: <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/SGP-1-11-EAM2011.pdf> [Consultado 15/10/2011]

<sup>104</sup> NORMA Oficial Mexicana NOM-230-SSA1-2002, Salud ambiental. “Agua para uso y consumo humano, requisitos sanitarios que se deben cumplir en los sistemas de abastecimiento públicos y privados durante el manejo del agua. Procedimientos sanitarios para el muestreo”.

<sup>105</sup> Especificaciones Técnicas, Captación de agua de lluvia para consumo humano. CENTRO PANAMERICANO DE INGENIERIA SANITARIA DIVISION DE SALUD Y AMBIENTE, ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE SALUD, OFICINA SANITARIA PANAMERICANA-OFICINA REGIONAL DE LA ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. Pág. 6 y7

- *Deberá contar con una tapa sanitaria de 60 x60 centímetros para facilitar la limpieza y mantenimiento.*
- *Drenaje de fondo para la eliminación del agua de lavado.*
- *Grifo situado a 10 centímetros por encima del fondo.*
- *Rebose situado a 10 centímetros por debajo del techo.*
- *El interior del tanque debe ser impermeable y por ningún motivo el agua debe entrar en contacto con el medio ambiente a fin de garantizar la calidad del agua.*
- *Los tanques de almacenamiento apoyados deben tener alrededor de su base una losa de protección contra la infiltración de 20 centímetros de ancho. Asimismo, en la zona donde se ubique el grifo para la extracción del agua debe construirse una losa de 50x50 centímetros y borde de 10 centímetros de alto.*
- *El volumen de diseño del tanque de almacenamiento será igual al 110% del volumen neto.*

- NOM-127-SSA1-1994

La norma establece los límites permisibles de sustancias contenidas en el agua para considerarse potable, con una prueba de organismos al agua donde no rebase lo establecido en el apartado 4 de la norma de organismos *coliformes* totales, y la aplicación de los métodos de tratamiento para potabilización del agua donde incluye la aplicación de osmosis inversa, aplicación de cloro, uso de carbón activado, intercambio iónico entre otros dependiendo del tipo de sustancia presente en el agua. También establece que:

*“La selección de los métodos de prueba para la determinación de los parámetros definidos en esta Norma, es responsabilidad de los organismos operadores de los sistemas de abastecimiento de agua para uso y consumo humano, y serán aprobados por la Secretaría de Salud a través del área correspondiente.”<sup>106</sup>*

## **4.5. Análisis de capítulo**

La diversidad climática del Estado de Oaxaca permite establecer diferencias en las necesidades de las viviendas, se puede observar que se tienen climas donde el agua escasea, el clima es caluroso y en el extremo opuesto donde la humedad se encuentra presente durante la mayor parte del día, llueve abundantemente y los cuerpos superficiales de agua siempre llevan una gran cantidad de líquido.

Las viviendas en los primeros dos casos de estudio tienen en común la extensión de las construcciones, el estilo arquitectónico y el material con el que están contruidos los techos es de

---

<sup>106</sup> Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994, Salud Ambiental. “Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a los que debe someterse el agua para su potabilización”.

lámina, de los servicios básicos en las tres comunidades como son luz, agua y drenaje en las comunidades de Francisco I. Madero y La Cumbre Clavellinas cuentan con alguno de ellos y solo en el caso de la comunidad de Santo Domingo Yanhuitlán cuentan con todos los servicios. La distancia que existe de los pueblos a los centros urbanos es un factor determinante ya que de ello depende en gran medida con cuántos de los servicios básicos cuentan, si se encuentra más lejos es más difícil contar con ellos ya que representa un gasto muy grande llevarlos hasta cada uno de los pueblos y aumenta cuando el camino para llegar a las comunidades es terreno accidentado. La disponibilidad de los servicios públicos básicos será un factor importante para determinar las características del sistema, al igual que el transporte para poder llevar los materiales necesarios hasta la comunidad.

Sólo algunas de las viviendas cuentan con algún medio de almacenamiento con la capacidad de contener agua para poder desarrollar las actividades diarias durante un periodo mayor de tres días, quienes no cuentan con un medio de almacenamiento tiene que buscar otra fuente de abastecimiento, el cual generalmente es un arroyo; en las comunidades donde la marginación es alta los encargados de esta tarea son los menores de edad.

Con el cálculo realizado de la cantidad de litros que se pueden obtener en el mes con mayor y menor precipitación se puede tener una idea general de cuál debe ser la capacidad del tanque de almacenamiento, recordando que para un cálculo mucho más preciso en las mismas Normales Climatológicas que proporciona el Servicio Meteorológico Nacional proporcionan el dato de la máxima precipitación por día, con esto se puede realizar el cálculo.

Para eliminar los restos sólidos la forma más adecuada es con un filtro de arenas y gravas, ya que retienen toda la materia orgánica que se arrastre junto con la corriente de agua que baja del área de captación.

<b>Material de la Canaleta</b>	<b>Madera</b>	<b>Aluminio</b>	<b>Cobre</b>	<b>Acero Inoxidable</b>	<b>PVC</b>
	<b>Características</b>				
<b>Resistencia al intemperismo</b>	Regular	Buena	Buena	Buena	Buena
<b>Mantenimiento</b>	Mucho	Poco	Mucho	Poco	Poco
<b>Costo de adquisición</b>	Alto	Bajo	Alto	Regular	Bajo
<b>Disponibilidad en establecimientos</b>	Solo por pedido	Regular	Nulo	Regular	Alto
<b>Manejabilidad para realizar modificaciones</b>	Bueno	Regular	Regular	Regular	Bueno
<b>Colocación</b>	Fácil	Regular	Regular	Regular	Fácil
<b>Proveedores</b>	Escasos	Escasos	Escasos	Regular	Varios

**Tabla 4.11** *Tabla comparativa de las características de las canaletas.*

Tipo de tanque	Características	
	Tanque Pre-fabricado	Tanque de Ferrocemento
Costo	Regular (depende de la capacidad)	Considerablemente menor que un tanque de concreto.
Capacidad	Determinada por el fabricante	Determinada por el usuario o necesidades.
Vida útil	De 20 a 25 años	20 años
Mantenimiento	Regular	Poco y sencillo
Espacio necesario	Predefinido	Adaptable al espacio disponible.

**Tabla 4.12** Características de los tanques de almacenamiento.

		Francisco I. Madero	La Cumbre Clavellinas	Santo Domingo Yanhuitlán	
Clima		Húmedo	Templado	Seco	
Marginación		Media	Alta	No	
Población		274 habitantes	360 habitantes	1472 habitantes	
Principal Actividad Económica		Agricultura	Venta de leña y flores	Turismo	
Servicios Públicos	Agua Potable	60%	No	90%	
	Red de Drenaje	No	No	90%	
	Red de Energía Eléctrica	70%	No	95%	
Servicios Extras		No	No	Internet	
Tipo de losa de la Vivienda		Dos aguas	Dos aguas	Plana y a dos aguas	
Material del techo		Lámina	Lámina	Concreto	
Área del terreno por vivienda		300 m <sup>2</sup>	800 m <sup>2</sup>	200 m <sup>2</sup>	
Almacenamiento de agua		La mayoría	Pocos	Todos	
Precipitación Media Anual		1200 mm	1000 mm	800 mm	
Vegetación		Abundante	Media	Escasa	
Humedad		Alta	Media	Baja	
Comunicación	Terrestre	Privada	Si	Escasa	Si
		Pública	Si	Sólo de paso	Si
	Telefónica	Si (restringida)	No	Si	

**Tabla 4.113** Características de las viviendas en las comunidades.

# Capítulo 5

---

Desarrollo

## 5.1. Consideraciones importantes de Diseño

Una vez determinado las características de cada uno de los casos de estudio, se ha determinado que la forma más práctica y sencilla para captar una cantidad considerable de agua es por medio del techo de las viviendas ya que es un elemento constructivo indispensable en cualquier edificación en un asentamiento humano, es una superficie que cuenta con una pendiente para poder dirigir el agua que cae en ella, después de 10 minutos se considera que el agua posee una calidad suficiente para ser utilizada en labores que no incluyan ingresar al cuerpo humano y ser almacenada para su uso posterior.

La innovación del ferrocemento en tanques de abastecimiento de agua es una de las mejores opciones para beneficiar a la población rural en situación de pobreza y extrema pobreza ya que tiene altos niveles de sostenibilidad técnica, económica, social y ambiental. La alternativa dependiendo de las posibilidades es la adquisición de un tanque convencional de polietileno de la capacidad y marca que decida el usuario.

Cabe señalar que este ahorro y aprovechamiento de agua depende en gran medida de la forma en la que se utilice y distribuya, además de la capacidad del tanque de almacenamiento lo que brindará una semi independencia por al menos un mes (tiempo base estimado de en esta investigación) de acuerdo a la cantidad de precipitación pluvial durante la temporada de lluvias como se calculó en el capítulo anterior con los datos mensuales promedio más alto y más bajo para cada comunidad.

Los sistemas de captación de aguas pluviales son amigables con el medio ambiente, aprovechan un recurso hídrico que en general es desperdiciado cuando es una gran cantidad de agua que puede ser aprovechada para satisfacer las distintas necesidades en una casa y las actividades cotidianas que se realizan en ella.

En las casas donde no es posible introducir el sistema completo, específicamente aumentar un tanque de almacenamiento por falta de espacio, la solución es construir un tanque subterráneo o se puede construir un sistema para ayudar a la recarga de los mantos llevando la descarga de las aguas pluviales a un área debidamente preparada para ayudar a la filtración. En los casos específicos de casas con losa plana que no cuente con pretil se implementará una solución para recolectar el agua en un solo punto y evitar el efecto cascada que se produce por la falta de pretil.

Cando el usuario se decida por un tanque de almacenamiento enterrado el filtrado de las aguas se llevará a cabo en un proceso paralelo, donde se implementarán materiales fáciles de conseguir como son las gravas y arenas, es un método sencillo y básico para librar de restos orgánicos el agua que llegará al tanque de almacenamiento. Con esto solo se garantiza librar de restos sólidos mas no de microorganismos que se puedan encontrar presentes en ella. Los filtros para eliminar las bacterias y microorganismos están a consideración del usuario el adquirirlo ya que el costo de adquisición es alto dependiendo del tipo de filtro.

En casos donde el tanque tenga que ser superficial, antes de llegar a éste deberá contarse con un sistema de primeras aguas, cuya función es retener el agua y materia orgánica que se recolecta del techo y es la que contiene contaminantes en mayor cantidad, por lo cual deben ser separadas y así garantizar la calidad del agua que será almacenada.

De esta forma se pretende propiciar una independencia parcial de la red de suministro de agua potable y conocer los beneficios que brinda el agua de lluvia, se sabe que empezar a utilizar este tipo de agua como alternativa es un proceso que debe iniciar desde ahora, por los cambios climáticos en algunos años será una de las formas más comunes de obtener el vital líquido.

Como un complemento necesario para hacer eficiente la propuesta de un sistema de captación de aguas pluviales, se deben dar cursos e informar y concientizar sobre la importancia del uso adecuado del agua.

## **5.2. Posibilidades formales**

Para poder llevar un orden el proceso de desarrollo de las propuestas se implementará un método que seguirá los puntos: problema, definición del problema, elementos del problema, recopilación de datos, posibilidades formales, análisis de datos, materiales y tecnologías, bocetos, decisión de proyecto, propuestas finales y conclusiones.

Los primeros puntos desde el problema hasta la recopilación de datos se desarrollaron a lo largo de los capítulos anteriores, en este capítulo se desarrollarán las propuestas del sistema de captación para cada una de las comunidades tomadas como casos de estudio.

Las propuestas serán de tipo correctivo ya que se plantean en viviendas que ya se encuentran construidas, las posibilidades formales están determinadas por el tipo de vivienda y el espacio disponible ya que en el caso de la comunidad de Santo Domingo Yanhuitlán son extensiones de terreno reducidos y se analizará la mejor propuesta de tanque de almacenamiento.

La capacidad de los tanques de almacenamiento estará de acuerdo al análisis realizado en cada una de las comunidades con los datos de precipitación promedio mensual. Históricamente para cada una de las comunidades existe un máximo de precipitación por día<sup>107</sup>, con el cual puede obtenerse el agua necesaria para llenar los tanques de almacenamiento en un solo evento pluvial, con lo cual no se asegura que sucederá cada año.

### **5.2.1. Análisis de datos**

De acuerdo con organismos como el Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia y la Organización Mundial de la Salud, el consumo de agua mínimo sugerido por persona es de 20 litros al día. Esta cantidad sería suficiente para beber y para la higiene personal básica, pero se

---

<sup>107</sup> Normales Climatológicas. Servicio Meteorológico Nacional.

incrementa a 50 litros si se consideran las necesidades de agua para el baño y para lavar<sup>108</sup>. En las comunidades rurales donde las familias son de por lo menos cuatro integrantes se requieren mínimamente 200 litros de agua por día. Si el objetivo es poder almacenar el agua necesaria para un mes en donde las condiciones son adversas se requiere tener una capacidad de almacenamiento de aproximadamente 6,000 litros.

Con todos los datos obtenidos en los capítulos anteriores el sistema de captación de aguas pluviales en construcciones con techos de lámina a una y dos aguas la conducción del agua será mediante canaletas, las cuales deben cubrir en su totalidad la longitud del área de captación y concentrar el agua en un solo punto para colocar la bajada de agua pluvial, el sistema de filtrado debe garantizar la retención de materia orgánica garantizando mayor calidad en el agua captada, debido a la cantidad de residuos, del análisis de las ventajas que ofrecen los tanques de ferrocemento se propone la implementación de este tipo de tanques y por las propiedades que presenta cuando es enterrado se propone que sea de este tipo, siempre y cuando se cuente con el espacio y el tipo de suelo lo permita.

Para tener una idea de cuanta agua se puede obtener como máximo en un evento pluvial en un solo día se tomará el dato proporcionado por el Servicio meteorológico Nacional de la máxima diaria para cada una de las comunidades que son: Francisco I. Madero con 213 milímetros, La Cumbre Clavellinas con 102.3 milímetros y Santo Domingo Yanhuitlán con 75 milímetros<sup>109</sup>.

Con estos datos y áreas de captación tomadas como referencia en el capítulo anterior nos dan como resultado: 15,336.00 litros para La comunidad de Francisco I. Madero, 7,365.6 litros para La Cumbre Clavellinas y 6,000 litros para Santo Domingo Yanhuitlán; con los resultados podemos ver que es posible lograr obtener agua suficiente en un solo día para llevar a cabo diversas actividades diarias que requieran agua, recalcando que es agua no apta para consumo humano.

Para integrar el sistema donde las casas ya cuentan con suministro de agua potable, las caídas de aguas pluviales son las que se tomarán en cuenta para incorporar el sistema de recolección más adecuado a la estructura de la casa y en caso de no existir posibilidades de integrar un método de almacenamiento alternativo se buscará la forma de aprovechar este recurso hídrico dentro de las necesidades ya sea como un sistema de riego o de desagüe ecológico que ayude a la recarga de los mantos acuíferos de la zona.

En los casos de viviendas con losa plana se propondrá una solución que evite el efecto cascada concentrando el agua en un solo punto y así poder tener una sola bajada de aguas pluviales.

---

<sup>108</sup> José Amador Aguilar. El día mundial del agua, el excusado y la barbarie. Revista PROFECO digital, Pág. 71. Disponible en: [http://www.profeco.gob.mx/revista/publicaciones/adelantos\\_07/dia\\_agua\\_mzo07.pdf](http://www.profeco.gob.mx/revista/publicaciones/adelantos_07/dia_agua_mzo07.pdf) Consulado [11/04/2012]

<sup>109</sup> Normales Climatológicas. Servicio Meteorológico Nacional.



## 5.2.2. Materiales y tecnologías

De acuerdo a las posibilidades económicas las opciones crecen y entonces es posible elaborar una propuesta de acuerdo al presupuesto. Para la conducción del agua las canaletas de PVC son fáciles de conseguir, el costo es menor que las de otros materiales, el costo es menor, la durabilidad es buena y el mantenimiento es mínimo. Las canaletas pueden ser prefabricadas o con un tubo de PVC al cortarlo longitudinalmente por la mitad se obtienen dos tramos que funcionan como canaletas.

El filtro se propone de un funcionamiento básico, con materiales comunes como son grava y arena de distinta granulometría, colocados de forma adecuada liberan de residuos orgánicos el agua captada. En donde las viviendas no cuenten con el espacio o el tipo de suelo impida la implementación de un tanque enterrado debe contar con un depósito para las primeras aguas, el cual realizará la función de filtro ya que almacenará las aguas que contienen una mayor cantidad de residuos orgánicos.

El tanque de almacenamiento se propone de ferrocemento para el cual se necesitan materiales como son: cemento, arena, agua, acero, malla de refuerzo y agregados<sup>110</sup>. El cemento más recomendable es el cemento Portland debido a que es el representante más genuino de los conglomerantes hidráulicos<sup>111</sup>; la arena utilizada debe estar compuesta por granos duros, compactos y resistentes, libre de sustancias o materiales orgánicos, es necesario tener en cuenta el módulo de fineza que puede variar entre 2.15 y 2.75 mm, si se toma en cuenta la composición granulométrica se utilizará las que pasan por el tamiz N° 4 y se quedan retenidas en el tamiz N° 200, en la tabla siguiente se muestra la granulometría recomendada.

Tamiz	% que pasa
3/8" (9.50 mm)	--- 100
Núm. 4 (4.75 mm)	95 a 100
Núm. 8 (2.36 mm)	80 a 100
Núm. 16 (1.18 mm)	50 a 85
Núm. 30 (0.6 mm)	25 a 60
Núm. 50 (0.3 mm)	10 a 30
Núm. 100 (0.15 mm)	2 a 10
Núm. 200 (0.075 mm)	0 a 0

Tabla 5.1 Granulometría<sup>112</sup>.


<sup>110</sup> FUNDAMENTOS PARA LA APLICACIÓN DE FERROCEMENTO. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria División de Salud y Ambiente, Organización Panamericana de Salud, Oficina Sanitaria Panamericana-Oficina Regional de la Organización Mundial de la Salud.

<sup>111</sup> EL FERROCEMENTO COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS. Nathalie Elizabeth Elías Salomoni. Universidad Nacional de Asunción Facultad de Arquitectura, Diseño y Arte. San Lorenzo Paraguay.

<sup>112</sup> FUNDAMENTOS PARA LA APLICACIÓN DE FERROCEMENTO. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria División de Salud y Ambiente, Organización Panamericana de Salud, Oficina Sanitaria Panamericana-Oficina Regional de la Organización Mundial de la Salud.

El agua debe estar libre de materia orgánica y sustancias nocivas, en ningún caso debe usarse agua de mar. El acero del armazón está conformado por barras que sirven para la conformación de esqueleto de ferrocemento y sustenta las mallas, el diámetro recomendado está entre los 3.4 y 6.35 mm<sup>113</sup>.

El comportamiento del ferrocemento depende en gran medida del tipo, grado y concentración, orientación, resistencia del refuerzo y de las dimensiones de las mallas, deben ser resistentes a la corrosión, se pueden implementar cualquiera de las mallas indicadas en la tabla siguiente.

Tipos	Norma	Descripción
Hexagonal de alambre (malla de gallinero).		Fácil de manejar, se forma por el trenzado de alambres galvanizados, se fabrica con alambre estirado en frío.
Malla electrosoldada.	ASTM A185	Está formado por alambres rectilíneos de acero, dispuestos de manera que forma cuadrados o rectángulos, soldados entre sí, en los puntos de contacto.
Malla cuadrada tejida.	ASTM E2016-99	Es una malla tejida en la que los alambres están simplemente entrelazados, formando una malla cuadrada o rectangular, los alambres no están perfectamente derechos y existe un cierto grado de ondulación, según pruebas estas mallas se comportan tan bien o mejor que la malla hexagonal o cuadrada soldada.
Malla de metal expandido	ASTM C 847	Se forma cortando una hoja delgada de metal desplegado para hacer aberturas en forma de diamante. La desventaja de este material es que tiende a abrirse debido a la acción de "tijera" de la malla en forma de diamante.

Imágenes: Sarai Francisca Guzmán Ruíz

**Tabla 5.2 Mallas para ferrocemento<sup>114</sup>.**

Los aditivos son sustancias para modificar o mejorar las propiedades del mortero, como por ejemplo: aumentar su trabajabilidad, reducir el agua de amasado, incorporar aire, modificar el

<sup>113</sup> Ídem

<sup>114</sup> Ídem

tiempo de fraguado, etc. Los aditivos deben ser almacenados en un lugar donde esté protegido de la contaminación, evaporación o deterioro, deben ser protegidos de temperaturas extremas o de cambios que puedan afectar sus características, no deben ser almacenados por un periodo mayor de seis meses<sup>115</sup>.

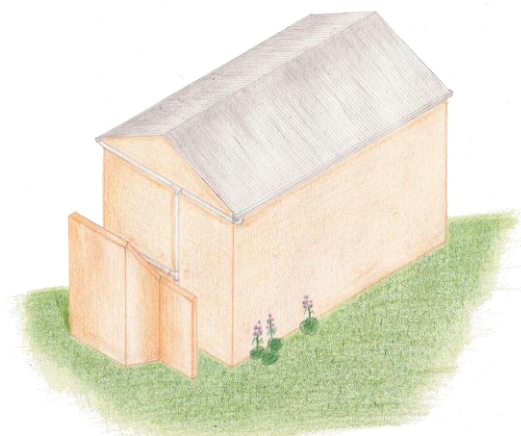
### 5.3. Bocetos

Del estudio de campo se obtuvieron principalmente dos tipos de viviendas (losa plana y a dos aguas) por lo cual los bocetos se centrarán a estos dos tipos de medios de captación.



**Imagen 5.1** Boceto de una casa con techo a dos aguas implementando el sistema de captación con canaletas y tubos de PVC, filtro de bajante, tanque superficial de ferrocemento con un recipiente para primeras aguas.

*Dibujo: Sarai Francisca Guzmán Ruiz.*

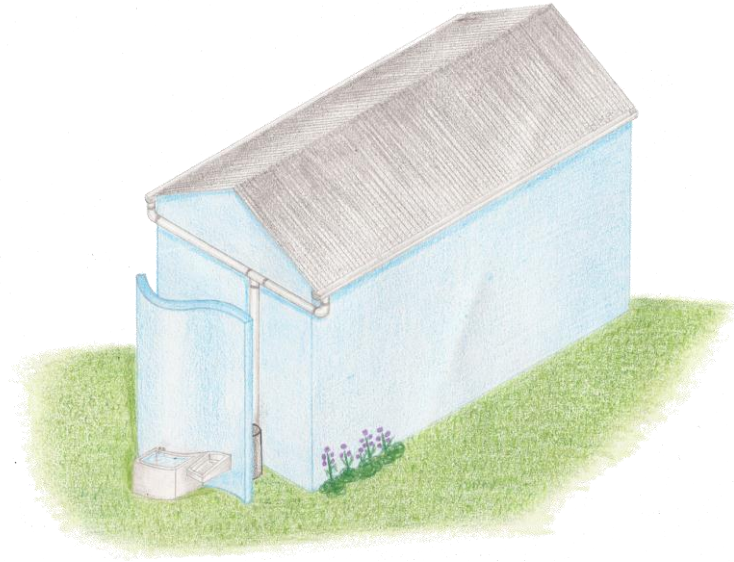


**Imagen 5.2** Boceto de una casa con techo a dos aguas implementando el sistema de captación con canaletas y tubos de PVC, tanque superficial de ferrocemento con un recipiente para primeras aguas con una cubierta para ocultar los tanques y dar una apariencia de integración.

*Dibujo: Sarai Francisca Guzmán Ruiz.*

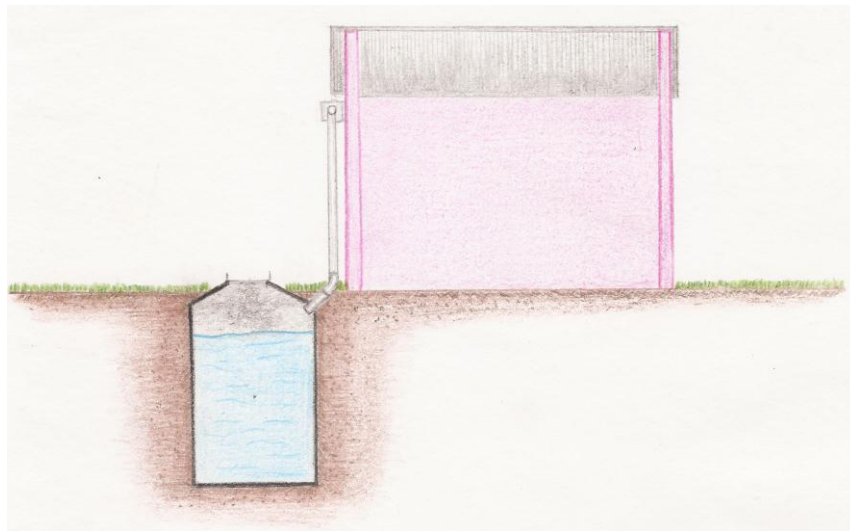
---

<sup>115</sup> GUÍA DE CONSTRUCCIÓN PARA ESTRUCTURAS DE FERROCEMENTO. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria División de Salud y Ambiente, Organización Panamericana de Salud, Oficina Sanitaria Panamericana-Oficina Regional de la Organización Mundial de la Salud.



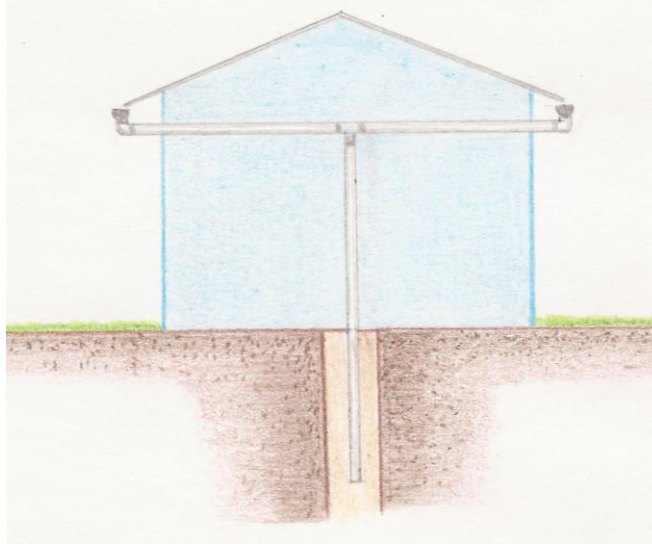
**Imagen 5.3** Boceto de una casa con techo a dos aguas implementando el sistema de captación con canaletas y tubos de PVC, tanque superficial de ferrocemento con un recipiente para primeras aguas con una cubierta y un tanque con lavadero integrados para ocupar directamente el agua del tanque de almacenamiento, controlado por una llave.

*Dibujo: Sarai Francisca Guzmán Ruiz.*



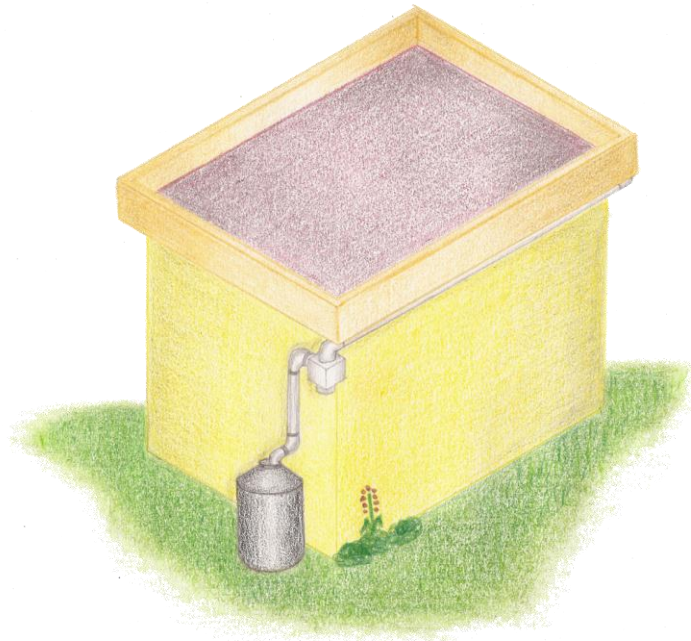
**Imagen 5.4** Boceto de un corte donde se muestra la propuesta de un tanque enterrado de ferrocemento, con canaletas y tubos de PVC, filtro de bajante.

*Dibujo: Sarai Francisca Guzmán Ruiz.*



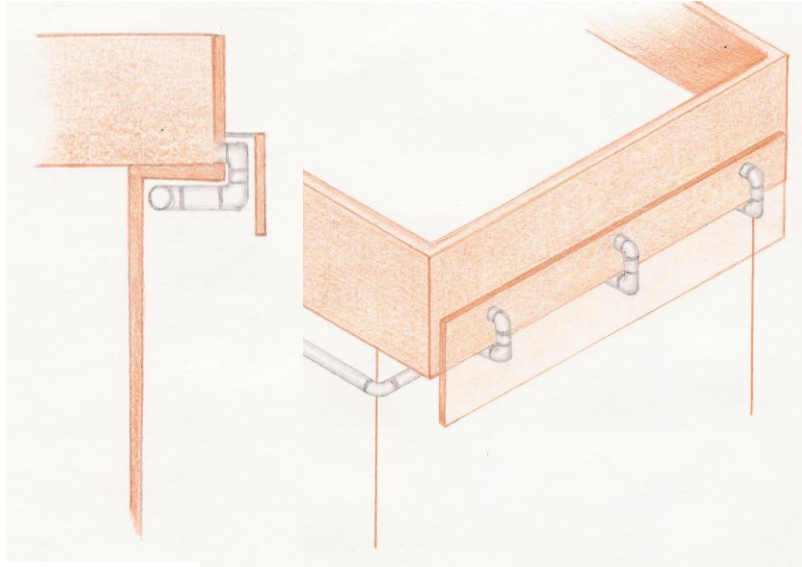
**Imagen 5.5** Donde no sea posible implementar un tanque superficial o enterrado, la recarga artificial de acuíferos es la alternativa, donde los componentes del sistema son las canaletas y los tubos de PVC, para evitar que la tierra se endurezca se colocan gravas y arenas para permitir el flujo de agua hacia las capas inferiores.

*Dibujo: Sarai Francisca Guzmán Ruiz.*



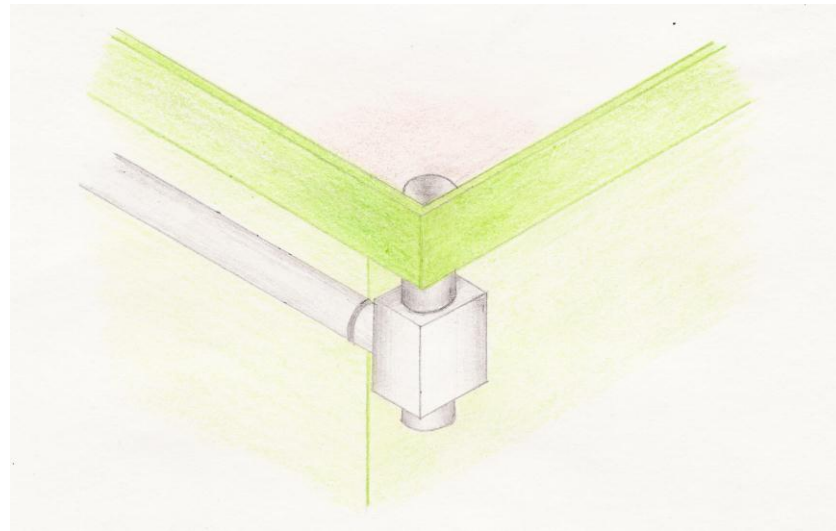
**Imagen 5.6** Para una vivienda con losa plana y pretil, generalmente este tipo de construcciones manejan las bajadas de aguas pluviales en una esquina por lo cual se propone un filtro de bajante y un tanque de almacenamiento ya sea superficial o enterrado.

*Dibujo: Sarai Francisca Guzmán Ruiz.*



**Imagen 5.7** Cuando las viviendas cuenten con dos o más bajadas de agua que dan hacia el exterior, reducir la cantidad de agua que es arrojada hacia las aceras conduciendo el agua hacia un solo punto y colocando un recubrimiento para ocultar la tubería en la fachada de la casa.

*Dibujo: Sarai Francisca Guzmán Ruiz.*



**Imagen 5.8** Losas planas sin pretil, se conducirán las aguas hacia un solo punto donde se colocarán los tubos de bajante para almacenar el agua.

*Dibujo: Sarai Francisca Guzmán Ruiz.*

## **5.4. Decisión de proyecto.**

En base al análisis realizado anteriormente del promedio mensual de precipitación y máximo histórico, las características de los distintos materiales, los requerimientos, la disponibilidad y la viabilidad para su adquisición, transporte y colocación, en relación a las tres comunidades seleccionadas como casos de estudio, se han determinado los elementos necesarios que constituirán el sistema de captación de aguas pluviales, a continuación se describe cada uno de ellos y el proceso de ensamble en caso de ser necesario.

### **LOSA PLANA:**

Para los casos donde la edificación haya sido construida con losa plana el sistema de conducción se limitará a las bajadas de aguas pluviales que ya estaban contempladas en el proyecto original, en caso de no tener bajadas establecidas se propone un medio de conducir las aguas hacia un solo punto donde se encontrará una bajada de aguas pluviales, partiendo de este punto las bajadas de agua conducirán las aguas hacia un filtro que permita separar los residuos orgánicos de mayor tamaño para reducir la cantidad de materia orgánica, un sistema de almacenamiento de primeras aguas o filtro y un tanque de almacenamiento final de ferrocemento superficial o enterrado.

Para la comunidad con las características de Francisco I. Madero el filtro debe ser un elemento indispensable por la cantidad de residuos orgánicos que se llegan a acumular en los techos con estas características, para el caso de la Cumbre Clavellinas puede o no ser un elemento indispensable dependiendo de la cantidad de vegetación que se encuentre en los alrededores de la construcción, si existe algún tipo de vegetación cuyas hojas, frutos o flores se acumulen sobre el techo entonces debe considerarse como indispensable dentro del sistema, esta última condición se aplicará en el caso de Santo Domingo Yanhuitlán, ya que, por los estudios realizados el filtro no es un elemento necesario debido a la ausencia de vegetación pero ayudará a eliminar los componentes orgánicos que pueda acarrear.

### **UNA O DOS AGUAS:**

Para estos casos el sistema de conducción de agua será a base de canaletas de PVC de 200 mm de diámetro para evitar una pérdida de agua por desborde, una bajada de aguas pluviales, un sistema de primeras aguas o filtro y un tanque de almacenamiento elaborado con ferrocemento ya sea superficial o enterrado.

Ya que en las comunidades donde predominan las construcciones de dos aguas las extensiones de terreno para implementar el sistema es suficientemente amplio, por las ventajas y propiedades que presenta el ferrocemento se propone su implementación como un tanque enterrado junto con un filtro de arena para eliminar los restos sólidos.

## 5.5. Presentación de propuestas finales

### 5.5.1. Elementos del sistema

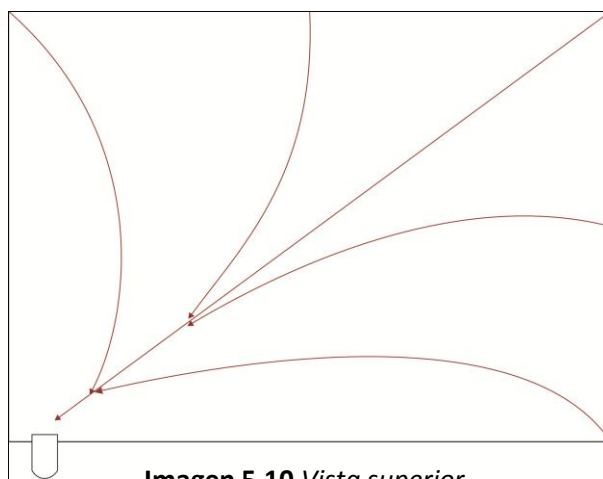
En las viviendas con techos a una o dos aguas no es necesario implementar ninguna medida correctiva para hacer eficiente el obtener el agua de lluvia, pero con los techos de losa plana se presenta un acumulamiento de agua en ellos que pueden llegar a producir filtración al interior de la vivienda; es más común este problema en los techos con losa plana que no tienen pretil, ya que las casas que cuentan con él por reglamento sus losas tienen una inclinación del 2% para llevar el líquido hacia las bajadas de agua. Para los casos donde las viviendas posean losa plana sin pretil se propone la medida correctiva para conducir el agua hacia un solo punto para posteriormente almacenarla. La propuesta es poner pendiente en un alosa que carece de ellas para así conducir el agua hacia un punto en específico agregando como máximo lo equivalente a una pendiente del 2% con respecto al punto del que se tome, se aumentará en todo el contorno ya que irá disminuyendo conforme se acerque a la bajada de aguas pluviales, este agregado servirá también para fijar el tubo de bajada como puede observarse en la imagen.



**Imagen 5.9** Vista lateral de la vivienda con losa plana.

*Dibujo: Sarai Francisca Guzmán Ruiz.*

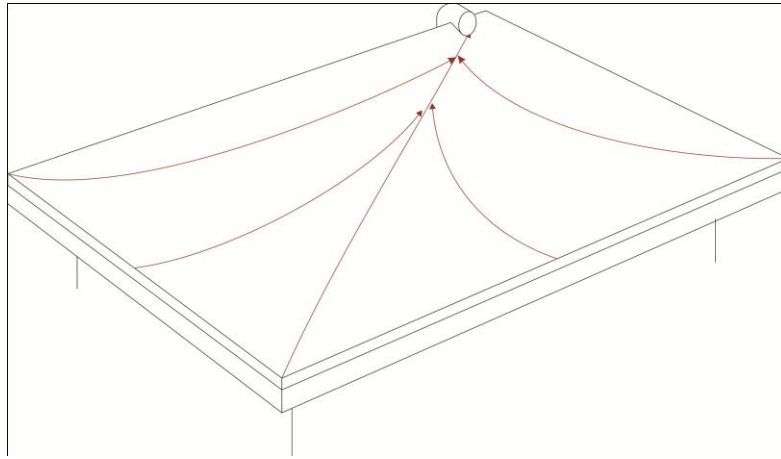
La pendiente del 2% se aplica de tal forma que de los cuatro puntos conduzca el agua hacia la bajada de agua como se muestra en la imagen, el diseño asemeja una hoja de árbol.



**Imagen 5.10** Vista superior.

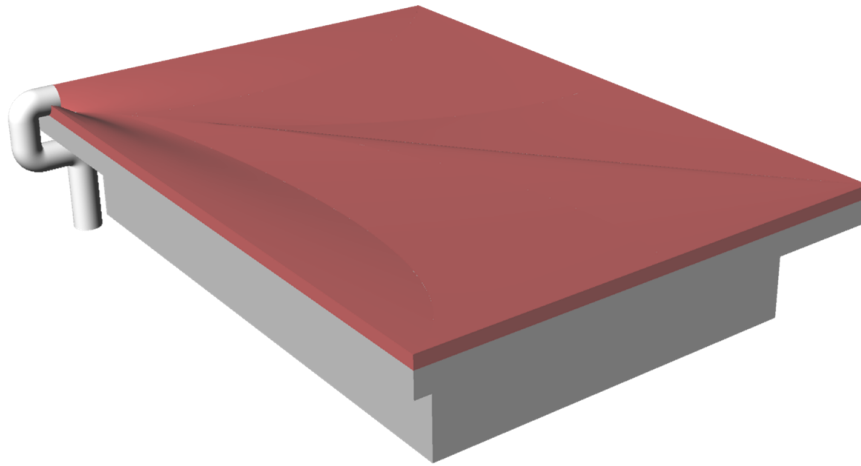
*Dibujo: Sarai Francisca Guzmán Ruiz.*





**Imagen 5.11** *Isométrico de la losa.*  
Dibujo: Sarai Francisca Guzmán Ruiz.

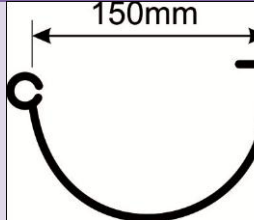
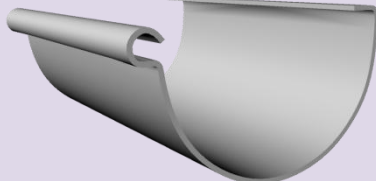
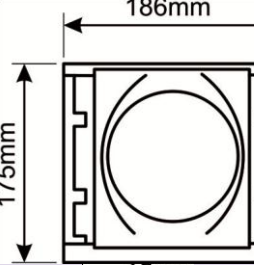

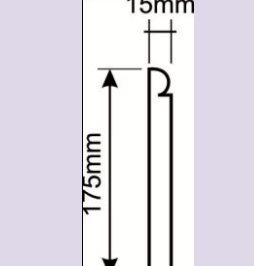

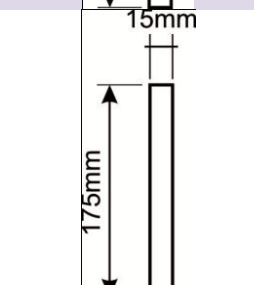
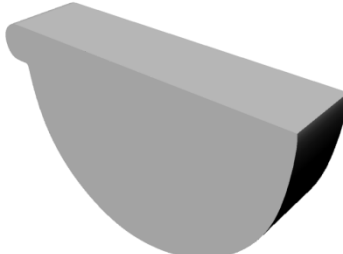
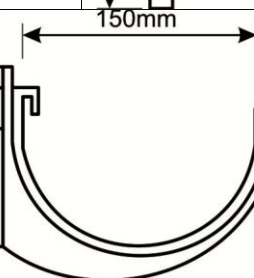
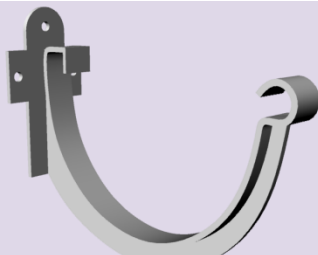
Se aprecia como el diseño conduce el agua que se recolecta hacia un solo punto, dado que el agregado en el contorno tiene una altura de 5 cm el agua es conducida hacia el centro y después hacia la bajada de agua evitando que se escurra por los bordes de la losa.



**Imagen 5.12** *Losa plana con agregado.*  
Dibujo: Sarai Francisca Guzmán Ruiz.

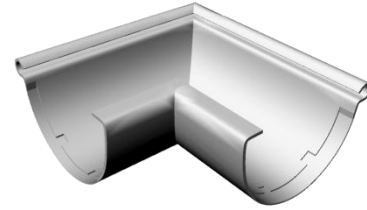
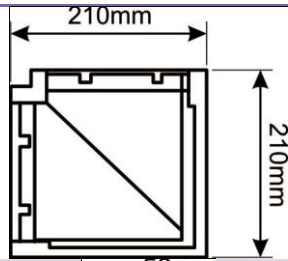
La propuesta es correctiva y aplica a las viviendas tradicionales donde la vivienda es del tipo que se muestra en la imagen, en construcciones donde las losas sean de distinta geometría o como en el caso de la comunidad de Santo Domingo Yanhuitlán donde se combinan deberá tratarse de forma que pueda aprovecharse una bajada para ambos techos.

Los elementos necesarios e indispensables que se usan para ensamblar el sistema de conducción en construcciones con área de captación a dos aguas y los elementos para llevar de las bajas de agua al tanque de almacenamiento son:

Especificaciones	Perfil	
<p><b>CANALETA DE PVC</b> 3m de largo, 150mm de diámetro Se coloca en el extremo del área de captación para conducir el agua hacia el tubo de bajada.</p>		
<p><b>EMBUDO</b> Se coloca en el extremo que fue designado para la bajada, previamente debió colocarse la tapa correspondiente en el extremo del embudo.</p>		
<p><b>TAPA PARA EMBUDO</b> Se coloca en un extremo del embudo para evitar la fuga de agua.</p>		
<p><b>TAPA PARA CANALETA</b> Se coloca en los extremos de las canaletas para evitar la pérdida de agua por los extremos.</p>		
<p><b>SOPORTE PARA CANALETA</b> Se colocan a una distancia no mayor a 50-60cm uno de otro para soportar los complementos y garantizar la estabilidad del sistema de captación.</p>		

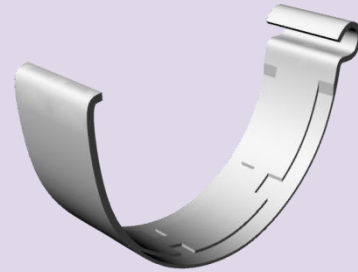
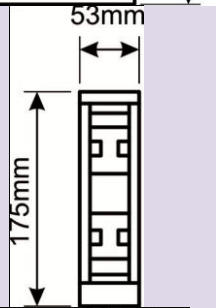
### ESQUINERO

Se coloca en cada una de las esquinas donde sea necesario para conducir el agua en un ángulo de 90 grados en caso de ser necesario.



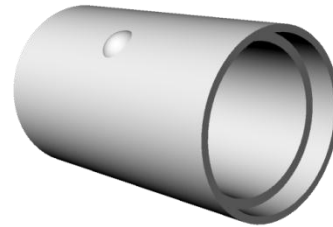
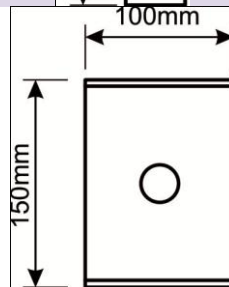
### UNION PARA CANALETA

Se coloca cada tres metros ya que es el largo con el que fabrican las canaletas, sirve para unir dos tramos y se debe pegar perfectamente para evitar fugas o que colapse el sistema.



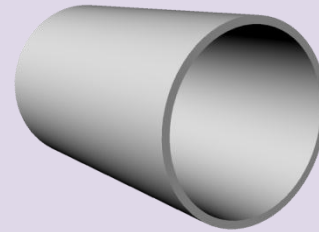
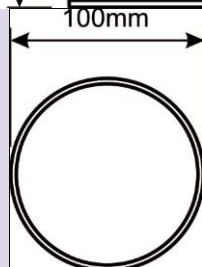
### ENCHUFE DOBLE

Se usará en caso de que en el tubo de bajada sea necesario para aumentar un tramo para llegar al depósito de almacenamiento.



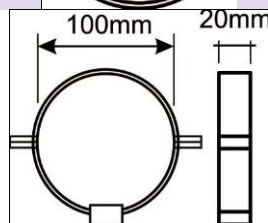
### TUBO DE DESCARGA

3m de largo, 10 cm de diámetro. Se utiliza para conducir el agua captada en las canaletas hacia el depósito de almacenamiento final.



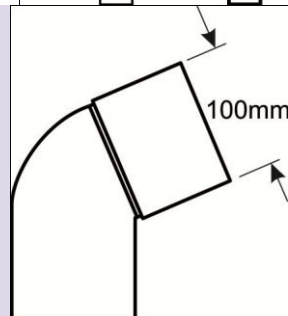
### ABRAZADERA

La distancia entre abrazaderas será como máximo de 2m, se utilizan para fijar el tubo de descarga.



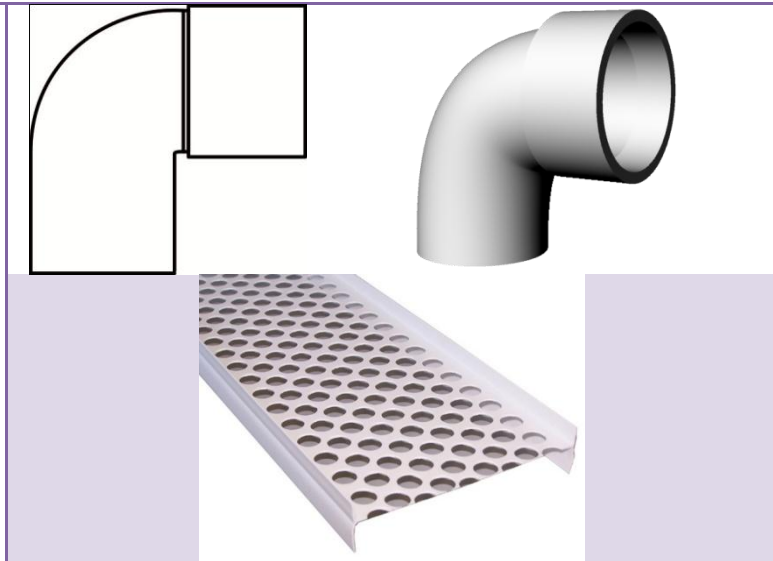
### CODO

Se utiliza para conectar el embudo con el tubo de descarga, para llevarlo paralelo a la pared y se integre a la construcción. Generalmente se utilizan dos.



**CODO**  
 Se utiliza para conectar el embudo con el tubo de descarga, para llevarlo paralelo a la pared y se integre a la construcción. Generalmente se utilizan dos.

**MALLA PARA CANALETAS**  
 Se coloca a todo lo largo de la canaleta para evitar que los residuos orgánicos acumulados en el techo lleguen al tanque de almacenamiento.

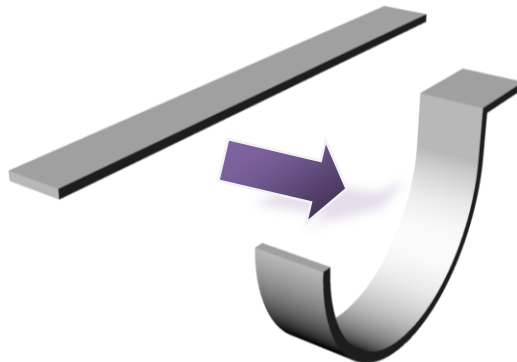


Imágenes: Sarai Francisca Guzmán Ruiz

**Tabla 5.3** Elementos del sistema.

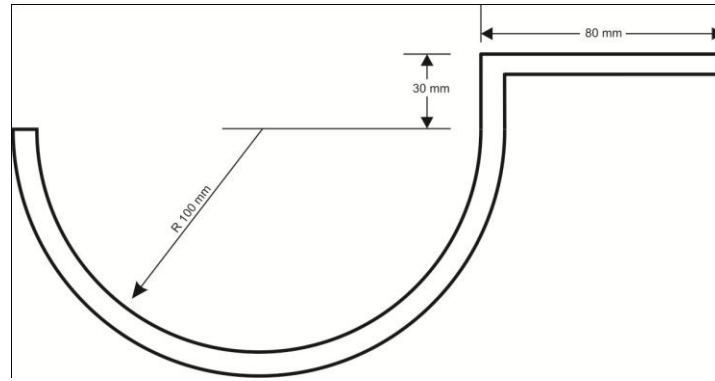
Cabe señalar que cada uno de los elementos puede ser adquirido en establecimientos comerciales o elaborado de forma casera.

De los elementos necesarios para la implementación del sistema existen piezas que pueden ser remplazadas por unas hechas manualmente, y otras es mejor adquirirlas por la calidad que ofrecen. Las canaletas se pueden elaborar de mitades de tubos de PVC ya que utilizar cualquier otro material no ofrece la estabilidad y resistencia que se requiere para soportar el peso del agua de lluvia. La malla para la canaleta puede ser tela para mosquitero, malla metálica tipo “C” con separación menor de 1”, para así poder retener la materia orgánica. Los soportes para canaleta y las abrazaderas pueden ser elaborados con tramos de 42.5 centímetros de solera de 1/8” x 1” y dándoles la forma de media circunferencia de tal forma que la mitad de tubo de PVC pueda quedar dentro dejando una ceja para fijarla a las láminas del techo.



**Imagen 5.13** Procedimiento para elaborar un soporte con un tramo de solera.

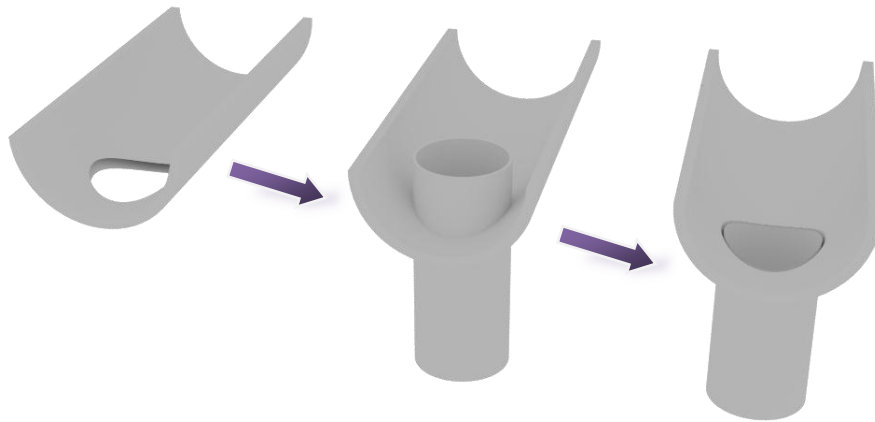
Dibujo: Sarai Francisca Guzmán Ruiz



**Imagen 5.14** Medidas para elaborar el soporte para canaleta con solera.

*Dibujo: Sarai Francisca Guzmán Ruíz*

Para remplazar las uniones para canaletas se puede colocar un soporte justo en la unión y poner sellador para evitar fugas de agua. Para fabricar el embudo, a la mitad de tubo se le hace un agujero del diámetro del tubo, se inserta el tubo y se le pone sellador alrededor para tapar cualquier imperfección que se produjo al realizar el corte, debiendo quitar el sobrante de tubo para que el agua pueda llegar hasta él y bajar.



**Imagen 5.15** Procedimiento para elaborar un embudo con un tubo.

*Dibujo: Sarai Francisca Guzmán Ruíz*

Para tener una idea más amplia de cuánto cuesta implementar el sistema de captación se presentan los precios de los componentes por unidad, el primero es el precio ofrecido por la empresa Nicoll quien es proveedora de piezas prefabricadas para la captación de aguas pluviales. El segundo son costos obtenidos de la ferretería Construrama de piezas que se utilizarán para armar el sistema de forma casera aplicándoles un cambio físico.

Elementos	Costo Unitario	Cantidad	Costo
<b>CANALETA DE PVC</b> Tramo de 3 metros	\$ 240.00	6	\$ 1,440.00
<b>EMBUDO</b>	\$ 27.00	2	\$ 54.00
<b>TAPA PARA EMBUDO</b>	\$ 5.00	2	\$ 10.00
<b>TAPA PARA CANALETA</b>	\$ 5.00	2	\$ 10.00
<b>SOPORTE PARA CANALETA</b>	\$ 8.00	32	\$ 256.00
<b>UNION PARA CANALETA</b>	\$ 5.00	4	\$ 20.00
<b>ENCHUFE DOBLE</b>	\$ 12.00	1	\$ 12.00
<b>TUBO DE DESCARGA</b>	\$ 92.00	3	\$ 276.00
<b>ABRAZADERA</b>	\$ 10.00	3	\$ 30.00
<b>CODO 90°</b>	\$ 9.00	2	\$ 18.00
<b>TEE 4"</b>	\$ 8.00	1	\$ 8.00
	<b>TOTAL</b>		<b>\$ 2,134.00</b>

**Tabla 5.4** Cotización de un sistema completo.

Elementos	Costo Unitario	Cantidad	Costo
<b>TUBO DE PVC 8"</b> Tramo de 3 metros	\$434.50	3	\$ 1,303.50
<b>TAPA PARA TUBO DE 8"</b>	\$ 13.50	1	\$ 13.50
<b>SOLERA PARA SOPORTES</b> 1 kilogramo	\$ 13.20	13	\$ 171.60
<b>TUBO DE PVC 4"</b> Tramo de 3 metros	\$ 92.00	3	\$ 276.00
<b>CODO 90°</b>	\$ 9.00	2	\$ 18.00
<b>TEE 4"</b>	\$ 8.00	1	\$ 8.00
	<b>TOTAL</b>		<b>\$ 1,790.60</b>

**Tabla 5.5** Costos de material.

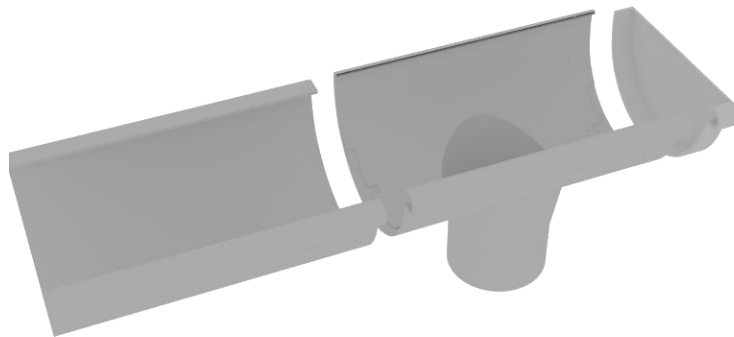
### Ensamble de piezas

Para llevar a cabo el ensamble de piezas de PVC se debe realizar con pegamento especial para este tipo de material, lo cual garantiza que las uniones sean resistentes y firmes. Se muestran los ensambles más utilizados al implementar el sistema ya sea con piezas adquiridas de algún fabricante o hechas de forma casera como se explicó anteriormente.



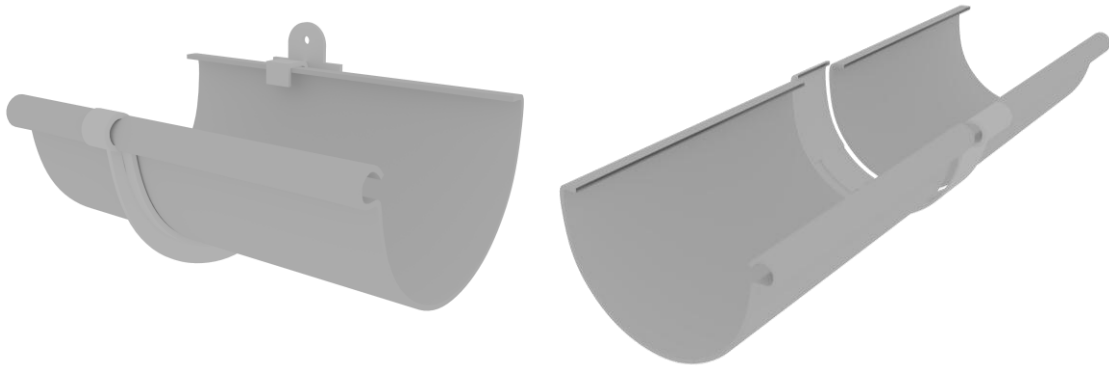
**Figura 5.16** Unión de la canaleta con el embudo de bajada.

*Dibujo: Sarai Francisca Guzmán Ruíz*

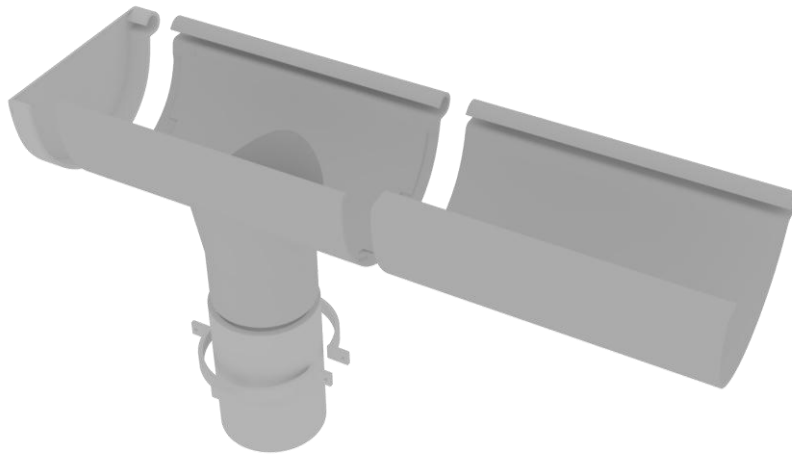


**Figura 5.17** Unión de la canaleta, embudo y tapa.

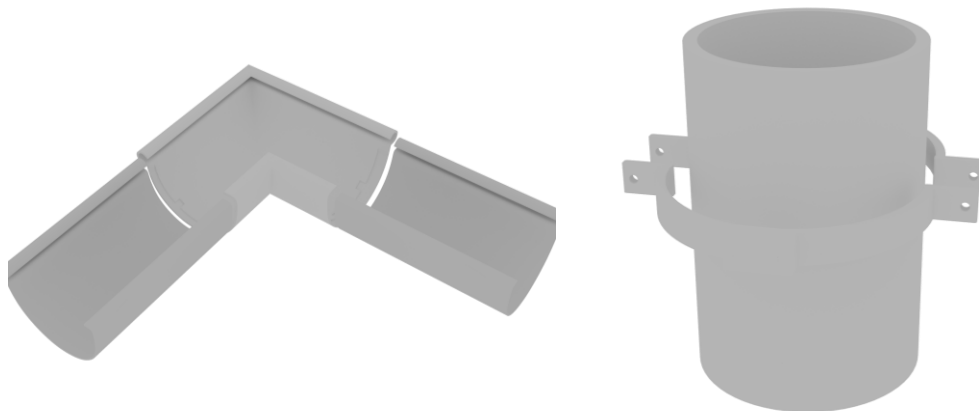
*Dibujo: Sarai Francisca Guzmán Ruíz*



**Figura 5.18** Colocación de la canaleta (Izquierda) y Unión de dos tramos de canaletas (Derecha).  
Dibujos: Sarai Francisca Guzmán Ruíz



**Figura 5.19** Unión del sistema de bajada de aguas.  
Dibujo: Sarai Francisca Guzmán Ruíz



**Figura 5.20** Unión de las canaletas en una esquina (izquierda) y colocación de una abrazadera (derecha).  
Dibujos: Sarai Francisca Guzmán Ruíz



## 5.5.2. Diseño de depósito y sistema

Debido a que los elementos están propuestos de ferrocemento se explicará el proceso constructivo para después pasar al diseño de los elementos. Como primer paso deben calcularse las dimensiones. Los materiales a utilizar para la construcción como se explicaron en el **Punto 5.2.2** son:

- Cemento.
- Arena, con granulometría de 2.15 a 2.75 mm.
- Agua.
- Acero.
- Malla de refuerzo.
- Agregados.

Material	Unidad	costo
<b>CEMENTO</b>	Bulto	\$84.00
<b>ARENA</b>	M <sup>3</sup>	\$ 150.00
<b>VARILLA 3/8"</b>	Pieza	\$ 253.00
<b>MALLA DE ACERO EXPANDIDO</b>	Rollo de 30 metros lineales	\$ 384.00
<b>MALLA ELECTROSOLDADA</b>	Rollo 40 m	\$ 2750.00
<b>ALAMBRE</b>	Kilo	\$ 13.00

**Tabla 5.6** Costos de material para ferrocemento.

Los costos fueron proporcionados por la ferretera Construrama en el mes de Octubre de 2013. Una vez teniendo los materiales el procedimiento de construcción con ferrocemento es sencillo, los pasos principales a seguir son<sup>116</sup>:

- ✓ Colocación de la malla de alambre en la posición adecuada.
- ✓ Mezcla de mortero.

<sup>116</sup> FUNDAMENTOS PARA LA APLICACIÓN DE FERROCEMENTO. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria División de Salud y Ambiente, Organización Panamericana de Salud, Oficina Sanitaria Panamericana-Oficina Regional de la Organización Mundial de la Salud.

- ✓ Aplicación del mortero.
- ✓ Curado.

Si se trata de un tanque superficial se prepara la base aplanando el terreno y si se trata de un tanque enterrado después excavar se aplanan la tierra para mantenerla firme y evitar derrumbes.



**Imagen 5.21** Base para tanque superficial.

Foto: Arq. Jesús Sánchez Luqueño



**Imagen 5.22** Forjado de tierra para tanques enterrados.

Foto: Arq. Jesús Sánchez Luqueño

**Colocación del refuerzo:** la malla y el acero del armazón deben estar firmemente sujetos cada uno para que se mantengan en su posición original durante la aplicación del mortero y el vibrado, también deben estar tensados a fin de que cuando las sollicitaciones lo requieran toda la armadura trabaje en conjunto.

La longitud del traslape entre mallas varía de 25 a 30 cm, las varillas de las uniones generalmente se amarran con alambre de acero, las mallas de refuerzo se amarran a las varillas de acero del armazón, con alambre de amarre en intervalos de 15 a 30 cm.



**Imagen 5.23 Armado de la estructura.**

*Foto: Arq. Jesús Sánchez Luqueño*

**Preparación del mortero:** se emplea una proporción en peso de cemento-arena que consiste en una parte de por 1.5 a 2 partes de arena. La relación agua-cemento en peso, debe mantenerse lo más baja posible entre 0.3 y 0.4 para darle al material calidad y trabajabilidad consistentes.

Si fuera necesario pueden utilizarse aditivos, se recomienda el uso de mezcladora para vaciado de volúmenes importantes y el uso de trompos para vaciados pequeños.

**Aplicación del mortero:** se coloca a través del enlucido a mano, en este proceso el mortero es forzado a través de la malla. La aplicación del mortero a mano ha resultado ser el medio más conveniente, se utilizan los dedos y las palmas para aplicar el mortero sobre la estructura formada por la malla de alambre y debido a lo compacto de la mezcla, el mortero permanece en su posición después de colocado.

Existen técnicas de aplicación del mortero, siendo las más usadas la técnica en una capa y la de dos capas.

*La técnica en una capa:* consiste en reforzar el mortero de afuera hacia adentro de la malla y posteriormente darle el acabado final. Nunca debe aplicarse el mortero simultáneamente en los dos lados, pues esto da como resultado que quede aire atrapado entre las capas produciendo laminación en la superficie del casco. Al aplicar el mortero es importante asegurar que el recubrimiento final o capa de acabado que conforma la estructura, se coloque antes de que ocurra el fraguado final de la aplicación de mortero principal.

*La técnica en dos capas:* la ventaja principal en este proceso es que al aplicar el mortero en el lado contrario puede colocarse sobre una superficie sólida obteniéndose una estructura más densa, sin embargo la vibración es esencial cuando se esté aplicando la segunda capa de mortero. Después de terminar la primera aplicación del mortero en la operación en dos capas y de haber aplanado la superficie de la manera acostumbrada, debe dejarse curar la estructura con humedad al menos durante 10 a 14 días.

Antes de aplicar la segunda capa, es esencial limpiar bien la superficie y quitar todo el material suelto. Después puede extenderse o aplicarse a manera de pintura, sobre la superficie una lechada de cemento con consistencia gruesa, antes de la aplicación del mortero. Esta técnica trata de evitar el riesgo de separación entre las dos capas, pero aún quedan dudas respecto a la calidad absoluta de la unión entre las dos capas.



**Imagen 5.24** Aplicación del mortero.

*Foto: Arq. Jesús Sánchez Luqueño*

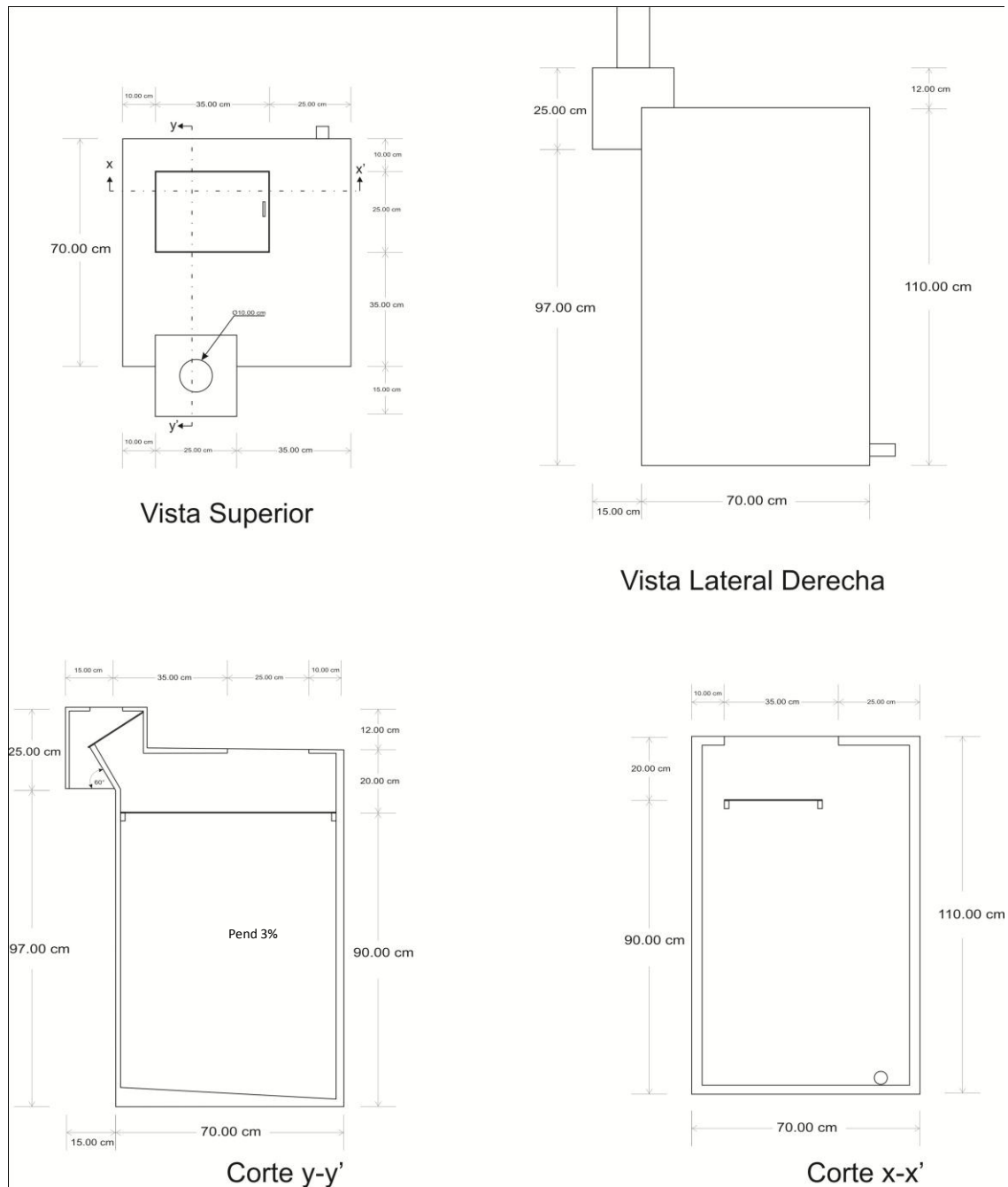
**Curado:** es de vital importancia para lograr una buena hidratación en el cemento en sus fases de endurecimiento. El propósito del curado es conservar saturado el mortero, hasta que el espacio originalmente lleno de agua en la pasta de cemento fresco se haya llenado al grado deseado por los productos de hidratación del cemento. El curado por humedad se hace por un espacio de 10 a 14 días consecutivos.



**Imagen 5.25** Tanque terminado.

*Foto: Arq. Jesús Sánchez Luqueño*

El filtro que se propone se construye con la técnica de ferrocemento, los materiales que se requieren para su elaboración aparte de los necesarios para el ferrocemento son: grava media (Granulometría de 20-6.3 mm)<sup>117</sup>, arena gruesa (Granulometría de 2.0 a 0.63 mm)<sup>118</sup>, arena fina (Granulometría de 0.2 a 0.063 mm)<sup>119</sup>, malla para mosquitero y alambrión.



**Imagen 5.26** Plano del filtro. (Planos detallados en el ANEXO)

Dibujo: Sarai Francisca Guzmán Ruiz

<sup>117</sup> ISO 14688-1

<sup>118</sup> Ídem

<sup>119</sup> Ídem

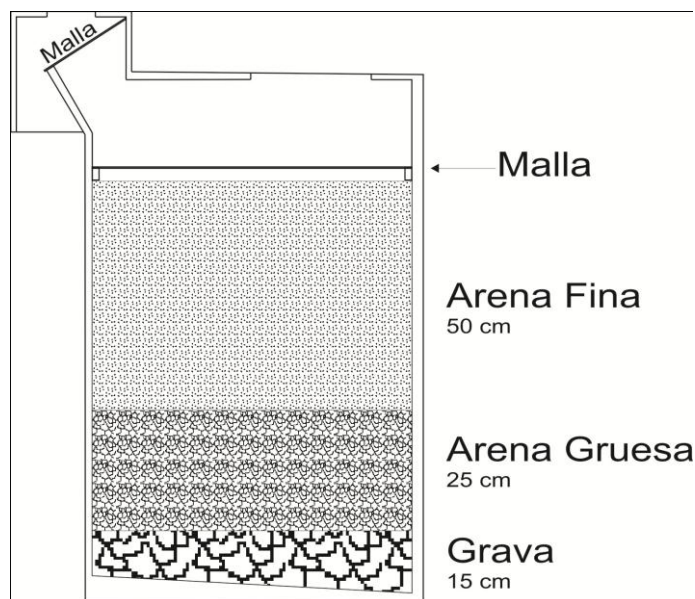
En el plano anterior se muestran las medidas del filtro, en el interior lleva una malla cuya función es retener los sólidos que lleguen a penetrar la primera malla y la segunda función frenar la presión con la que llega el agua para evitar que llegue directamente con la presión al interior del filtro. En seguida se muestra el armado de la malla que se encontrará sujeta a un marco de alambazón para darle la forma y poder colocarla en la parte interna del filtro, siendo un elemento móvil puede ser remplazado cuantas veces sea necesario. Se requiere un trozo de alambazón de 180 centímetros.



**Imagen 5.27** Elaboración de la malla para filtro.

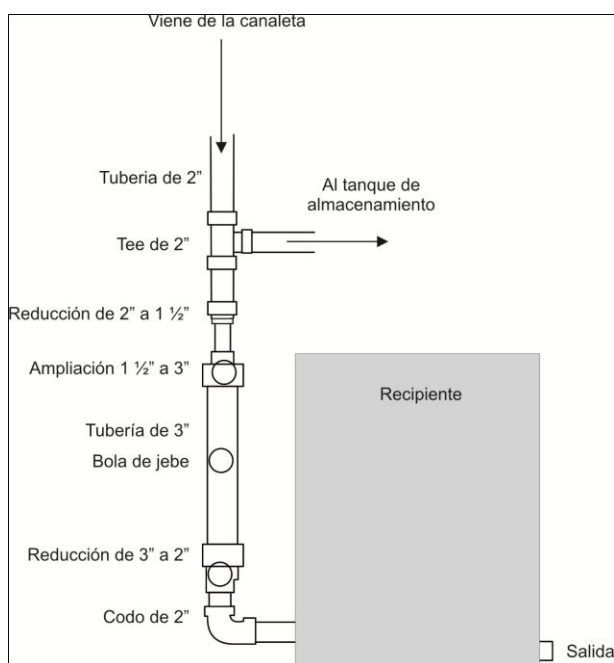
*Dibujo: Sarai Francisca Guzmán Ruiz*

Para terminar de construir el filtro se rellena con la grava y las arenas, en orden de abajo hacia arriba se colocará primero la grava, la arena gruesa y por último la arena fina siendo cada vez más gruesas las capas como se muestra a continuación. Este tipo de filtro se propone únicamente en caso de construir un tanque enterrado ya que funciona por gravedad.



**Imagen 5.28** Relleno del filtro. Dibujo: Sarai Francisca Guzmán Ruiz

El sistema de primeras aguas se elabora con una serie de tubos como se muestra en el diagrama, la función principal es contener las aguas que tienen la mayor cantidad de contaminantes que el agua atrapa de la atmosfera y del techo que se han acumulado desde la última precipitación, el sistema de funcionamiento es sencillo cuanto más suba el agua, la bola de jebes sube junto con el nivel y al llenarse el recipiente la bola tapa la tubería sellando la entrada y desviándola a la tubería que la lleva al tanque de almacenamiento. El recipiente se propone construido en sitio con ferrocemento, perfil circular con un radio de 35 cm con una altura de 90 cm.



**Imagen 5.29** Sistema de primeras aguas.

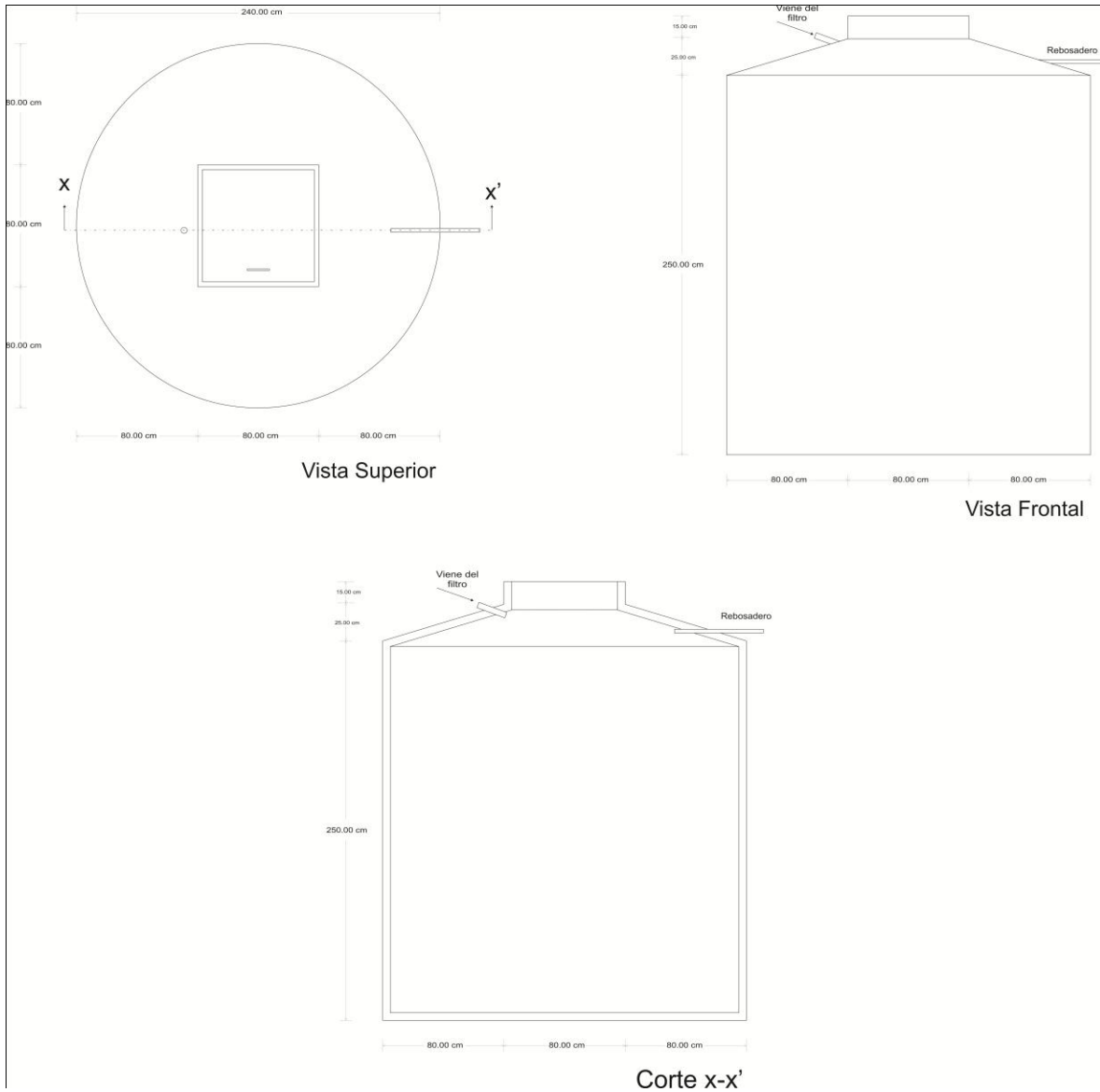
*Dibujo: Sarai Francisca Guzmán Ruiz*

El costo de implementar el sistema de primeras aguas está determinado por la cantidad de componentes, cuyos costos se refieren de la ferretera Construrama consultados en Octubre de 2013.

Material	Unidad	costo
<b>1 TUBERÍA DE 2"</b>	Tramo de 3 metros	\$ 47.50
<b>1 TEE DE 2"</b>	Pieza	\$ 5.50
<b>1 REDUCCIÓN DE 2" A 1 ½"</b>	Pieza	\$ 5.50
<b>1 AMPLIACIÓN DE 1 ½" A 3"</b>	Pieza	\$ 5.50
<b>1 TUBERÍA DE 3"</b>	Metro	\$ 15.50
<b>1 REDUCCIÓN DE 3" A 2"</b>	Pieza	\$ 5.50
<b>1 CODO DE 90° DE 2"</b>	Pieza	\$ 3.50
<b>TOTAL</b>		<b>\$ 88.50</b>

**Tabla 5.7** Costos para sistema de primeras aguas.

Para los casos de estudio, la meta es recolectar agua para una familia nuclear que cuenta con 4 integrantes para abastecerse durante un mes, debe construirse un tanque que contenga 10,000 litros tomando en cuenta un gasto de 80 litros por persona al día, se necesita un volumen de 10 metros cúbicos, si la altura promedio de los tanques de almacenamiento es de 2.5 metros su radio debe ser de 1.2 metros.

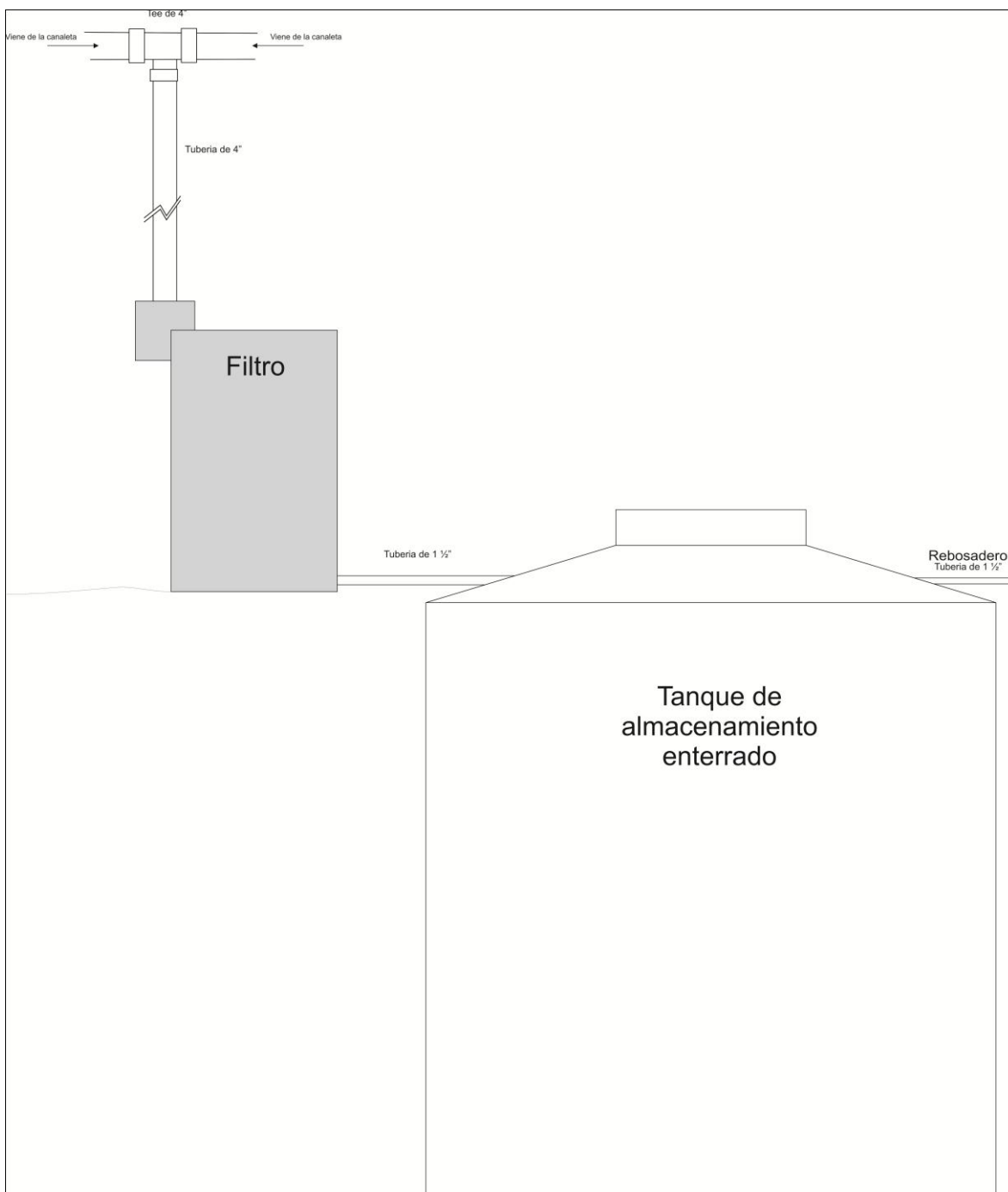


**Imagen 5.30** Plano del tanque de almacenamiento. (Planos detallados en el ANEXO)  
 Dibujo: Sarai Francisca Guzmán Ruiz

El diseño para el tanque de almacenamiento puede manejarse tanto superficial como enterrado, debe tenerse en cuenta que un tanque construido con ferrocemento debe contener siempre un mínimo de agua para evitar que se agriete por las altas temperaturas.

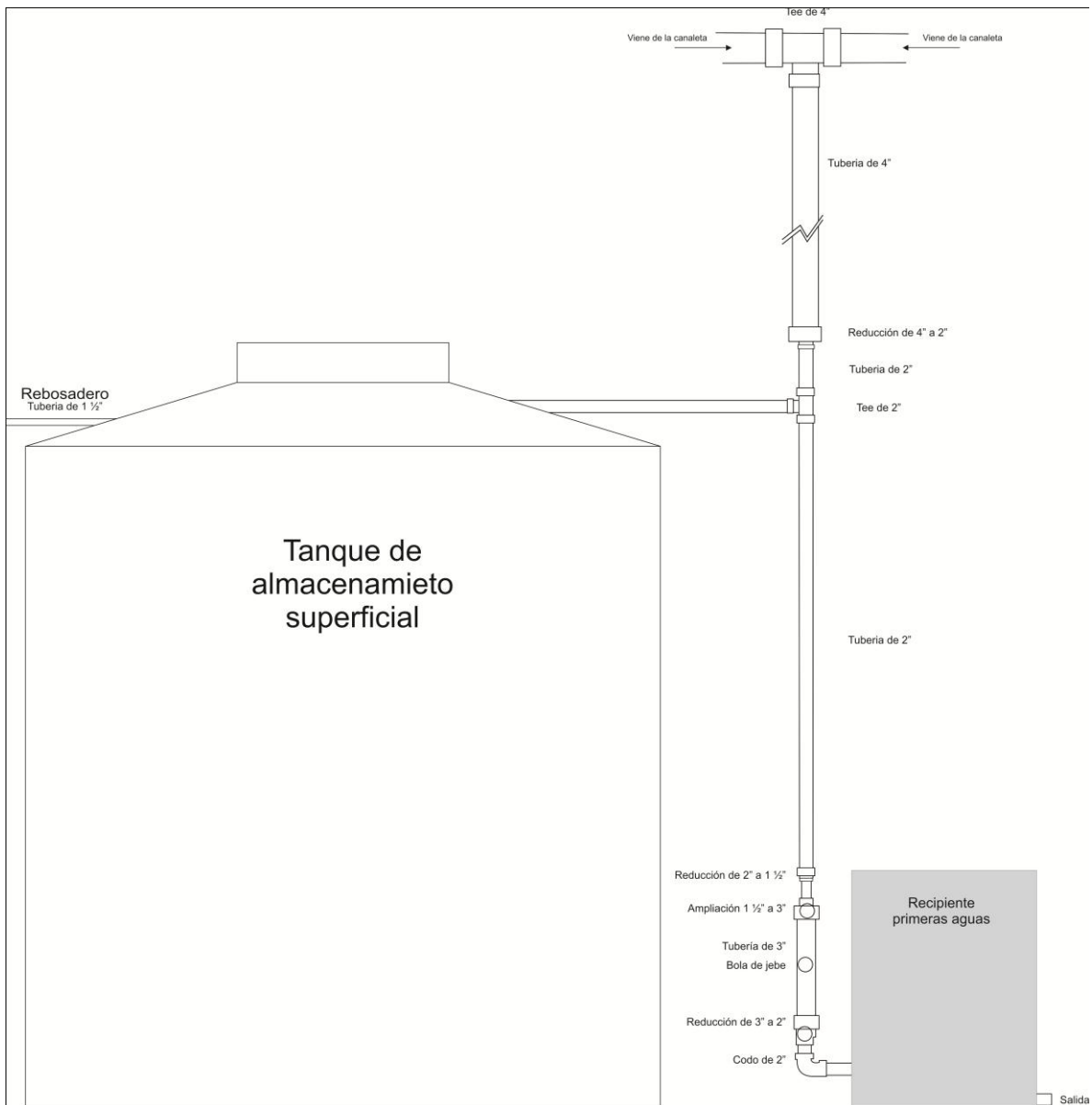


El sistema de captación, independientemente de la forma de captarla, conducir el agua hasta el tanque de almacenamiento se llevará a cabo de la siguiente forma:



**Imagen 5.31** Sistema con tanque enterrado.

*Dibujo: Sarai Francisca Guzmán Ruiz*



**Imagen 5.32** Sistema con tanque superficial.

*Dibujo: Sarai Francisca Guzmán Ruiz*

Una vez descritos cada uno de los elementos que conforma el sistema de captación, se propondrán para cada una de las comunidades de acuerdo al tipo de viviendas que se encuentran en cada una de ellas. En el caso de Santo Domingo Yanhuitlán donde las viviendas son más reducidas el espacio disponible será un factor importante para determinar la capacidad del tanque de almacenamiento.

En el caso de contratar personal para desempeñar el trabajo de construcción se debe considerar en los costos la mano de obra la cual se cotiza aproximadamente con un maestro albañil y un

ayudante en \$2,100.00 y \$1,500.00 semanales respectivamente, con lo cual habrá de añadirse al costo del sistema.

### **5.5.3. Diseño para la comunidad de Francisco I. Madero**

Para la comunidad de Francisco I. Madero agencia de Santiago Xiacui de acuerdo con el estudio realizado las viviendas son de una o dos aguas, tomando una vivienda de dimensiones promedio de 5x8 metros a dos aguas, considerando las condiciones climáticas, la vegetación y la abundancia de agua, el sistema necesitará los siguientes materiales:

- 6 Canaletas de PVC de 3m de longitud.
- 2 Embudos de PVC.
- 32 Soportes para canaletas.
- 4 Uniones para canaletas de PVC.
- 2 Tapas para canaleta de PVC.
- 2 Tapas para embudo de PVC.
- 2 Tubos de bajada de PVC de 4" de 3m de longitud.
- Sistema de filtrado o captación de primeras aguas.
- Tanque superficial o enterrado.



**Imagen 5.33 Canaleta colocada.**  
*Dibujo: Sarai Francisca Guzmán Ruiz*



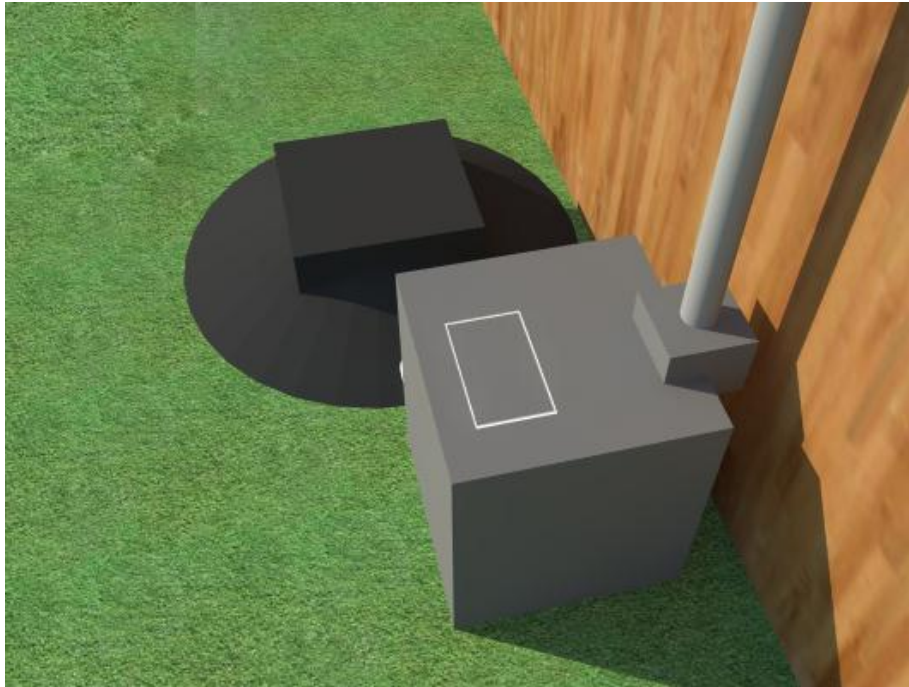
**Imagen 5.34** Sistema de tanque enterrado y filtro.

*Dibujo: Sarai Francisca Guzmán Ruiz*



**Imagen 5.35** Implementación del tanque enterrado.

*Dibujo: Sarai Francisca Guzmán Ruiz*



**Imagen 5.36** Detalle de filtro y tanque.

*Dibujo: Sarai Francisca Guzmán Ruiz*

Dado que en esta comunidad el terreno es irregular puede haber casos en los que se implemente el tanque superficial con sistema de primeras aguas.



**Imagen 5.37** Implementación de tanque superficial.

*Dibujo: Sarai Francisca Guzmán Ruiz*

#### 5.5.4. Diseño para la comunidad de La Cumbre Clavellinas

Para la comunidad llamada La Cumbre Clavellinas de acuerdo con el estudio realizado las viviendas son de una o dos aguas al igual que en el caso anterior, tomando una vivienda de dimensiones promedio de 5x8 metros a dos aguas, considerando las condiciones climáticas, la vegetación, los servicios públicos escasos, la condición económica, el sistema necesitará los siguientes materiales:

- 6 Canaletas de PVC de 3m de longitud.
- 2 Embudos de PVC.
- 32 Soportes para canaletas.
- 4 Uniones para canaletas de PVC.
- 2 Tapas para canaleta de PVC.
- 2 Tapas para embudo de PVC.
- 2 Tubos de bajada de PVC de 4" de 3m de longitud.
- Sistema de filtrado o recipiente de primeras aguas.
- Tanque de almacenamiento cuyos materiales y método de construcción ya fueron descritos anteriormente.
- Tanque de almacenamiento prefabricado de capacidad elegida por el usuario.

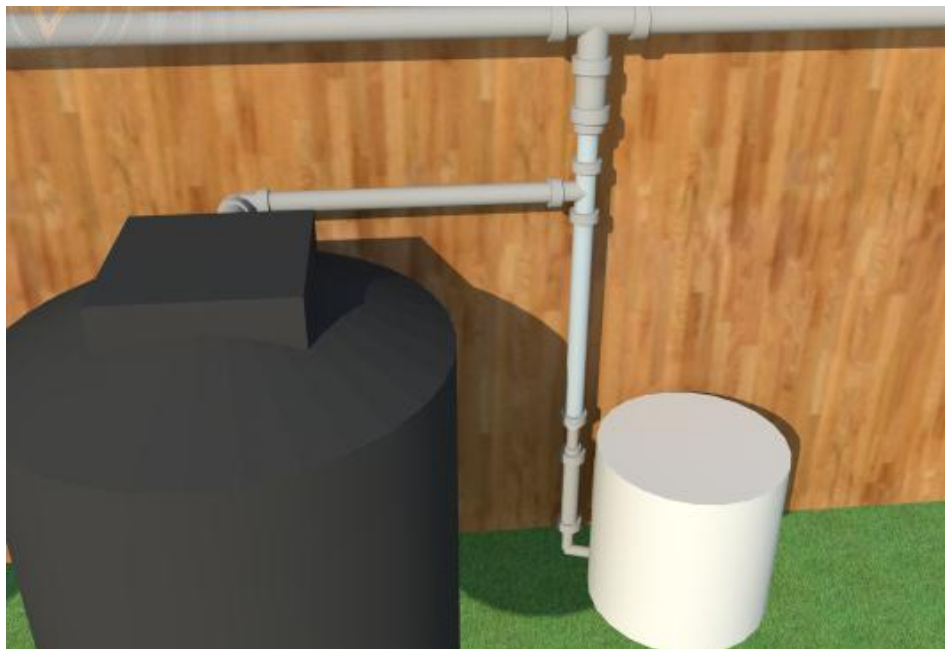


**Imagen 5.38** Implementación de tanque enterrado.

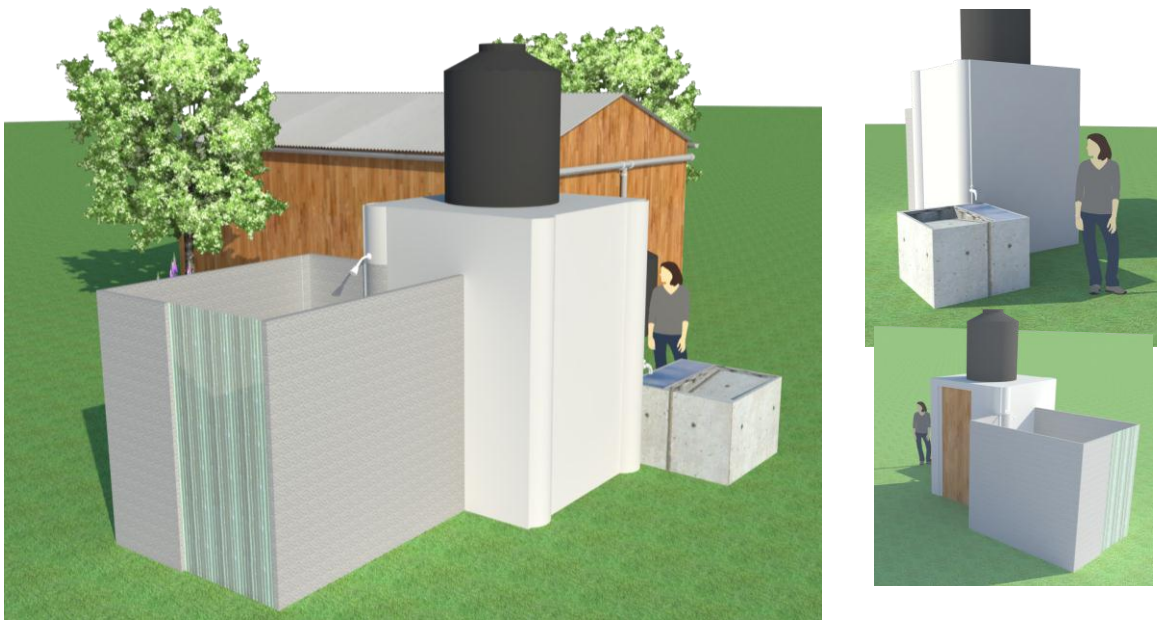
*Dibujo: Sarai Francisca Guzmán Ruiz*



**Imagen 5.39** Implementación de tanque superficial.  
*Dibujo: Sarai Francisca Guzmán Ruiz*



**Imagen 5.40** Detalle sistema de primeras aguas.  
*Dibujo: Sarai Francisca Guzmán Ruiz*



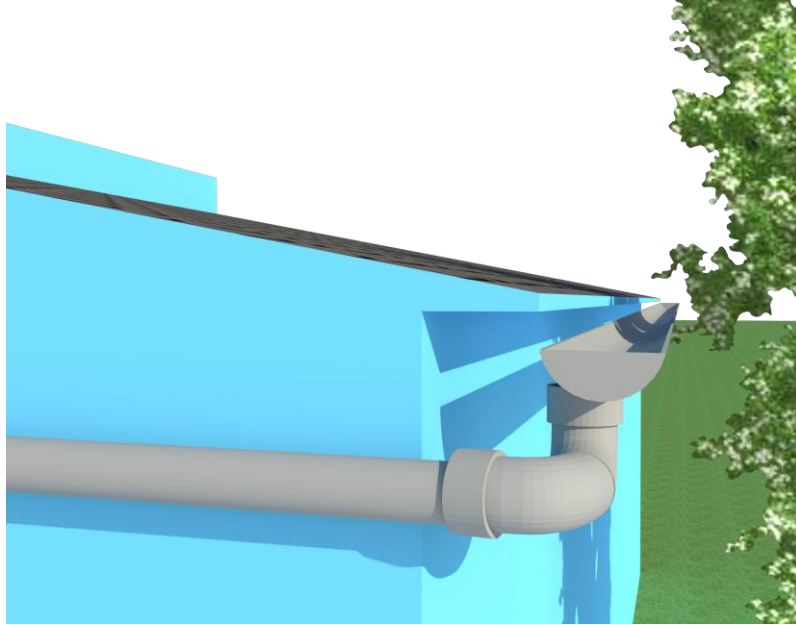
**Imagen 5.41** Agregado para uso de aguas pluviales por gravedad.  
 Dibujo: Sarai Francisca Guzmán Ruiz

### 5.5.5. Diseño para la comunidad de Santo Domingo Yanhuatlán

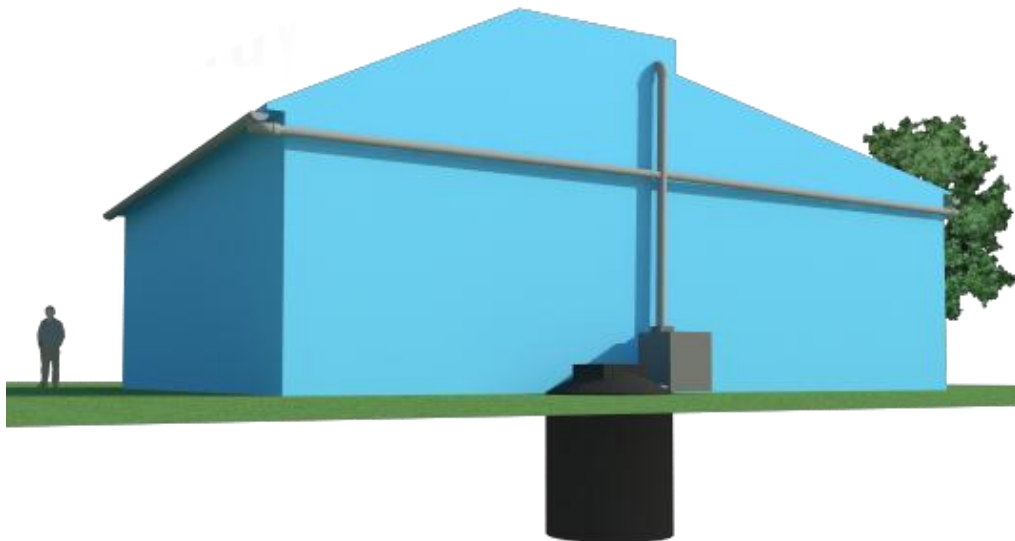
La comunidad de Santo Domingo Yanhuatlán de acuerdo con el estudio realizado las viviendas poseen distintos tipos de estilos de construcción al igual que el material de los techos es distintos debido a la disponibilidad de materiales, las condiciones climáticas son semi áridas, la población cuenta con todos los servicios públicos, la extensión de las viviendas se reduce considerablemente con respecto de los dos casos anteriores por lo que el espacio disponible es un factor importante para la implementación del sistema, deberá decidirse de forma particular la capacidad del tanque en función del espacio y ver si implementarlo superficial o enterrado; se tomará una vivienda con losa mixta que incorpora dos tramos a un agua y una parte de losa plana de 10x3 metros, el sistema necesitará los siguientes materiales:

- 7 Canaletas de PVC de 3m de longitud.
- 2 Embudos de PVC.
- 40 Soportes para canaletas.
- 6 Uniones para canaletas de PVC.
- 2 Tapas para canaleta de PVC.
- 2 Tapas para embudo de PVC.
- 4 Tubos de bajada de PVC de 4" de 3m de longitud
- Filtro o recipiente de primeras aguas.
- Tanque de almacenamiento superficial o enterrado.

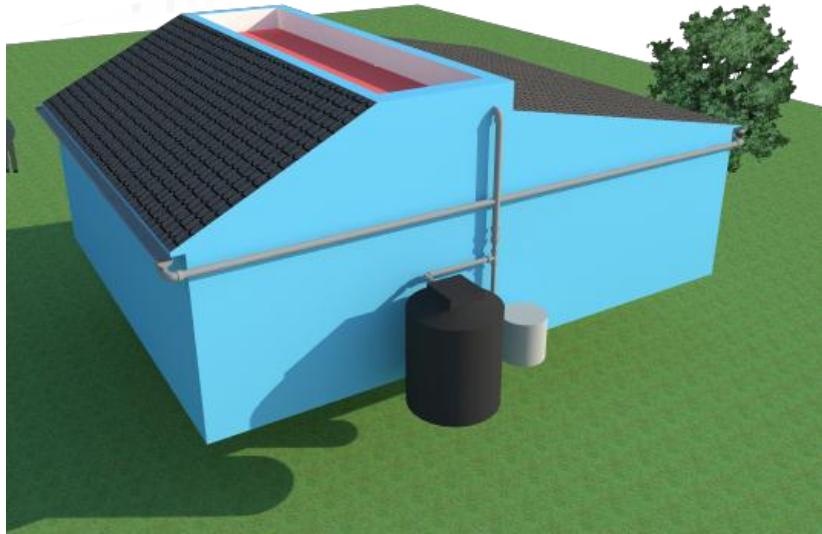




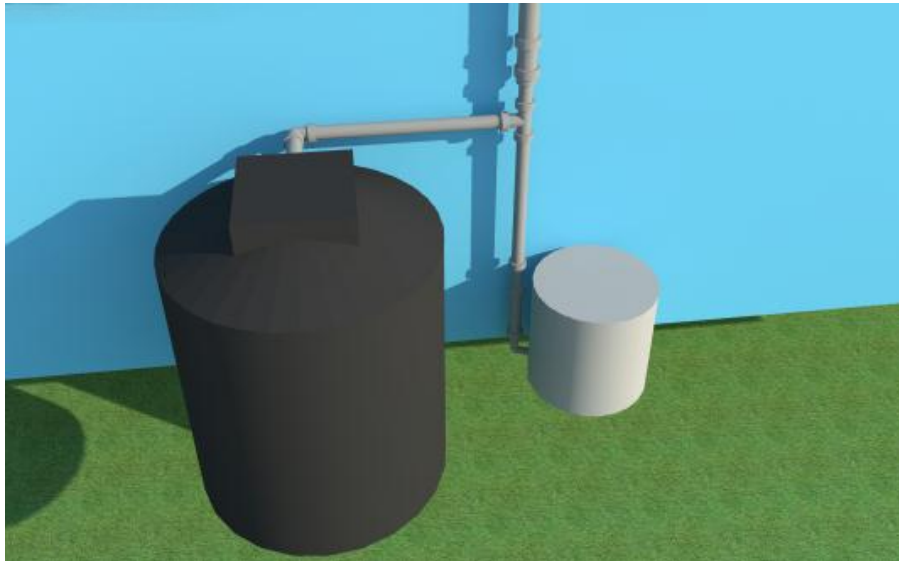
**Imagen 5.42** Colocación de canaleta.  
*Dibujo: Sarai Francisca Guzmán Ruiz*



**Imagen 5.43** Sistema con tanque enterrado.  
*Dibujo: Sarai Francisca Guzmán Ruiz*



**Imagen 5.44** Sistema con tanque superficial.  
Dibujo: Sarai Francisca Guzmán Ruiz



**Imagen 5.45** Detalle de instalación de tanque superficial.  
Dibujo: Sarai Francisca Guzmán Ruiz

## 5.6. Techumbre y Casa Tipo

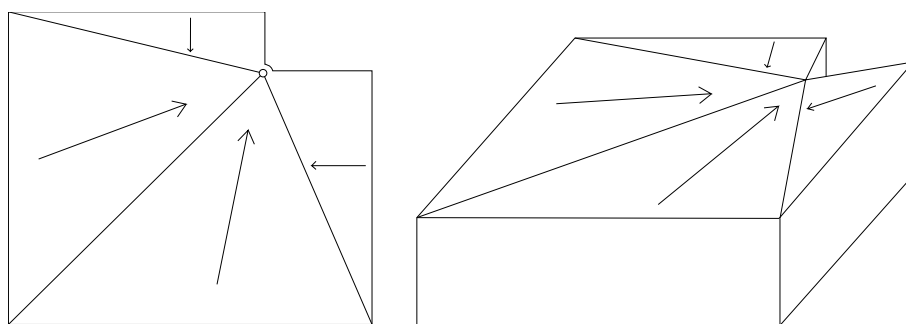
Habiendo analizado las comunidades, las necesidades y las condiciones de cada una, se propone la construcción de una casa integral donde el sistema sea parte de la casa de forma incluyente y no como medida correctiva, donde la forma de la losa y el sistema permitan dejar de lado el uso de canaletas. Se ha tomado una familia con cuatro miembros como base para la investigación, por lo cual, como se ha determinado anteriormente 10,000 litros son necesarios para el abastecimiento de una familia, se tomará la superficie de un terreno de 10x10 ya que son las dimensiones actuales de los lotes, donde se colocarán tres habitaciones, un baño, cocina, comedor y sala o recibidor. El sistema constructivo será tradicional con losa plana y/o inclinada ya que el proceso es mejor conocido por habitantes de las comunidades que como empleo complementario son ayudantes en la construcción, llevar un sistema constructivo como el ferrocemento al nivel de una vivienda es mucho más complicado y requiere mayor capacitación y conocimiento que el propuesto para el tanque de almacenamiento donde el proceso es mucho más simple ya que las dimensiones son menores y el armado de la estructura es sencillo. Es verdad que con el sistema de ferrocemento las formas que se pueden emplear pueden ir desde las más básicas hasta las geometrías orgánicas más complejas que puedan ser imaginadas, la desventaja es que el proceso para la construcción debe ser realizado o supervisado por personas que hayan tenido experiencia con el proceso, ya que hay que cuidar el armado de la estructura como una sola pieza, entre otros detalles que sólo la experiencia puede contemplar.

De los capítulos anteriores se puede resumir que la losa plana tiene mayor capacidad de captación que la de dos aguas, debido a que el área efectiva de la losa a dos aguas se reduce por la inclinación, aunque la conducción es más fácil por losa a dos aguas, ya que en losa plana se producen encharcamientos si no es bien construida. El tanque de almacenamiento será enterrado y la losa conducirá sin necesidad de canaletas el agua hacia la bajada por medio de pendientes. La forma e inclinación de las pendientes están basados en el estudio de la forma de las hojas de geranio ya que para recolectar el agua, su perímetro es más elevado que toda el área restante que la conforma, lleva el agua desde el punto más alejado hacia el tallo y de sus costados las pendientes conducen al centro de la misma lo cual hace el agua sea llevada de las orillas al centro y del centro hacia un punto en específico.



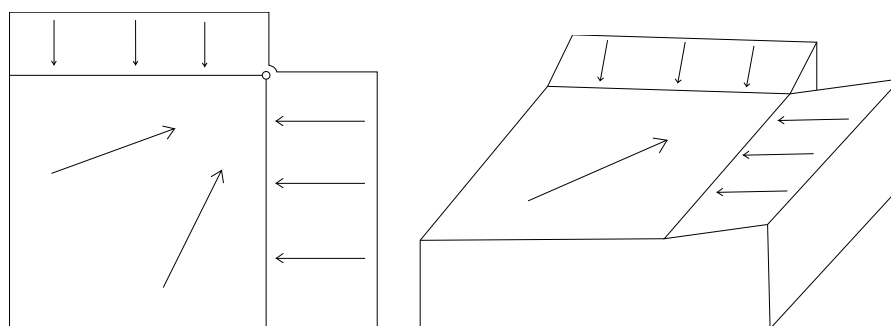
**Imagen 5.46** Hoja de geranio donde se aprecia como conduce el agua desde los extremos al centro.

Al aplicar este estudio y simplificación de la geometría por las razones antes expuestas y una vez determinada el área que será ocupada por la vivienda la losa tendrá la siguiente geometría y por medio de pendientes o losas inclinadas como se muestran en las propuestas, se pretende eliminar el uso de las canaletas para la conducción, con lo cual se tiene una reducción en el costo de implementación del sistema, además de las ventajas que presenta ya que como se menciona en el reglamento de construcción las aguas pluviales no deben ser arrojadas a las banquetas o viviendas circundantes, con la forma y pendientes de las losas propuestas las aguas serán llevadas hacia el interior de las viviendas donde se aprovecharán para el funcionamiento de la misma.



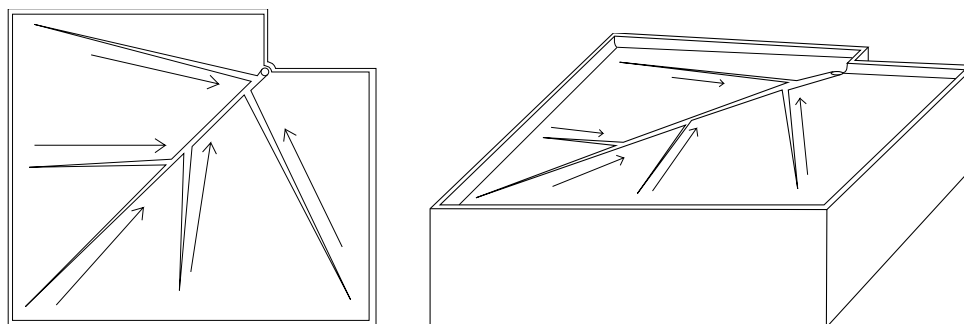
**Imagen 5.47** Propuesta para conducir el agua de un techo hacia un punto en común por medio de pendientes.

Dibujo: Sarai Francisca Guzmán Ruiz



**Imagen 5.48** Propuesta para conducir el agua de un techo hacia un punto en común por medio de dos pendientes que llevan el agua hacia el centro de la losa la cual lo conduce hacia la bajada.

Dibujo: Sarai Francisca Guzmán Ruiz

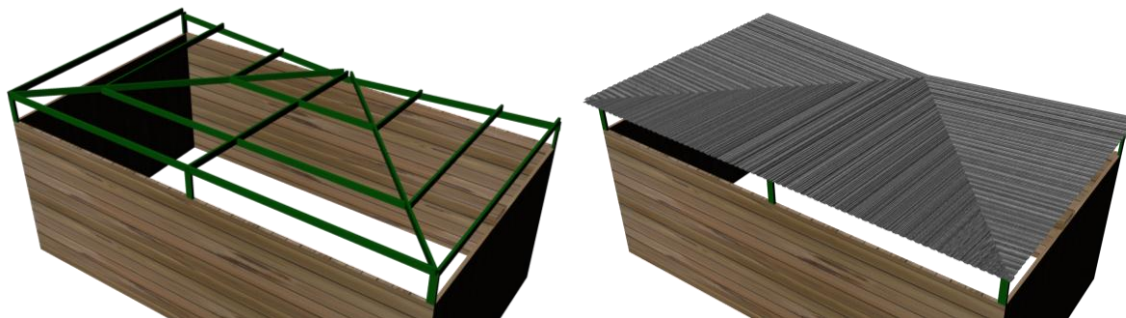


**Imagen 5.49** Propuesta para conducir el agua de un techo hacia un punto en común por medio de pendientes que llevan el agua hacia canales que llevan el agua directamente a la bajada de aguas pluviales basado en la constitución orgánica de las hojas de un geranio.

*Dibujo: Sarai Francisca Guzmán Ruiz*

Una vez analizado el medio y forma de conducción, se propone una techumbre que se pueda implementar en las viviendas que ya se encuentran construidas como alternativa a la colocación de canaletas, de la investigación de campo se tiene que la geometría de las viviendas existentes en los casos de estudios en su mayoría son rectangulares, por lo cual se tomarán con las medidas obtenidas en el estudio que son de 5x8 metros. De igual forma el material (lámina o madera) con el que se encuentran construidas las viviendas en su mayoría no permite el uso de concreto para sustituir la techumbre existente, por lo cual se debe implementar el uso de una estructura metálica y lámina.

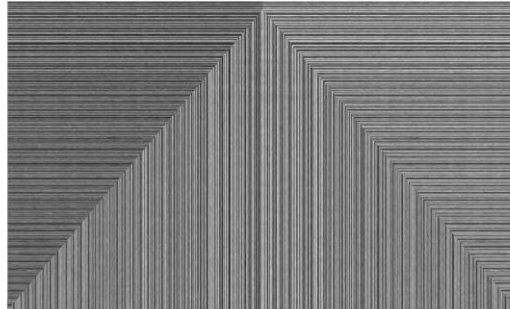
La estructura metálica puede armarse con perfil tubular rectangular galvanizado de 4" x 1½" donde cada tramo tiene 6 metros de largo y para la cubrir con lámina de Poliyavril con canal tipo rectangular (R-101) que tiene de ancho 1.07 metros y de largo hasta 6.10 metros, fijando la lamina a los tubulares mediante birlos colocados a cada 40 centímetros, la estructura será de la forma en que se muestra a continuación.



**Imagen 5.50** Estructura para colocar la lamina y colocación de la lamina.

*Dibujo: Sarai Francisca Guzmán Ruiz*

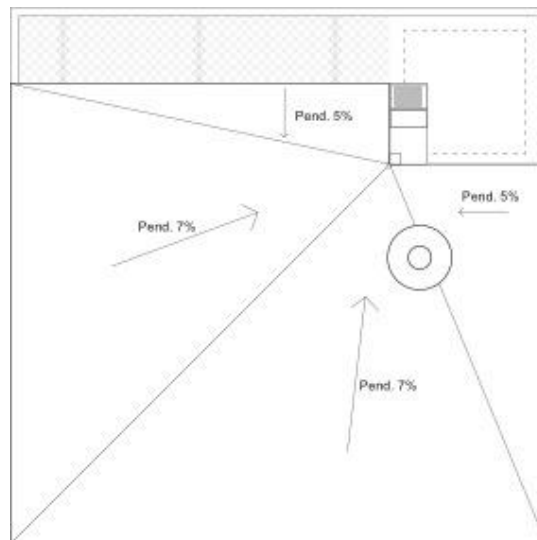
Una vez instalada la estructura deberán cubrirse los espacios con el mismo material de la que este construida la vivienda como puede ser madera o lámina. La geometría escogida para la techumbre es la basada en el estudio anterior como se muestra en la imagen 5.50 se adapta la obtenida en el análisis de la hoja de geranio, viendo la geometría desde la parte superior queda como se muestra a continuación.



**Imagen 5.51** Vista superior de la techumbre.

*Dibujo: Sarai Francisca Guzmán Ruiz*

En la propuesta se presenta el plano arquitectónico de una casa prototipo donde se muestra la distribución formal de los espacios, las pendientes de la losa, la colocación del tanque de almacenamiento y se incluye un detalle donde con una llave de paso se puede almacenar agua de la red municipal en caso de ser necesario ya que como se ha investigado en capítulos anteriores la calidad de la gua de lluvia es apta para las actividades de una casa habitación sin ningun riesgo a la salud no debiendo ser utilizada para consumo sin antes ser pasada por un proceso de purificación, con lo cual se pretende tener una reserva de agua permanente en las viviendas cuyo clima sea muy seco. Se propone el uso de una bomba para llevar el agua hasta el tanque de abastecimiento en lugares donde la red de agua no tenga la suficiente presión y en donde la red de agua no este disponible. El plano detallado se encuentra en el anexo en los planos F-1, F-2 y F-3, una vez analizadas las propuestas de pendientes para la losa se ha determinado que el mejor es el siguiente:

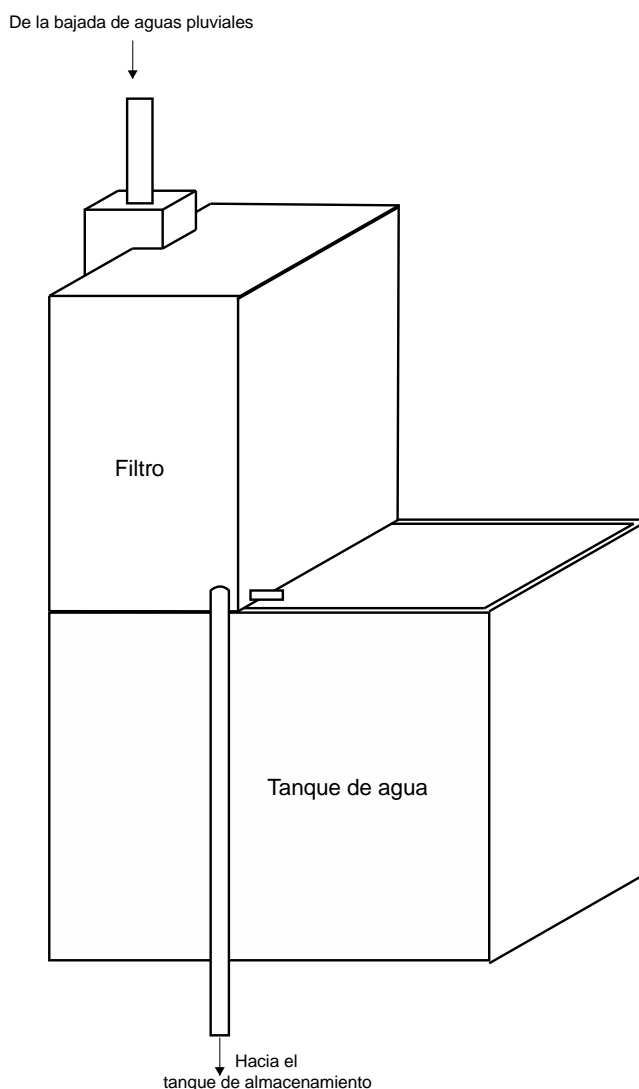


**Imagen 5.52** Planta de azotea, se muestra la distribución de las pendientes y los grados de inclinación que se proponen.

*Dibujo: Sarai Francisca Guzmán Ruiz*

Para la instalación del sistema de distribución de agua dentro de la casa se muestra a detalle en el plano, en el isométrico hidráulico se pueden observar tres llaves de paso, las cuales controlan el tipo de agua que contendrá el tinaco, ya que se podrá llenar con agua de la red municipal o con el agua almacenada en el tanque, teniendo la opción de poder llenar el tanque de almacenamiento con agua de la red municipal.

Ya que el sistema esta integrado se propone la construcción de un tanque de agua que será suministrado directamente del filtro y estará disponible para el uso en las actividades de lavado de ropa, como se muestra en el detalle para su construcción; teniendo el filtro una salida directa hacia el tanque de almacenamiento. Se muestra a continuación el detalle:



**Imagen 5.53** Detalle de construcción del filtro y tanque de agua.

*Dibujo: Sarai Francisca Guzmán Ruiz*

Las imágenes de la casa con el sistema integrado se muestran a continuación.



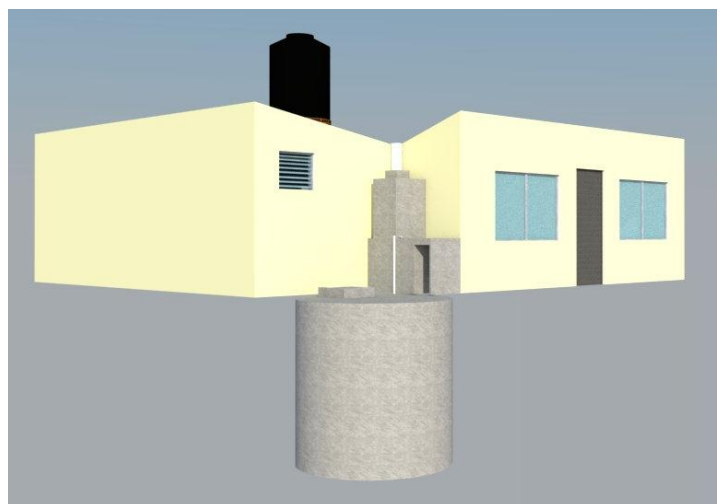
**Imagen 5.54** Imagen de la fachada principal y techo de la vivienda.

*Dibujo: Sarai Francisca Guzmán Ruiz*



**Imagen 5.55** Detalle de la parte posterior de la vivienda donde se muestra el sistema de filtrado.

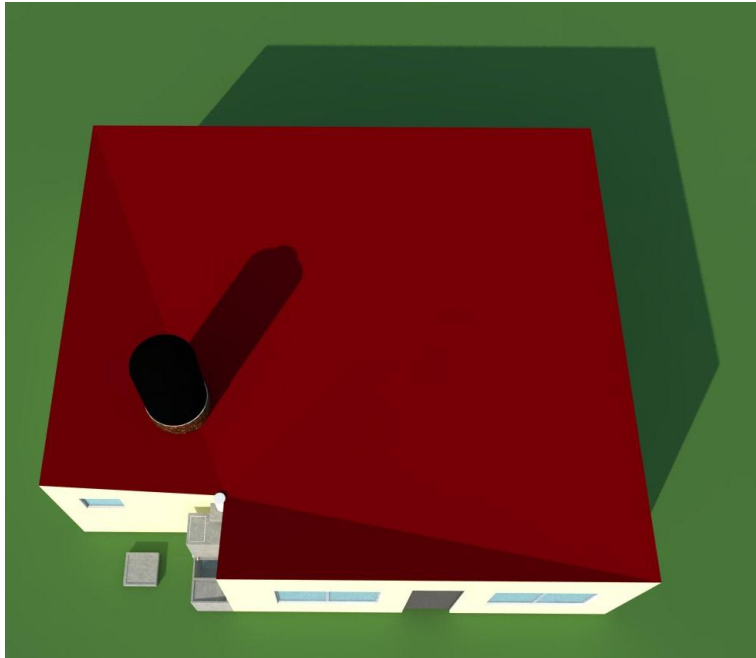
*Dibujo: Sarai Francisca Guzmán Ruiz*



**Imagen 5.56** Detalle de la losa donde se aprecian las pendientes para conducir el agua pluvial.

*Dibujo: Sarai Francisca Guzmán Ruiz*





**Imagen 5.57** *Detalle del sistema donde se muestra el tanque de almacenamiento.*

*Dibujo: Sarai Francisca Guzmán Ruiz*

Como fue mencionado anteriormente la información que se brinda a las personas sobre la importancia de usar el agua de lluvia es una parte importante ya que muchas veces por falta información se desperdician fuentes de agua valiosas y que en estos tiempos deben ser aprovechadas. Brindando la información necesaria se puede lograr que el agua de lluvia sea aprovechada por la mayoría de los seres humanos. Como propuesta se presenta un folleto donde se explica la importancia del usar agua de lluvia y se brinda información sobre la seguridad de su uso, además de incorporar las propuestas hechas anteriormente.



¡La mitad de todos  
los usos que le das  
al agua dentro de tu  
casa

**NO**

necesitan agua potable!



# Agua de lluvia

¿Por qué captarla?



## ¿Sabías que?

MENOS DEL 1%  
de toda el agua del planeta  
se puede usar para  
consumo humano.

- En un mes de lluvia constante se pueden recolectar **más de 10 mil** litros.
- Aún no es posible dar agua potable a toda la población, existen **2,600 millones** de personas sin este servicio.
- Un sistema para recolectar el agua de lluvia puede aplicarse de inmediato en donde no cuentan con redes de agua potable.
- El mantenimiento es mínimo: quitar materia orgánica de la losa y limpieza periódica del filtro ya que retiene la materia orgánica.

## ¿QUÉ HACER CON EL AGUA DE LLUVIA?

Lavar utensilios de cocina ● Lavar el coche ● Lavar la ropa ● Regar las plantas

Bañar a las mascotas ● Limpieza en general



## 5.7. Conclusiones

Las necesidades para cada comunidad es distinta por lo cual la lista de materiales que se propone puede variar de acuerdo a las dimensiones de las viviendas, los costos fueron consultados por pieza para poder realizar un cálculo aproximado de acuerdo a las medidas de cada vivienda, la adquisición de ellos se puede llevar a cabo a través de instituciones que trabajan con los Municipios para apoyar a comunidades marginadas o solicitar recurso federal destinado para el desarrollo de las comunidades, con ello se puede obtener el recurso necesario para instalar el sistema.

Para el caso de la comunidad de Francisco I. Madero donde el agua es abundante la meta es almacenar agua para la temporada en la que la precipitación es baja pero como se pudo apreciar en la gráfica de precipitación mostrada en el *punto 4.3*, a lo largo del año se presentan lluvias aunque con menor intensidad, el agua captada puede ser utilizada a lo largo del año. Lo mismo es aplicable en el caso de Santo Domingo Yanhuitlán, siendo el caso se estudio con menos precipitación pero con mayor cobertura y mejor calidad de servicios públicos, es prioritario almacenar la mayor cantidad de agua posible a lo largo del año, aún cuando el espacio disponible en cada vivienda determina la capacidad del tanque que pueda ser construido.

Para la comunidad de La Cumbre Clavellinas que cuenta con la menor cantidad de servicios públicos, se propone un sistema integral con el cual pueden desarrollar múltiples actividades con el agua captada, aún cuando requiera un sistema más complejo ayuda a satisfacer las necesidades de los habitantes. En caso de no ser posible implementar este sistema en su totalidad, almacenar una cantidad considerable de agua que les ayude a realizar sus actividades diarias es suficiente ya que no tienen que recorrer grandes distancias para obtener el vital líquido.

Se propone la construcción de tanques de ferrocemento para el sistema pero si es posible adquirir un tanque prefabricado donde los costos van desde los \$ 818.00 pesos por un tanque de 450 litros hasta los \$2,800.00 pesos por un tanque de 2,500 litros de marca Rotoplas con el sistema Mejor Agua<sup>120</sup> se obtienen los mismos resultados dependiendo de la capacidad del tanque y de la reserva que se quiera tener en cada caso. La propuesta del tanque de ferrocemento está basado en la practicidad y capacidad de almacenamiento no definida lo que permite a los usuarios establecer la cantidad de agua que quieran almacenar, antes de ser construido debe establecerse de forma permanente el lugar donde debe realizarse la obra ya que una vez construida no será posible reubicarlo, en el caso de que se decida el uso de un tanque elevado como en el caso de la comunidad de La Cumbre Clavellinas deberá ser un tanque prefabricado que está diseñado para ese tipo de uso y ubicación, incluyendo los filtros que traen de fábrica el agua de lluvia obtiene una calidad confiable para usarse en la regadera.

En la comunidad de Santo Domingo Yanhuitlán donde existe diversidad en viviendas e incluso combinan el sistema de dos aguas con losa plana, se buscará que en cada caso la forma en la que se conecten las canaletas para tener una bajada en común.

---

<sup>120</sup> Ferretería Construrama, precios proporcionados en el mes de Octubre de 2013.

Los objetivos planteados en este documento fueron abordados de forma particular para seleccionar la forma más adecuada de llevar a cabo cada proceso y de forma integral para el ensamble y colocación de cada uno de ellos, además de describir los procesos constructivos necesarios para su desarrollo.

Para cada uno de los tipos de losas se determinó la forma de conducir las aguas hacia un solo punto y así almacenarla, se desarrolló una propuesta para el caso de las losas planas donde el problema de estancamiento se presenta con frecuencia; con la relación de costos se sabe que elaborar las piezas manualmente reduce la inversión necesaria pero incrementa la necesidad de mano de obra para llevarla a cabo aún cuando no necesariamente deba ser especializada.

Para filtrar las aguas se propone un diseño de filtro por gravedad por lo que se implementará cuando se cuente con un tanque enterrado el cuál de acuerdo a la investigación es la mejor opción. Cuando se construya un tanque superficial el recolector de primeras aguas es lo idóneo. Se llegó a la conclusión que construir un tanque con la técnica de ferrocemento es más sencillo y se adapta al espacio y capacidad que se necesite.

Los usos para las aguas pluviales fueron propuestos de forma general y para cada caso de estudio en particular; en dos de los tres casos de estudio existen viviendas que cuentan con servicio de agua potable, en los cuales el sistema propuesto brinda una alternativa al uso de agua potable para actividades que no lo requieren, siendo el agua un recurso valioso en nuestros días.

La propuesta de la casa prototipo esta basada en las necesidades básicas de una familia de 4 integrantes, la distribución de los espacios esta propuesta de forma opcional ya que el interés de esta investigación esta basado en la captación de aguas, por lo cual pueden ser modificados.

La implementación de este tipo de sistemas esta profundamente ligado con un taller de capacitación e información a los usuarios para explicar el funcionamiento, cuidados y mantenimiento mínimo para garantizar la calidad del agua y la conservación de la vida útil del sistema.

## Índice de tablas

- Tabla 1.1 Estimación global de distribución del agua.
- Tabla 1.2 Clasificación de los componentes químicos en función de su origen.
- Tabla 1.3 Consumo aproximado de agua por persona al día.
- Tabla 3.1 Porcentajes de escurrimiento.
- Tabla 3.2 Tanque superficial o enterrado.
- Tabla 3.3 Dimensiones de tanques cilíndricos prefabricados.
- Tabla 3.4 Filtros purificadores de agua.
- Tabla 4.1 Tipos de climas en el Territorio Nacional.
- Tabla 4.2 Precipitación anual.
- Tabla 4.3 Regiones Hidrológico-Administrativas.
- Tabla 4.4 Distribución climática en el estado de Oaxaca.
- Tabla 4.5 Precipitación pluvial promedio en el Estado de Oaxaca.
- Tabla 4.6 Distribución de la precipitación pluvial promedio anual en el Estado de Oaxaca.
- Tabla 4.7 Características de las comunidades representativas.
- Tabla 4.8 Precipitación Media Mensual de 1951 a 2010 para la comunidad de Francisco I. Madero.
- Tabla 4.9 Precipitación Media Mensual de 1951 a 2010 para la comunidad de La Cumbre Clavellinas.
- Tabla 4.10 Precipitación Media Mensual de 1951 a 2010 para la comunidad de Santo Domingo Yanhuitlán.
- Tabla 4.11 Tabla comparativa de las características de las canaletas.
- Tabla 4.12 Características de los tanques de almacenamiento.
- Tabla 4.13 Características de las comunidades.
- Tabla 5.1 Granulometría.
- Tabla 5.2 Mallas para ferrocemento.
- Tabla 5.3 Elementos del sistema.
- Tabla 5.4 Cotización de un sistema completo.
- Tabla 5.5 Costos de material.
- Tabla 5.6 Costos de material para ferrocemento.
- Tabla 5.7 Costos para sistema de primeras aguas.

## Índice de imágenes

- Figura 1.1 Vías de transmisión y ejemplos de agentes patógenos relacionados con el agua.
- Imagen 1.1.- Distribución de los volúmenes concesionados para usos agrupados consuntivos.
- Imagen 2.1 Mapa de ubicación del túnel Eupalinos e imagen del interior.
- Imagen 2.2 Acueductos en la ciudad de Atenas.
- Imagen 2.3 Chultún.
- Imagen 2.4 Canales que conducen el agua hasta cada una de las áreas del jardín etnobotánico.
- Imagen 2.5 Depósitos como la cisterna del teatro de Delos, la cisterna circular de Delfos, el pozo de Calicaros en Eleusis o las cisternas de varias formas.
- Imagen 2.6 Fuente romana y terma.
- Imagen 2.7 Representación de un chultún y el proceso de impermeabilización interior.
- Imagen 2.8 Exterior de un Chultún.

Imagen 2.9 Partes y representación de un aljibe.  
Imagen 2.10 Baños de Nezahualcóyotl.  
Imagen 2.11 Cenote.  
Imagen 3.1 Techo de escuela utilizado como área de captación.  
Imagen 3.2 Techo cuenca implementado en el estado de Aguascalientes.  
Imagen 3.3 Geomembrana.  
Imagen 3.4 Canaleta de madera.  
Imagen 3.5 Canaleta de aluminio.  
Imagen 3.6 Canaleta de cobre.  
Imagen 3.7 Canaleta e acero.  
Imagen 3.8 Canaleta de PVC.  
Imagen 3.9 Canaleta con malla.  
Imagen 3.10 a) Tanque de Ferrocemento enterrado.  
Imagen 3.10 b) Tanque de Ferrocemento Superficial.  
Imagen 3.11 Inversiones en tanques de agua según volumen y tecnología aplicada.  
Imagen 3.12 Ahorros generados por la aplicación del ferrocemento en la construcción de depósitos de agua.  
Imagen 3.13 Filtro de bajante, funcionamiento interno.  
Imagen 3.14 Filtro casero para agua.  
Imagen 4.1 Distribución climática en el Territorio Nacional.  
Imagen 4.2 Precipitación anual.  
Imagen 4.3 Interrelación entre la variabilidad de la precipitación y latitud.  
Imagen 4.4 Región hidrológico-administrativa: V. Pacífico Sur.  
Imagen 4.5 Distribución climática en el estado de Oaxaca.  
Imagen 4.6 Precipitación promedio anual.  
Imagen 4.7 Datos relevantes por Entidad Federativa.  
Imagen 4.8 Edificaciones típicas de la comunidad de Francisco I. Madero  
Imagen 4.9 a) La geografía de la comunidad determina la distribución y el estilo arquitectónico de las edificaciones, ya que son construcciones verticales.  
Imagen 4.9 b) Techos de las viviendas.  
Imagen 4.10 Condiciones climáticas de la comunidad.  
Imagen 4.11 Edificación típica de la comunidad de la Cumbre Clavellinas.  
Imagen 4.12 Vivienda que cuenta con un tanque de almacenamiento.  
Imagen 4.13 a) Materiales con los que se encuentran construidas las viviendas.  
Imagen 4.13 b) Techos son a una o dos aguas.  
Imagen 4.14 a) Materiales con los que se encuentra construidas las viviendas.  
Imagen 4.14 b) Tipos de techos en las viviendas.  
Imagen 4.15 Viviendas de dos plantas, con losa plana, una o dos aguas, tipo de vegetación presente en la región.  
Imagen 5.1 Boceto de una casa con techo a dos aguas implementando el sistema de captación con canaletas y tubos de PVC, tanque superficial de ferrocemento con un recipiente para primeras aguas.  
Imagen 5.2 Boceto de una casa con techo a dos aguas implementando el sistema de captación con canaletas y tubos de PVC, tanque superficial de ferrocemento con un recipiente para primeras aguas con una cubierta para ocultar los tanques y dar una apariencia de integración.

Imagen 5.3 Boceto de una casa con techo a dos aguas implementando el sistema de captación con canaletas y tubos de PVC, tanque superficial de ferrocemento con un recipiente para primeras aguas con una cubierta y un tanque con lavadero integrados para ocupar directamente el agua del tanque de almacenamiento, controlado por una llave.

Imagen 5.4 Boceto de un corte donde se muestra la propuesta de un tanque enterrado de ferrocemento, con canaletas y tubos de PVC, filtro de bajante.

Imagen 5.5 Donde no sea posible implementar un tanque superficial o enterrado, la recarga artificial de acuíferos es la alternativa, donde los componentes del sistema son las canaletas y los tubos de PVC, para evitar que la tierra se endurezca se colocan gravas y arenas para permitir el flujo de agua hacia las capas inferiores.

Imagen 5.6 Para una vivienda con losa plana y pretil, generalmente este tipo de construcciones manejan las bajadas de aguas pluviales en una esquina por lo cual se propone un filtro de bajante y un tanque de almacenamiento ya sea superficial o enterrado.

Imagen 5.7 Cuando las viviendas cuenten con dos o más bajadas de agua que dan hacia el exterior, reducir la cantidad de agua que es arrojada hacia las aceras conduciendo el agua hacia un solo punto y colocando un recubrimiento para ocultar la tubería en la fachada de la casa.

Imagen 5.8 Losas planas sin pretil, se conducirán las aguas hacia un solo punto donde se colocarán los tubos de bajante para almacenar el agua.

Imagen 5.9 Vista lateral de la vivienda con losa plana.

Imagen 5.10 Vista superior.

Imagen 5.11 Isométrico de la losa.

Imagen 5.12 Losa plana con agregado.

Imagen 5.13 Procedimiento para elaborar un soporte con un tramo de solera.

Imagen 5.14 Medidas para elaborar el soporte para canaleta con solera.

Imagen 5.15 Procedimiento para elaborar un embudo con un tubo.

Figura 5.16 Unión de la canaleta con el embudo de bajada.

Figura 5.17 Unión de la canaleta, embudo y tapa.

Figura 5.18 Colocación de la canaleta (Izquierda) y Unión de dos tramos de canaletas (Derecha).

Figura 5.19 Unión del sistema de bajada de aguas.

Figura 5.20 Unión de las canaletas en una esquina (izquierda) y colocación de una abrazadera (derecha).

Imagen 5.21 Base para tanque superficial.

Imagen 5.22 Forjado de tierra para tanques enterrados.

Imagen 5.23 Armado de la estructura.

Imagen 5.24 Aplicación del mortero.

Imagen 5.25 Tanque terminado.

Imagen 5.26 Plano del filtro.

Imagen 5.27 Elaboración de la malla para filtro.

Imagen 5.28 Relleno del filtro.

Imagen 5.29 Sistema de primeras aguas.

Imagen 5.30 Plano del tanque de almacenamiento.

Imagen 5.31 Sistema con tanque enterrado.

Imagen 5.32 Sistema con tanque superficial.

Imagen 5.33 Canaleta colocada.

Imagen 5.34 Sistema de tanque enterrado y filtro.

Imagen 5.35 Implementación del tanque enterrado.

Imagen 5.36 Detalle de filtro y tanque.

Imagen 5.37 Implementación de tanque superficial.



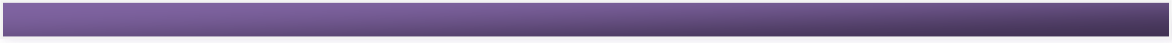
Imagen 5.38 Implementación de tanque enterrado.  
Imagen 5.39 Implementación de tanque superficial.  
Imagen 5.40 Detalle sistema de primeras aguas.  
Imagen 5.41 Agregado para uso de aguas pluviales por gravedad.  
Imagen 5.42 Colocación de canaleta.  
Imagen 5.43 Sistema con tanque enterrado.  
Imagen 5.44 Sistema con tanque superficial.  
Imagen 5.45 Detalle de instalación de tanque superficial.  
Imagen 5.46 Hoja de geranio donde se aprecia como conduce el agua desde los extremos al centro.  
Imagen 5.47 Propuesta para conducir el agua de un techo hacia un punto en común por medio de pendientes.  
Imagen 5.48 Propuesta para conducir el agua de un techo hacia un punto en común por medio de dos pendientes que llevan el agua hacia el centro de la losa la cual lo conduce hacia la bajada.  
Imagen 5.49 Propuesta para conducir el agua de un techo hacia un punto en común por medio de pendientes que llevan el agua hacia canales que llevan el agua directamente a la bajada de aguas pluviales basado en la constitución orgánica de las hojas de un geranio.  
Imagen 5.50 Estructura para colocar la lamina y colocación de la lamina.  
Imagen 5.51 Vista superior de la techumbre.  
Imagen 5.52 Planta de azotea, se muestra la distribución de las pendientes y los grados de inclinación que se proponen.  
Imagen 5.53 Detalle de construcción del filtro y tanque de agua.  
Imagen 5.54 Imagen de la fachada principal y techo de la vivienda.  
Imagen 5.55 Detalle de la parte posterior de la vivienda donde se muestra el sistema de filtrado.  
Imagen 5.56 Detalle de la losa donde se aprecian las pendientes para conducir el agua pluvial.  
Imagen 5.57 Detalle del sistema donde se muestra el tanque de almacenamiento.  
Imagen 5.58 Exterior del folleto.  
Imagen 5.59 Interior del folleto.

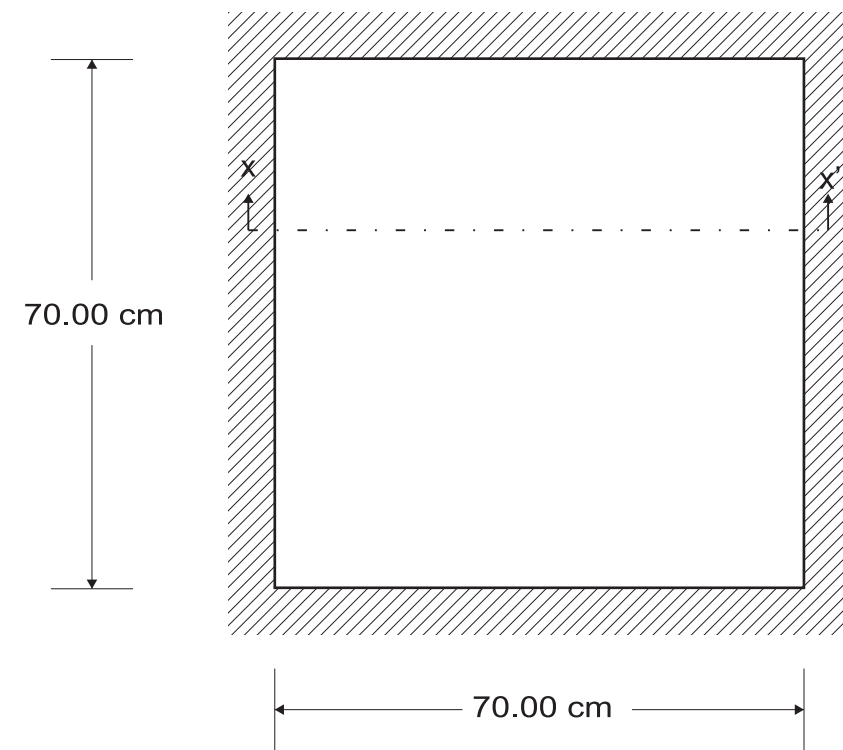
## Créditos de imágenes

Imagen 2.1 <http://www.arqhys.com/construccion/tunel-eupalinos.html>  
<http://www.websindical.com/atab/l libre1/fotos%5C4.jpg>  
Imagen 2.2 [http://www.uned.es/geo-1-historia-antigua-universal/PDF/09\\_GRECIA\\_AGUA%20Y%20CULTURA.pdf](http://www.uned.es/geo-1-historia-antigua-universal/PDF/09_GRECIA_AGUA%20Y%20CULTURA.pdf)  
Imagen 2.3 [http://academic.reed.edu/uxmal/img/Mid/Other/Chultunes/Chultunes\\_01-03\\_S5-063.jpg](http://academic.reed.edu/uxmal/img/Mid/Other/Chultunes/Chultunes_01-03_S5-063.jpg)  
Imagen 2.4 <http://www.sitiosolar.com/Imagenes/IMAGENES%20RECOGIDA%20AGUA%20DE%20LLUVIA/canales%204.jpg>  
Imagen 2.5 [http://www.uned.es/geo-1-historia-antigua-universal/PDF/09\\_GRECIA\\_AGUA%20Y%20CULTURA.pdf](http://www.uned.es/geo-1-historia-antigua-universal/PDF/09_GRECIA_AGUA%20Y%20CULTURA.pdf)  
Imagen 2.6 [http://farm4.static.flickr.com/3595/3343342947\\_5d55272364.jpg?v=0](http://farm4.static.flickr.com/3595/3343342947_5d55272364.jpg?v=0)  
<http://cicalmo.files.wordpress.com/2007/02/terma-romana.jpg>  
Imagen 2.7 <http://www.mayasautenticos.com/images/topox13.gif>  
Imagen 2.8 [http://www.mayasautenticos.com/images/Perfect%20Chultun\\_jpg.jpg](http://www.mayasautenticos.com/images/Perfect%20Chultun_jpg.jpg)

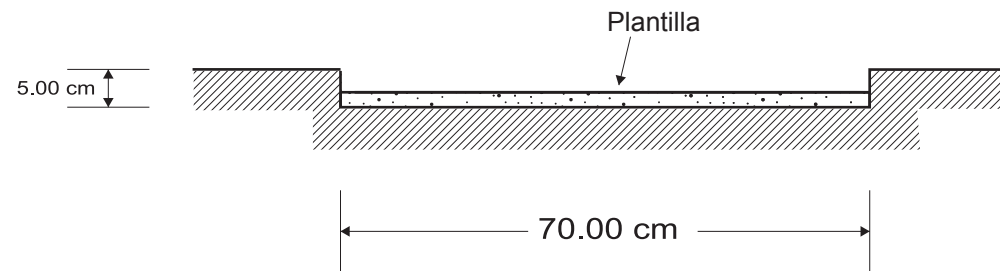
Imagen 2.9 [http://servicios.laverdad.es/murcia\\_agua/cap4.2.htm](http://servicios.laverdad.es/murcia_agua/cap4.2.htm)  
 Imagen 2.10 <http://cid-8937792347c18f0d.skydrive.live.com/self.aspx/.res/8937792347C18F0D!973/8937792347C18F0D!996#resId/8937792347C18F0D!996>  
 Imagen 2.11 <http://www.frc.ri.cmu.edu/project/depthx/images/depthx.jpg>  
 Imagen 3.1 <http://www.uwsp.edu/cnr/gem/Manual%20Captacion%20de%20agua%20de%20lluvia.pdf>  
 Imagen 3.2 <http://www2.aguascalientes.gob.mx/inagua/EventosyParticipaciones/IVForo/Imagenes/Techo01.jpg>  
 Imagen 3.3 [http://images01.olx.com.pe/ui/6/86/94/1277163642\\_101178294\\_3-Geosing-Servicio-de-Geomembrana-Callao-1277163642.jpg](http://images01.olx.com.pe/ui/6/86/94/1277163642_101178294_3-Geosing-Servicio-de-Geomembrana-Callao-1277163642.jpg)  
 Imagen 3.4 <http://typesofgutters.com/>  
 Imagen 3.5 [http://canalun.com/ESW/Images/canalA1\\_.jpg?xcache=3145](http://canalun.com/ESW/Images/canalA1_.jpg?xcache=3145)  
 Imagen 3.6 [http://www.idorpe.com/upload/productos/foto\\_grande\\_\\_kol.JPG.jpg](http://www.idorpe.com/upload/productos/foto_grande__kol.JPG.jpg)  
 Imagen 3.7 <http://translate.google.com.mx/translate?hl=es&langpair=en|es&u=http://www.guttersupply.com/m-steel.gstml>  
 Imagen 3.8 [http://2.fimágenes.com/i/1/3/30/vi\\_25235\\_1383721\\_570205.jpg](http://2.fimágenes.com/i/1/3/30/vi_25235_1383721_570205.jpg)  
 Imagen 3.9 [http://www.xn--canalonesvaldovio-uxb.com/images/p004\\_1\\_00.png](http://www.xn--canalonesvaldovio-uxb.com/images/p004_1_00.png)  
 Imagen 3.10 a) Arq. Jesús Sánchez Luqueño  
 Imagen 3.10 b) Arq. Jesús Sánchez Luqueño  
 Imagen 3.11 SANBASUR  
 Imagen 3.12 SANBASUR  
 Imagen 3.13 <http://www.ferrocement.com/aquaculture/aquaculture.es.html>  
 Imagen 3.13 <http://www.jardin-garantia.es/recuperacion-agua-lluvia/filtros-de-bajante/filtro-de-bajante-regendiebr.html>  
 Imagen 3.14 [http://c.ymcdn.com/sites/www.echocommunity.org/resource/collection/96A1B5DF-DAD3-4D80-B3BC-FAF7F6A0414E/BioSand\\_FilterSpanish.pdf](http://c.ymcdn.com/sites/www.echocommunity.org/resource/collection/96A1B5DF-DAD3-4D80-B3BC-FAF7F6A0414E/BioSand_FilterSpanish.pdf)  
 Imagen 4.1 [http://www.fao.org/ag/AGP/agpc/doc/Counprof/spanishtrad/Mexico\\_sp/figure10.htm](http://www.fao.org/ag/AGP/agpc/doc/Counprof/spanishtrad/Mexico_sp/figure10.htm)  
 Imagen 4.2 [http://www.fao.org/ag/AGP/agpc/doc/Counprof/spanishtrad/Mexico\\_sp/figure9.htm](http://www.fao.org/ag/AGP/agpc/doc/Counprof/spanishtrad/Mexico_sp/figure9.htm)  
 Imagen 4.3 [http://books.google.com.mx/books?id=TQfX0cL3ieQC&pg=PA22&dq=mexico+geografia+fisica&source=gbs\\_toc\\_r&cad=4#v=onepage&q&f=false](http://books.google.com.mx/books?id=TQfX0cL3ieQC&pg=PA22&dq=mexico+geografia+fisica&source=gbs_toc_r&cad=4#v=onepage&q&f=false)  
 Imagen 4.4 <http://mapserver.inegi.gob.mx/geografia/espanol/estados/oax/precipit.cfm?c=444&e=08>  
 Imagen 4.5 Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.  
 Imagen 4.6 Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.  
 Imagen 4.7 Comisión Nacional de Agua. Estadísticas del Agua en México. Anexo B.  
 Imagen 4.8 a Imagen 5.20 Sarai Francisca Guzmán Ruíz.  
 Imagen 5.21 Arq. Jesús Sánchez Luqueño  
 Imagen 5.22 Arq. Jesús Sánchez Luqueño  
 Imagen 5.23 Arq. Jesús Sánchez Luqueño  
 Imagen 5.24 Arq. Jesús Sánchez Luqueño  
 Imagen 5.25 Arq. Jesús Sánchez Luqueño  
 Imagen 5.26 a Imagen 5.59 Sarai Francisca Guzmán Ruíz.

# Anexo





**Excavación Vista Superior**



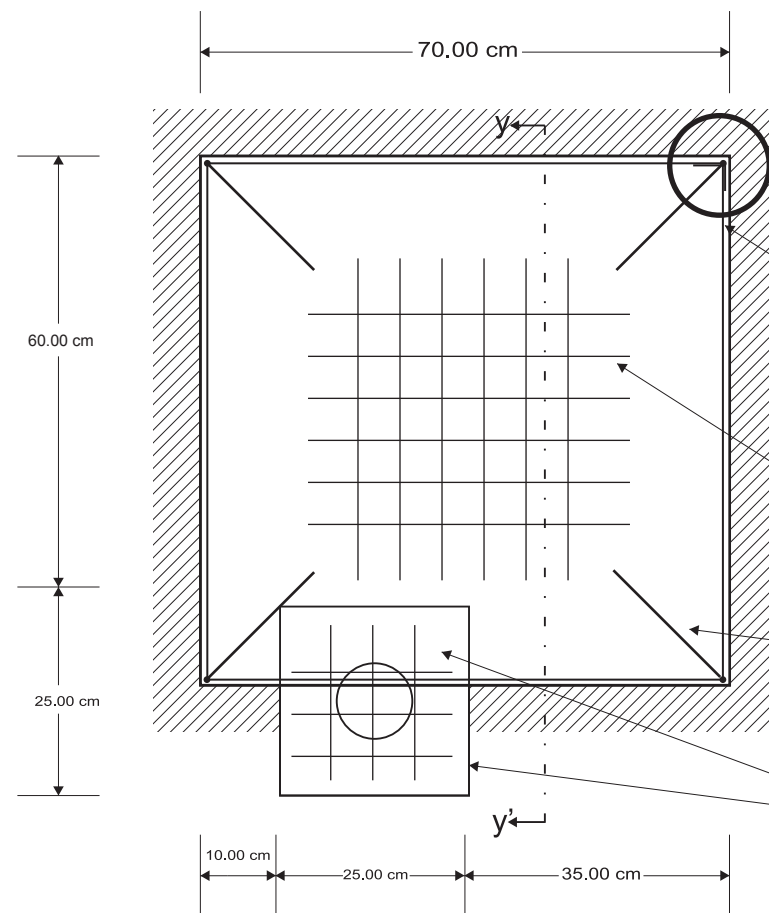
**Corte Excavación x-x'**

**Especificaciones:**

La técnica de construcción es a base de ferrocemento.

La excavación debe realizarse manualmente, por las dimensiones no es posible el uso de maquinaria, debe quedar perfectamente compactado, nivelado y escuadrado.

La plantilla para la cimentación del tanque debe tener un espesor de 1.5 a 2 centímetros, el tanque debe quedar aislado del suelo.



**Armado Vista Superior**

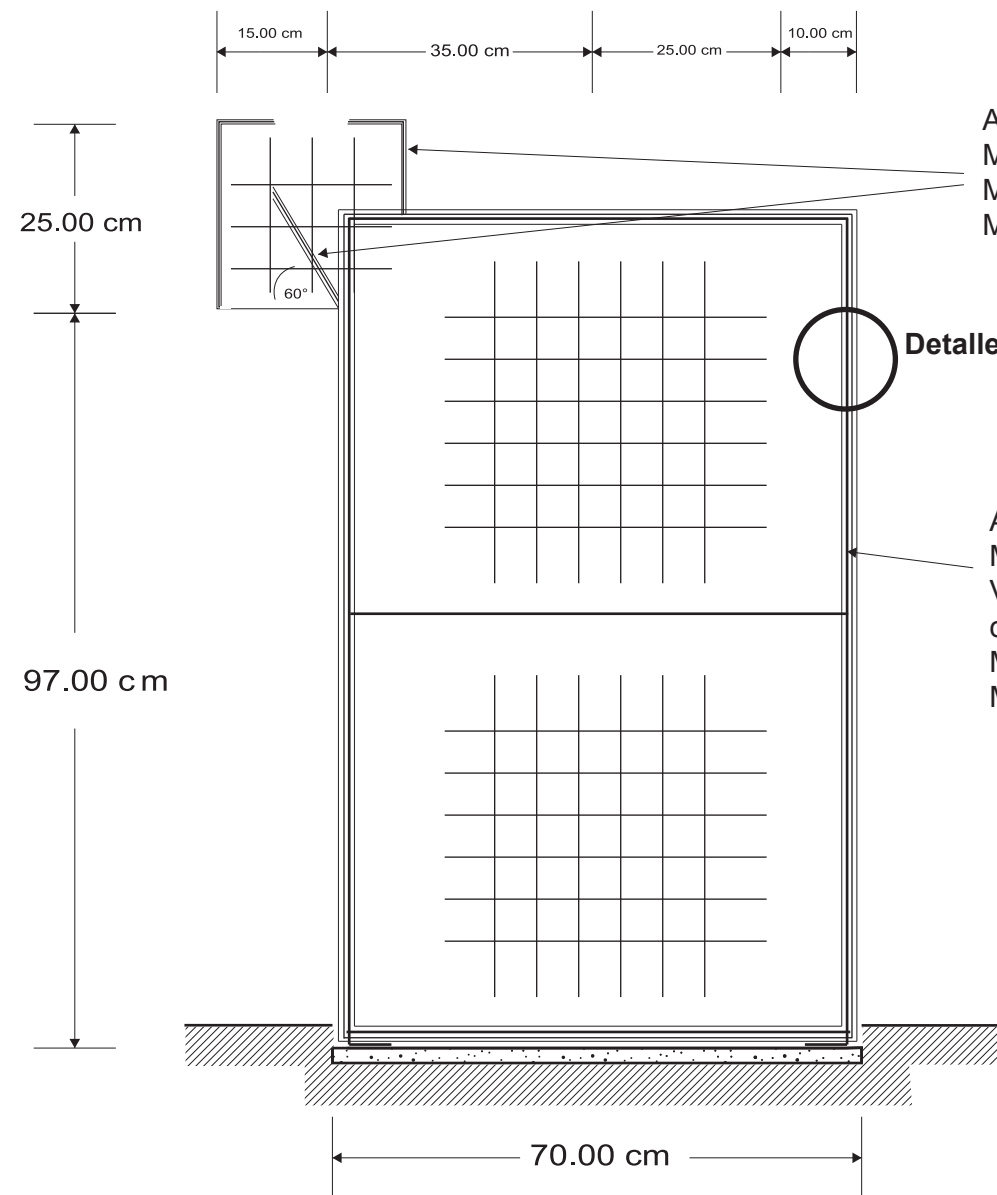
**Detalle A**

Armado Horizontal  
Varilla 3/8" @ 50 cm  
traslape 20 cm

Piso  
Malla Electrosoldada  
diseño 6/6 - 10/10

Armado Vertical  
Varilla 3/8" en cada esquina  
con escuadra de 30 cm.

Malla Electrosoldada  
diseño 6/6 - 10/10



**Corte Armado y-y'**

Armado:  
Malla de metal desplegado  
Malla electrosoldada 6/6 - 10/10  
Malla de metal desplegado

**Detalle B**

Armado:  
Malla de metal desplegado  
Varilla 3/8" en cada esquina  
con escuadra de 30 cm.  
Malla electrosoldada 6/6 - 10/10  
Malla de metal desplegado

**FILTRO PARA AGUAS PLUVIALES**

Elaboró:  
Sarai Francisca Guzmán Ruíz

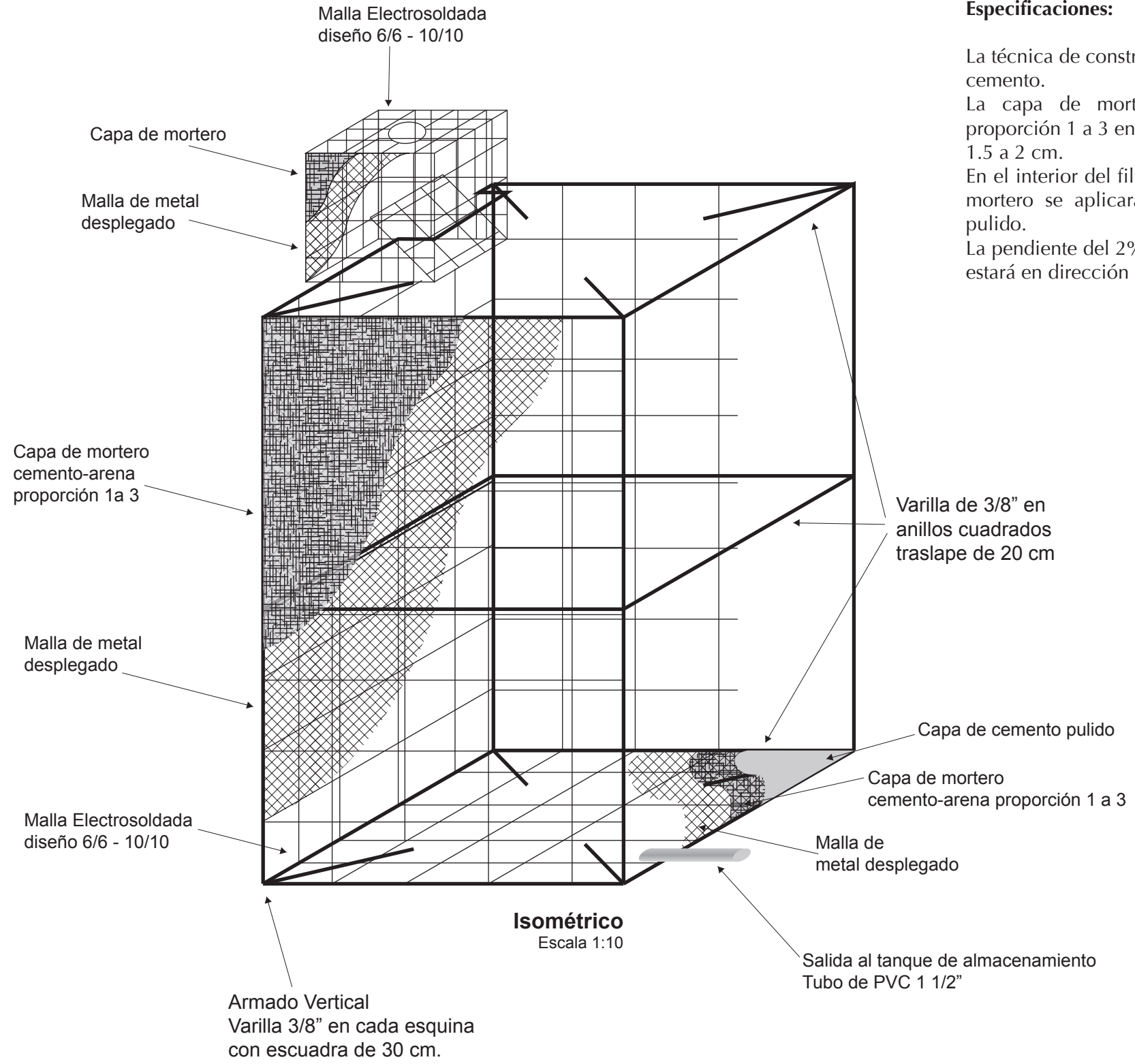
**Plano de excavación, cimentación  
y estructural**

Escala: 1:10

Acotación:  
Centímetros

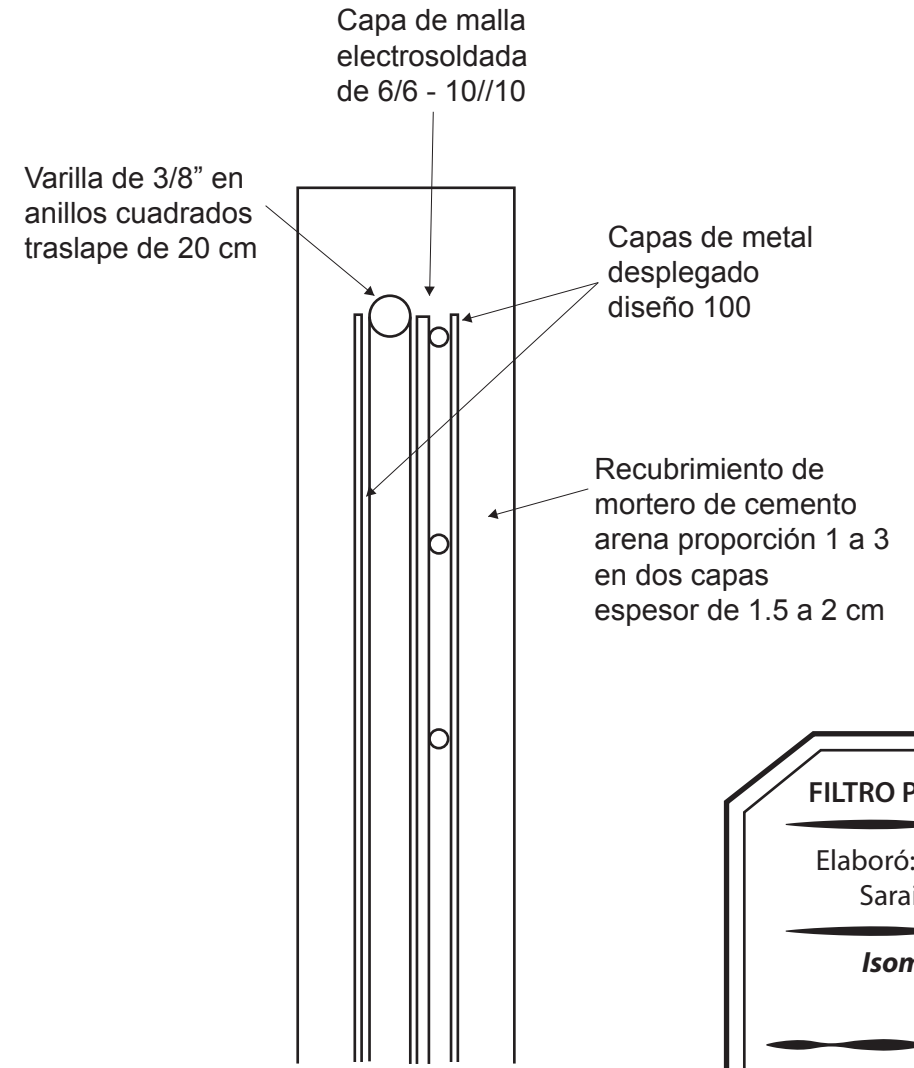
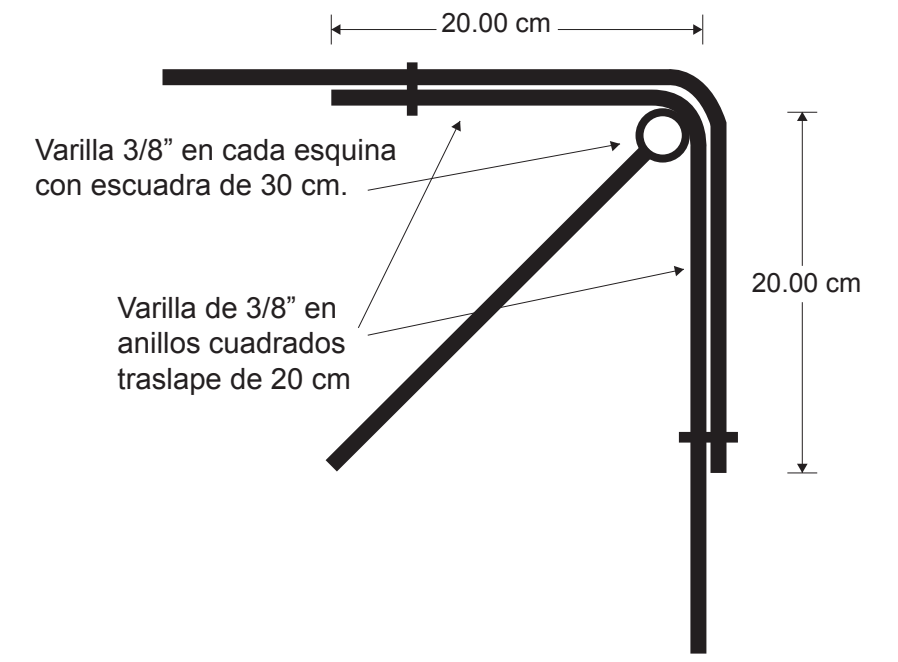
Nº de Plano:

**A-1**



**Especificaciones:**

La técnica de construcción es a base de ferrocemento.  
 La capa de mortero cemento-arena con proporción 1 a 3 en dos capas con espesor de 1.5 a 2 cm.  
 En el interior del filtro después de la capa de mortero se aplicará una capa de cemento pulido.  
 La pendiente del 2% en el interior del tanque estará en dirección del tubo de PVC de 1 1/2".



**FILTRO PARA AGUAS PLUVIALES**

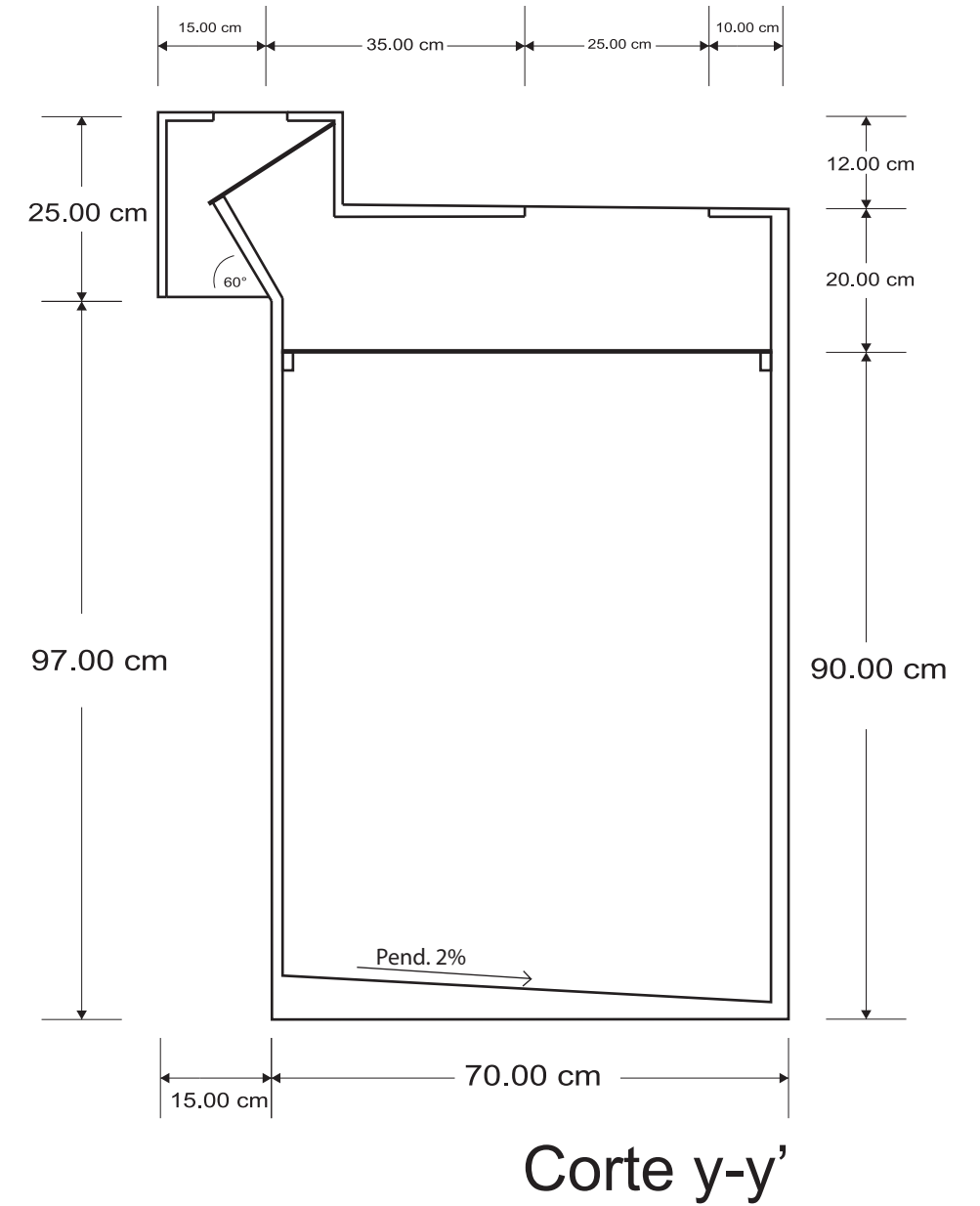
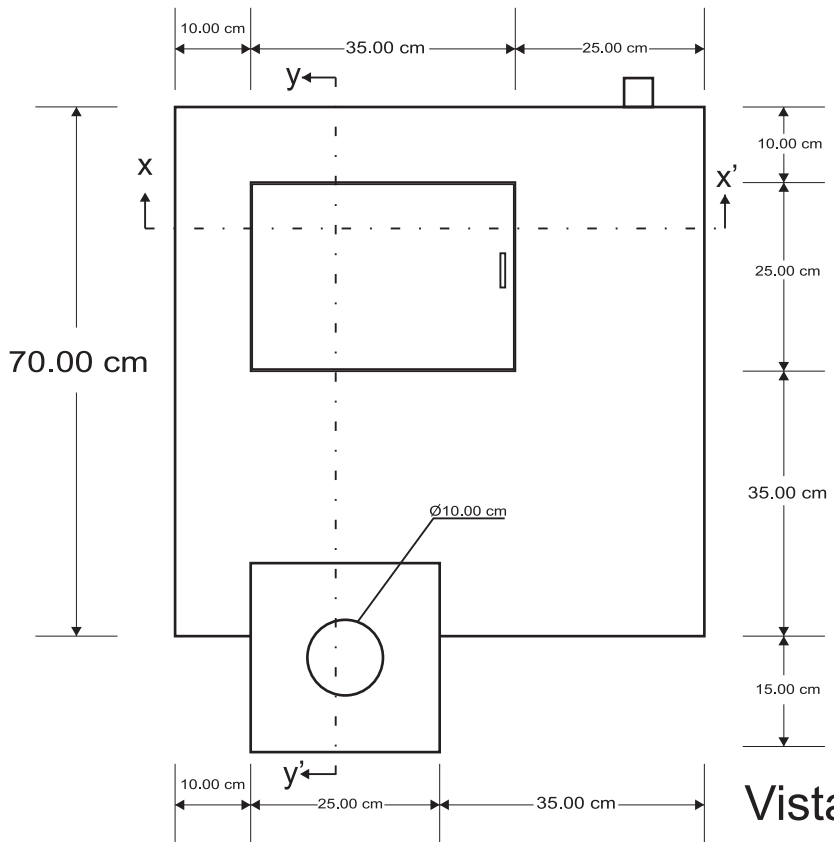
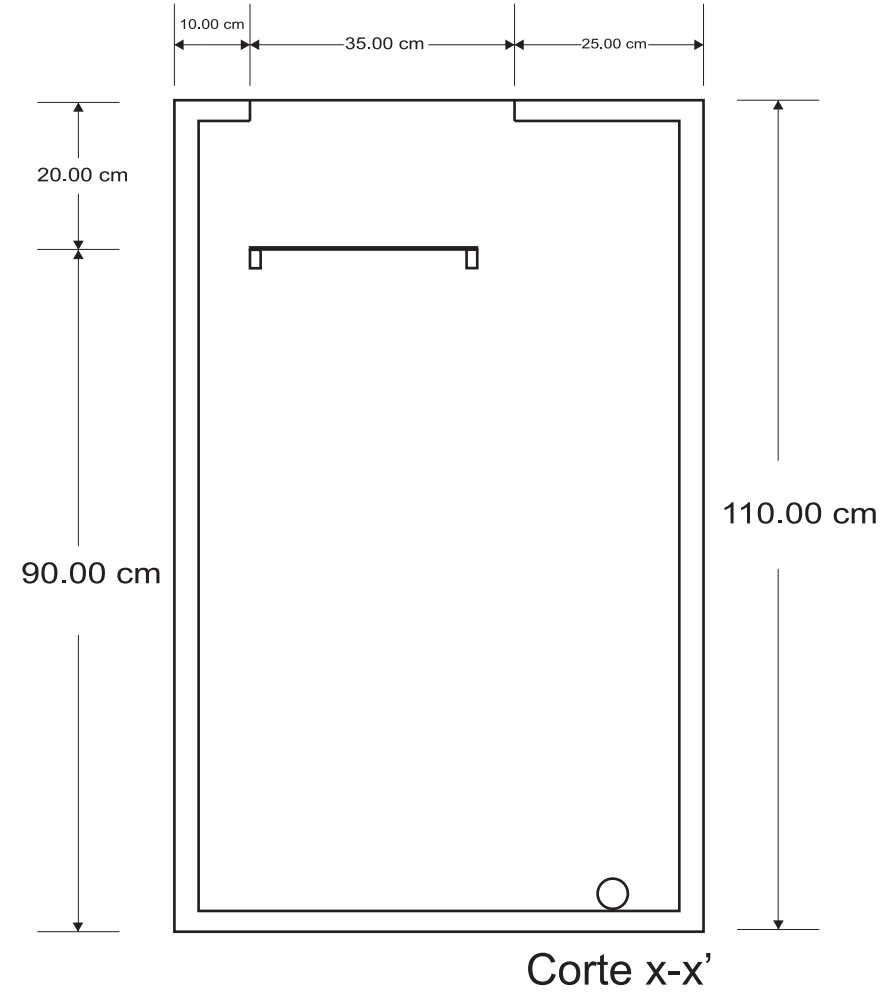
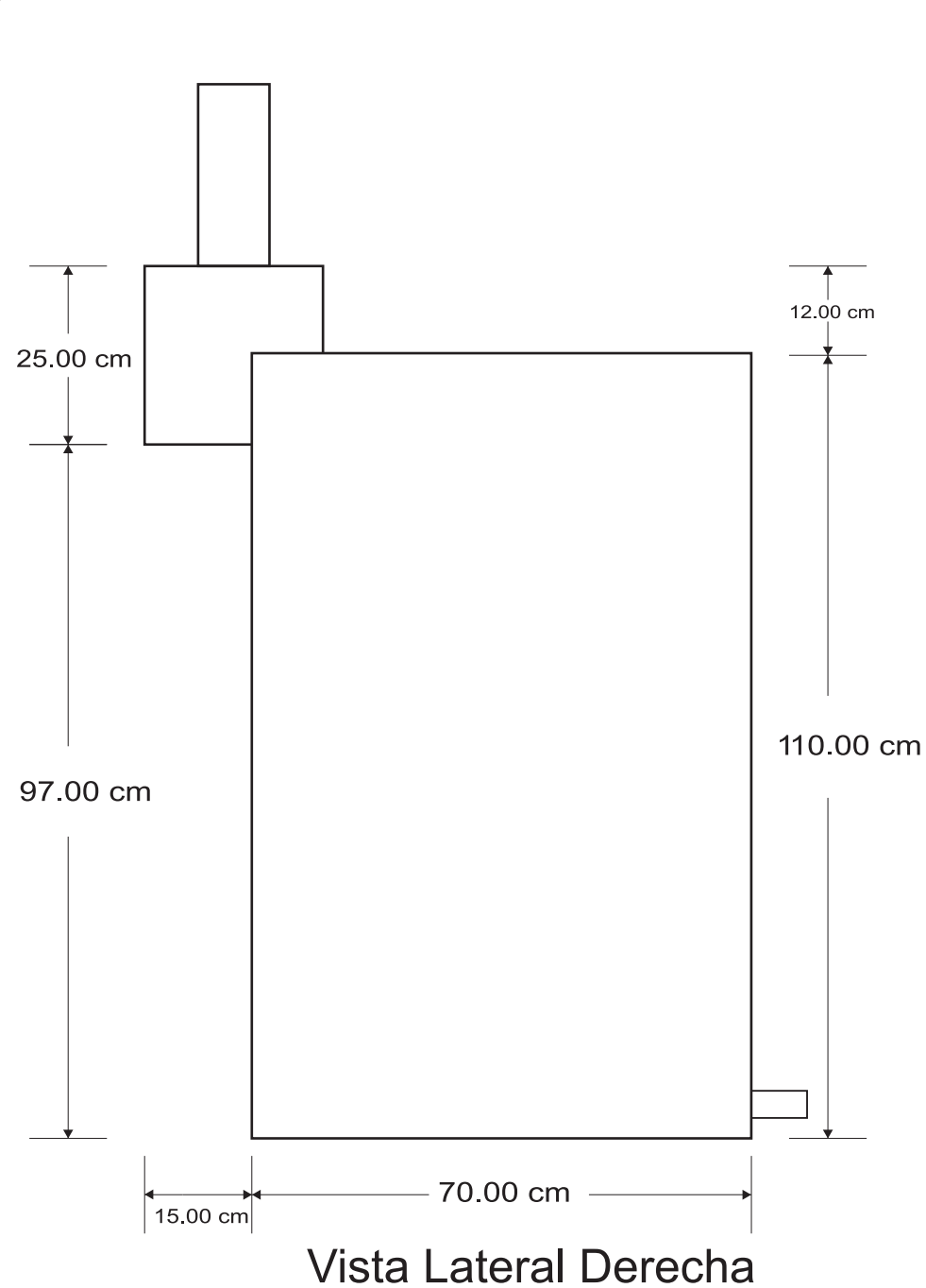
Elaboró:  
Sarai Francisca Guzmán Ruíz

**Isométrico y detalles de armado**

Escala: 1:10

Acotación: Centímetros

Nº de Plano:  
**A-2**



FILTRO PARA AGUAS PLUVIALES

Elaboró:  
Sarai Francisca Guzmán Ruíz

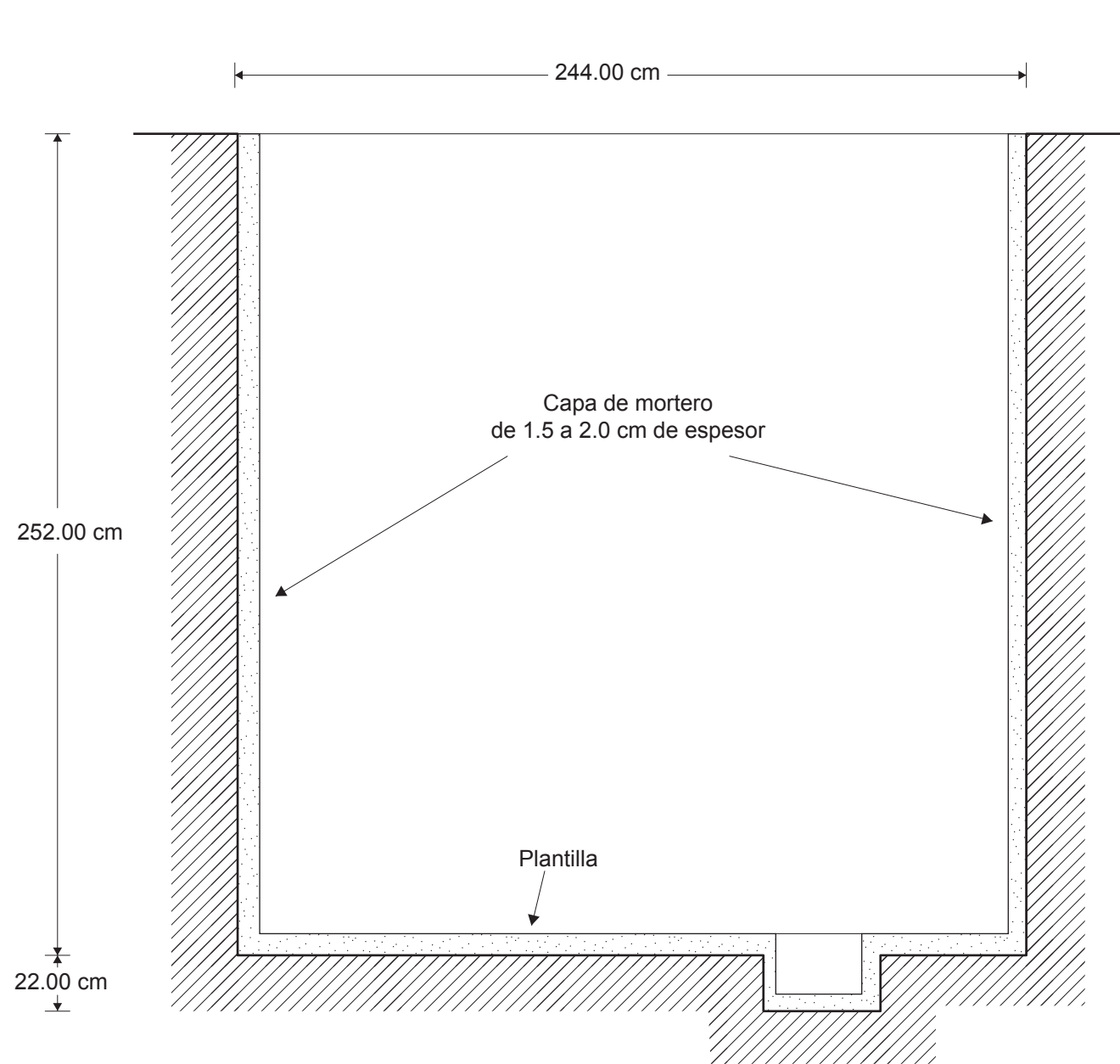
**Plano arquitectónico**

Escala: 1:10

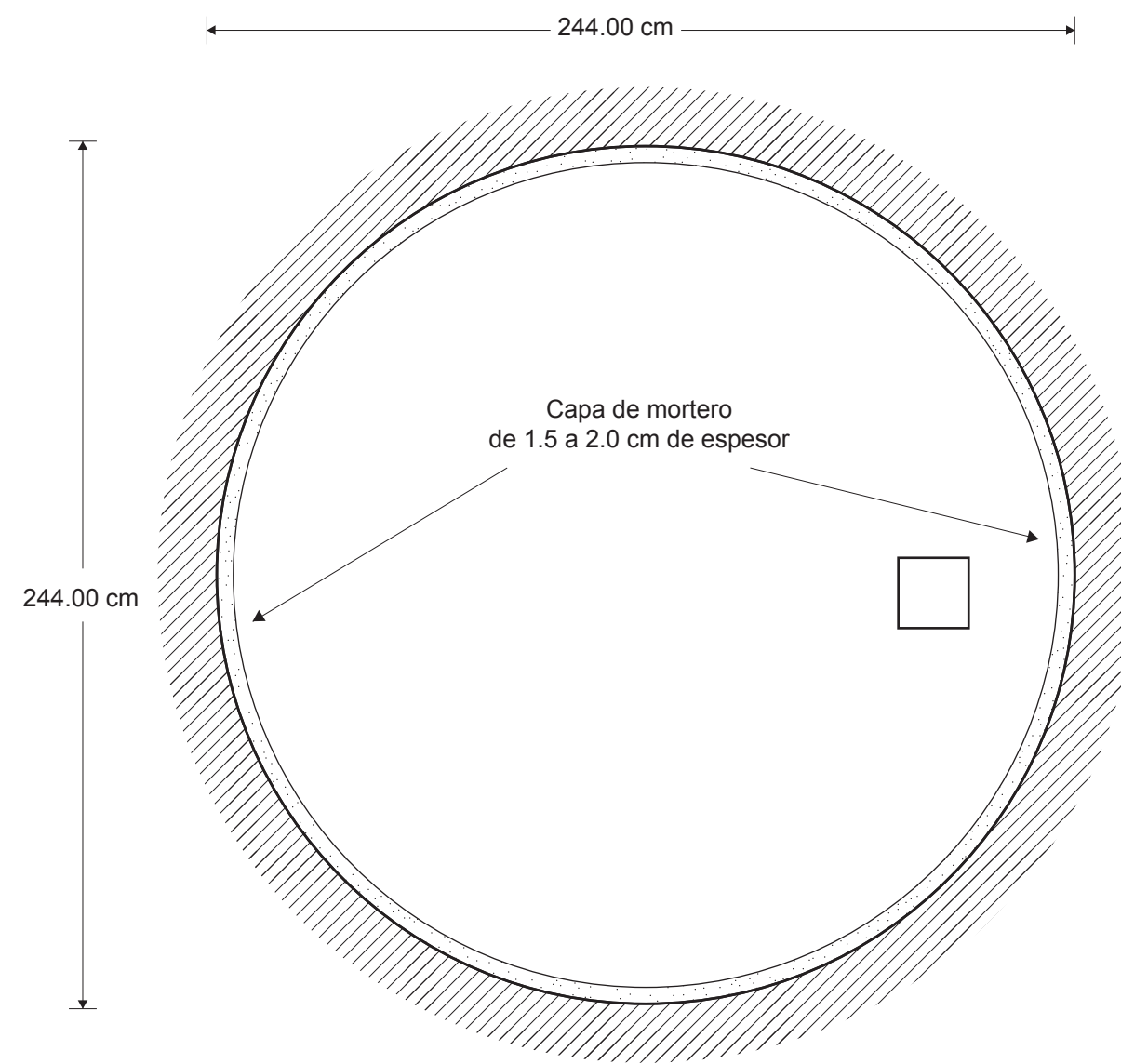
Acotación:  
Centímetros

Nº de Plano:

**A-3**



**Corte Excavación y cimentación**



**Vista Superior**

**Especificaciones:**

La técnica de construcción es a base de ferrocemento.  
 La excavación debe realizarse manualmente para definir la geometría, debe realizarse a plomo, las paredes deben estar perfectamente niveladas y formar un ángulo de 90° con el piso, en caso de ser un tipo de suelo extremadamente duro debe construirse superficial.  
 El mortero de cemento-arena con proporción 1 a 3 es de 1.5 a 2.0 cm de espesor.

**TANQUE DE ALMACENAMIENTO ENTERRADO**

Elaboró:  
 Sarai Francisca Guzmán Ruíz

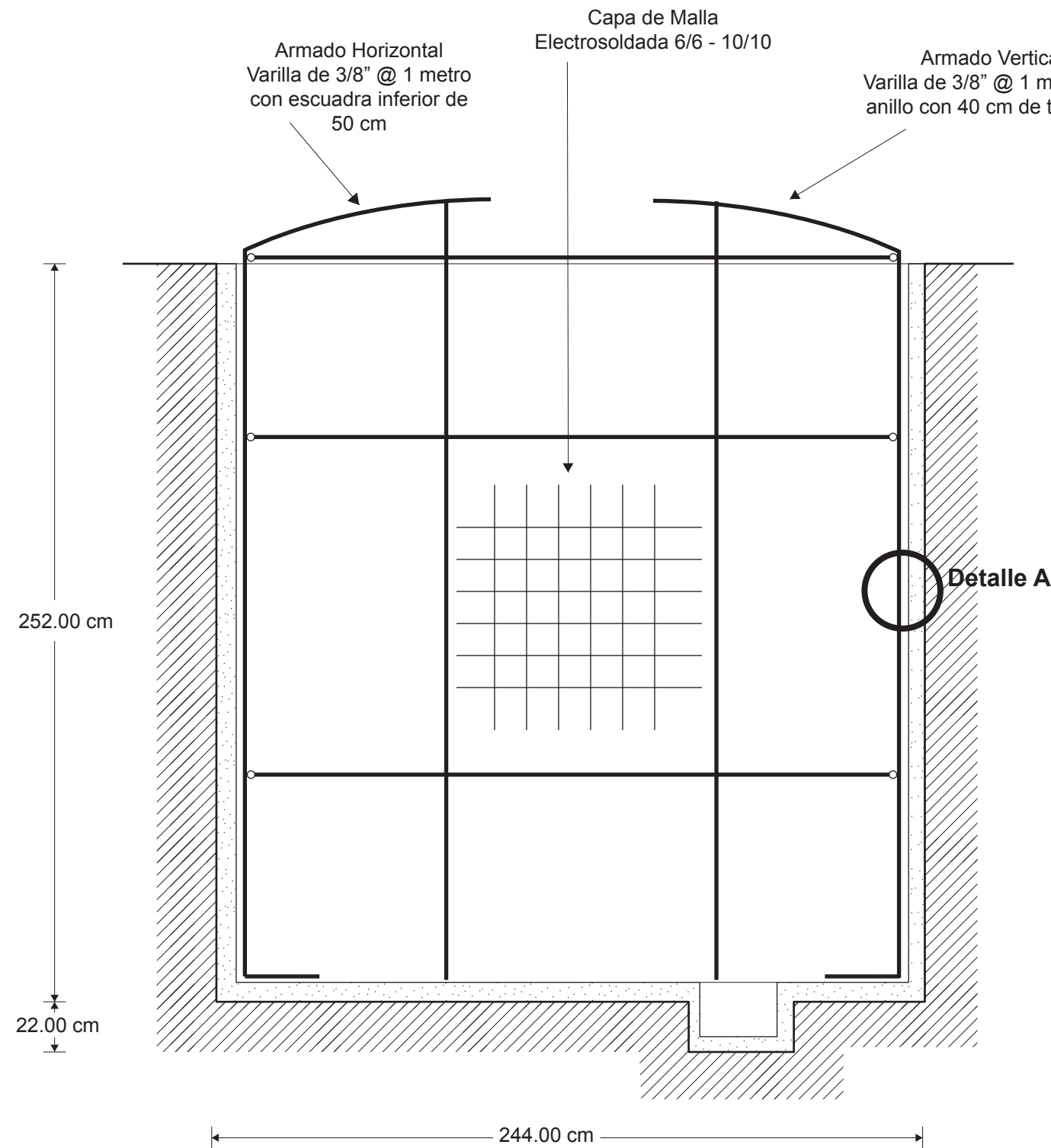
**Plano de excavación y cimentación**

Escala: 1:20

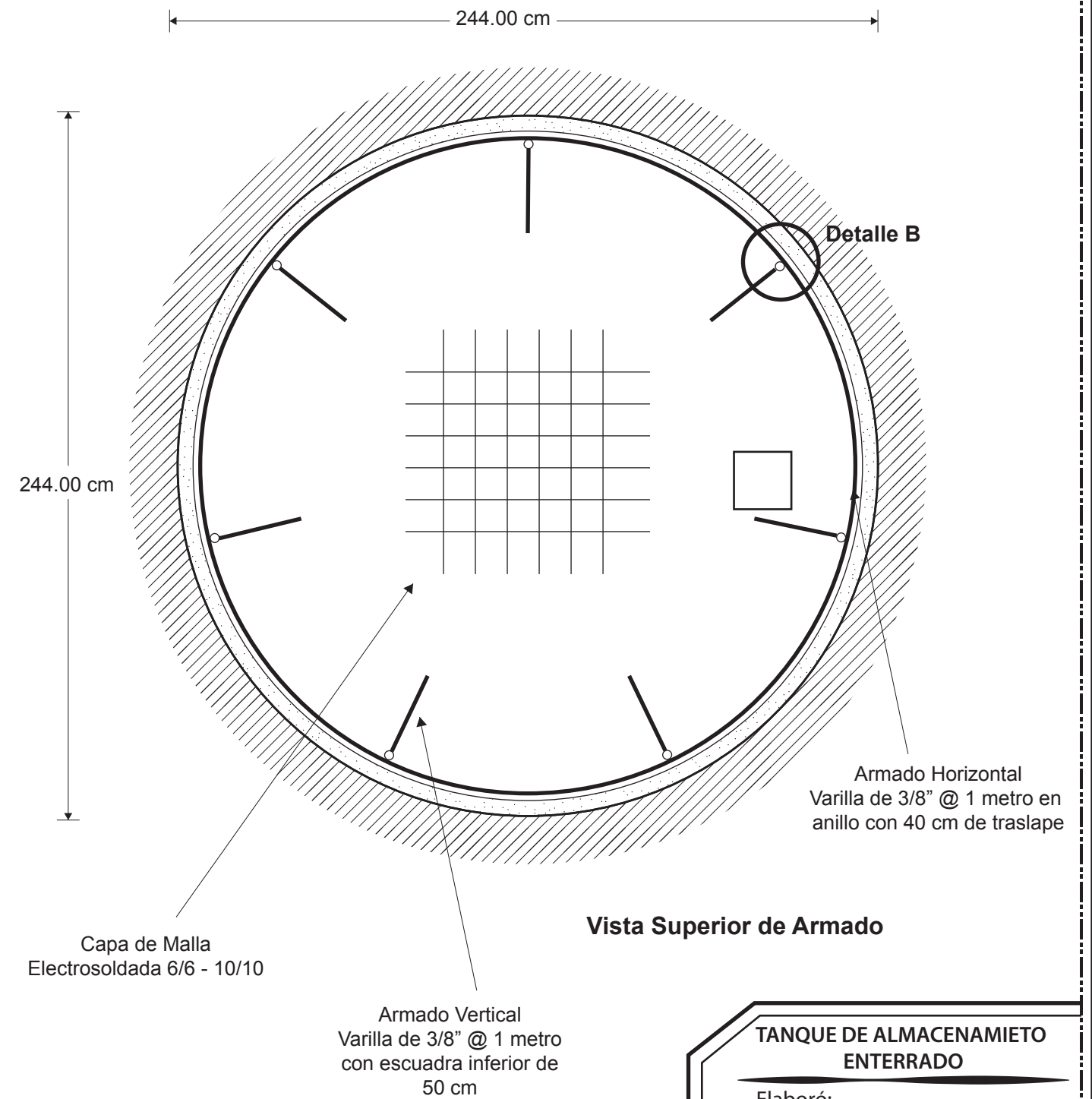
Acotación:  
 Centímetros

Nº de Plano:

**B-1**



**Corte de Armado**



**Vista Superior de Armado**

**TANQUE DE ALMACENAMIENTO ENTERRADO**

Elaboró:  
Sarai Francisca Guzmán Ruíz

**Plano estructural**

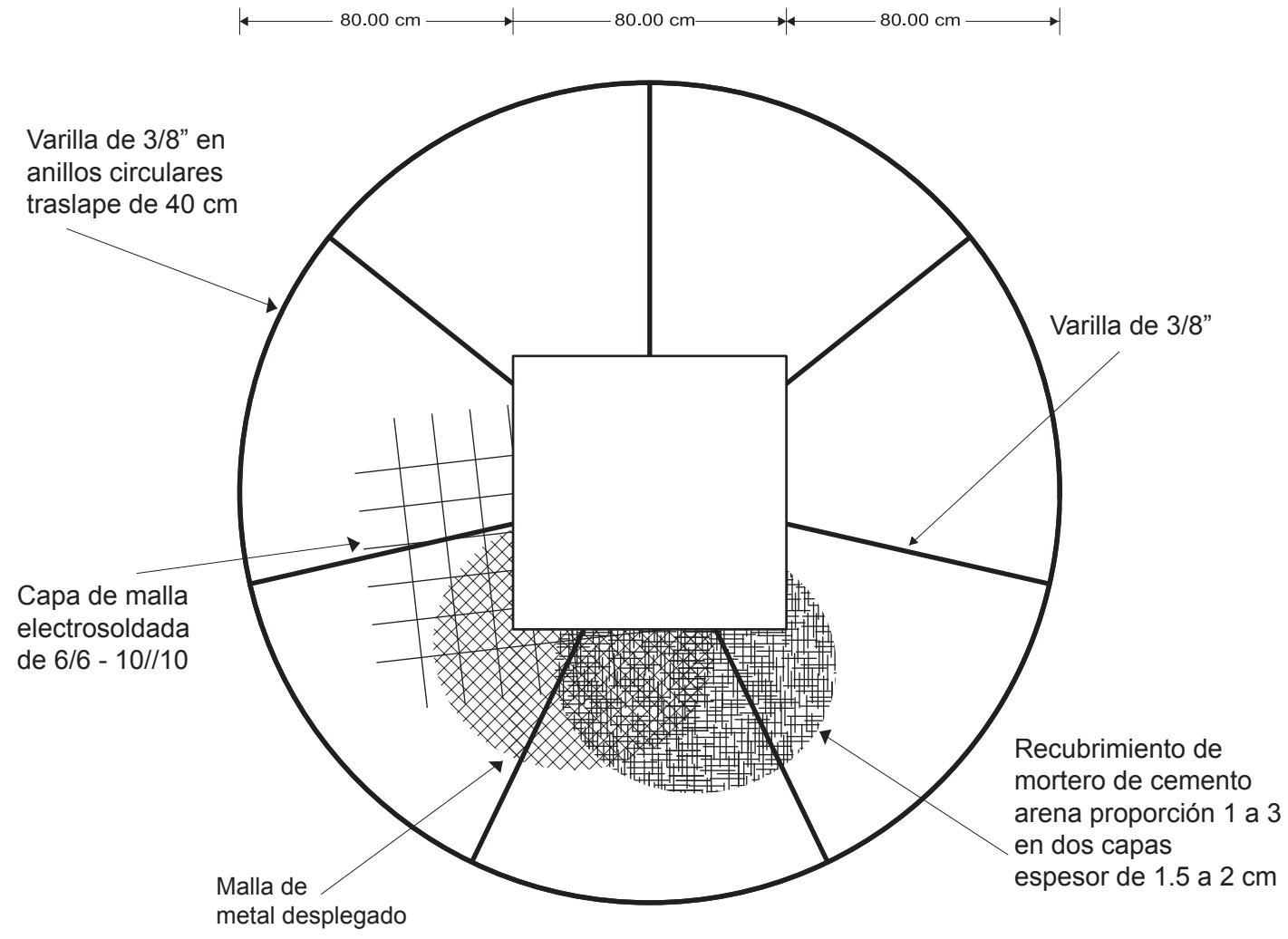
Escala: 1:20

Acotación:  
Centímetros

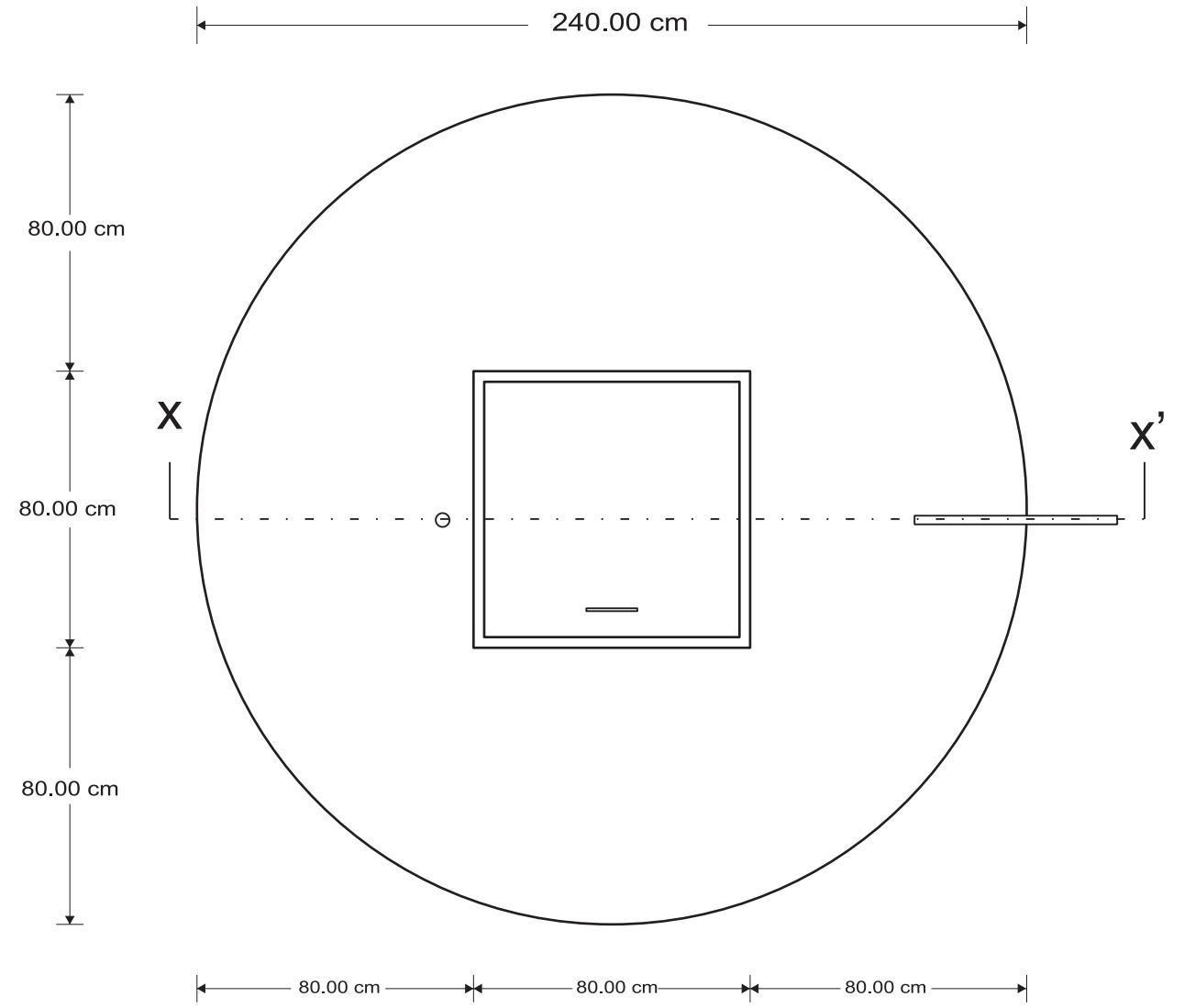
Nº de Plano:

**B-2**

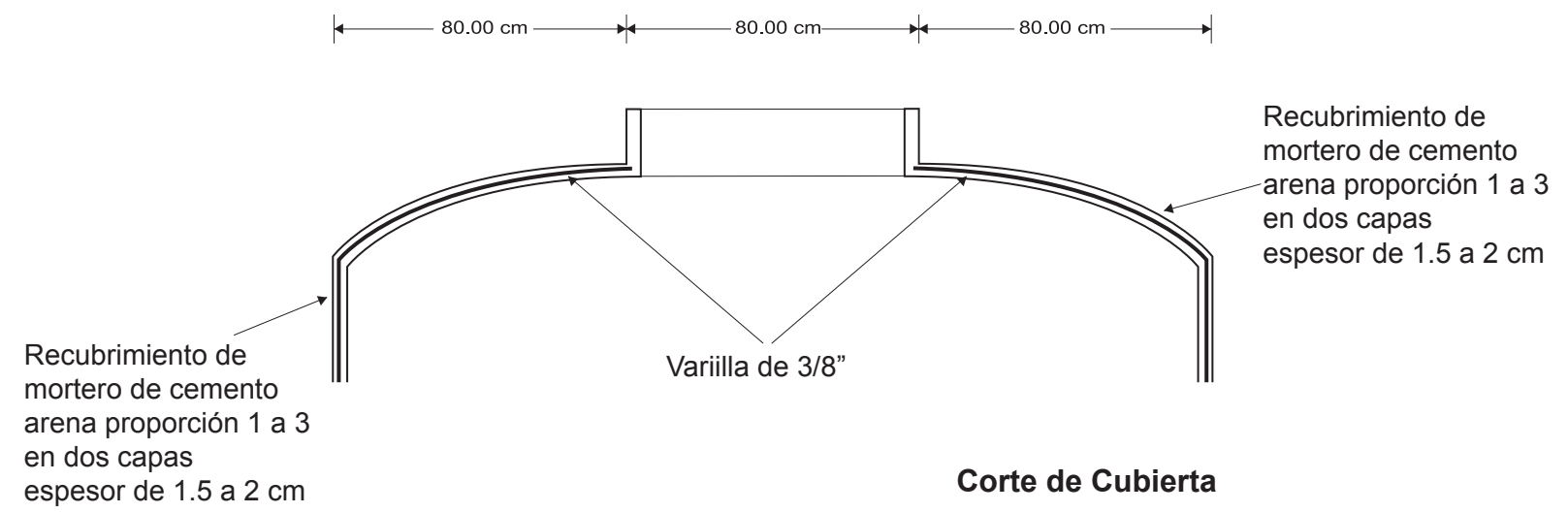




**Armado de Cubierta**



**Vista Superior**



**Corte de Cubierta**

**TANQUE DE ALMACENAMIENTO ENTERRADO**

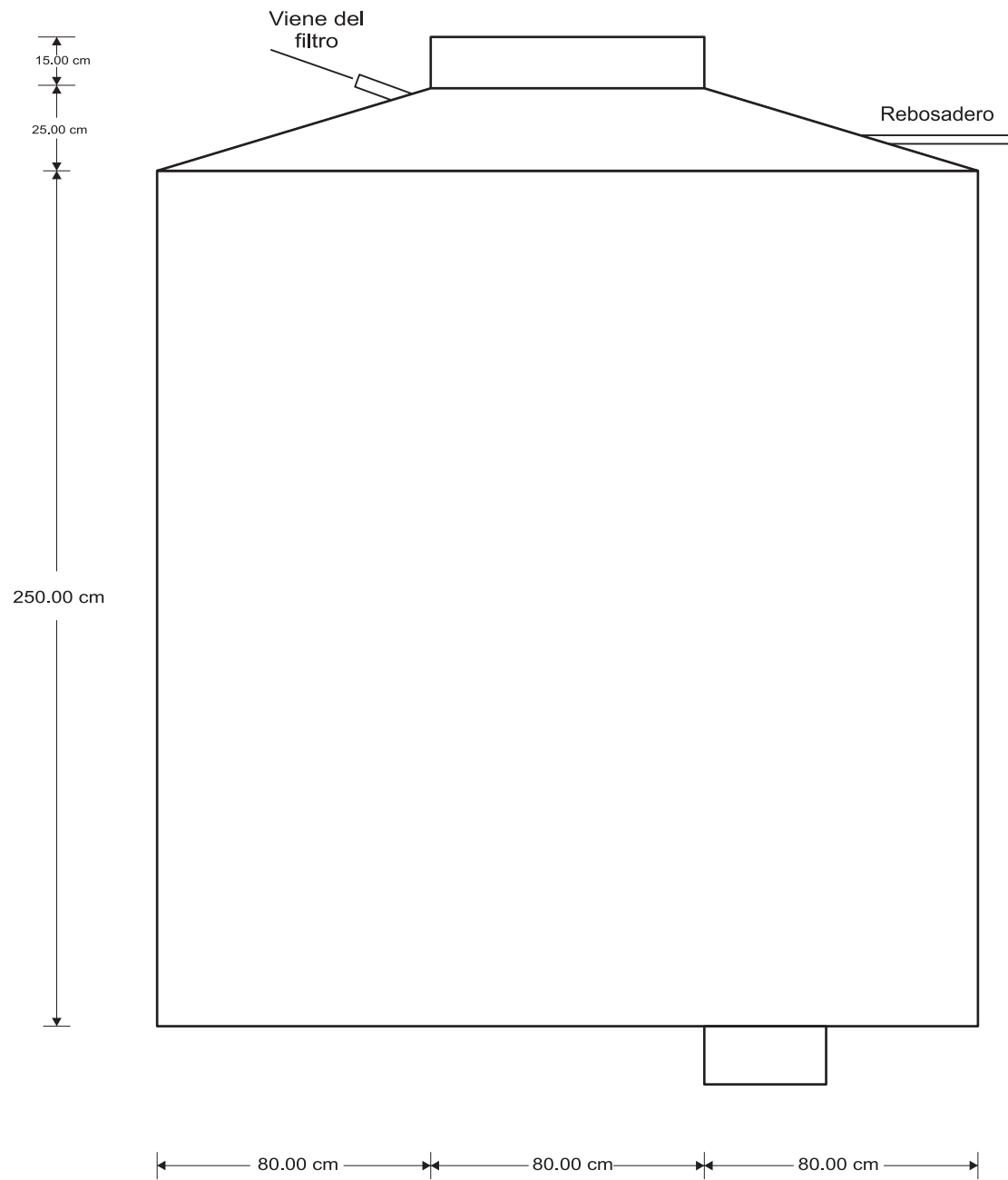
Elaboró:  
Sarai Francisca Guzmán Ruíz

**Cubierta y vista superior**

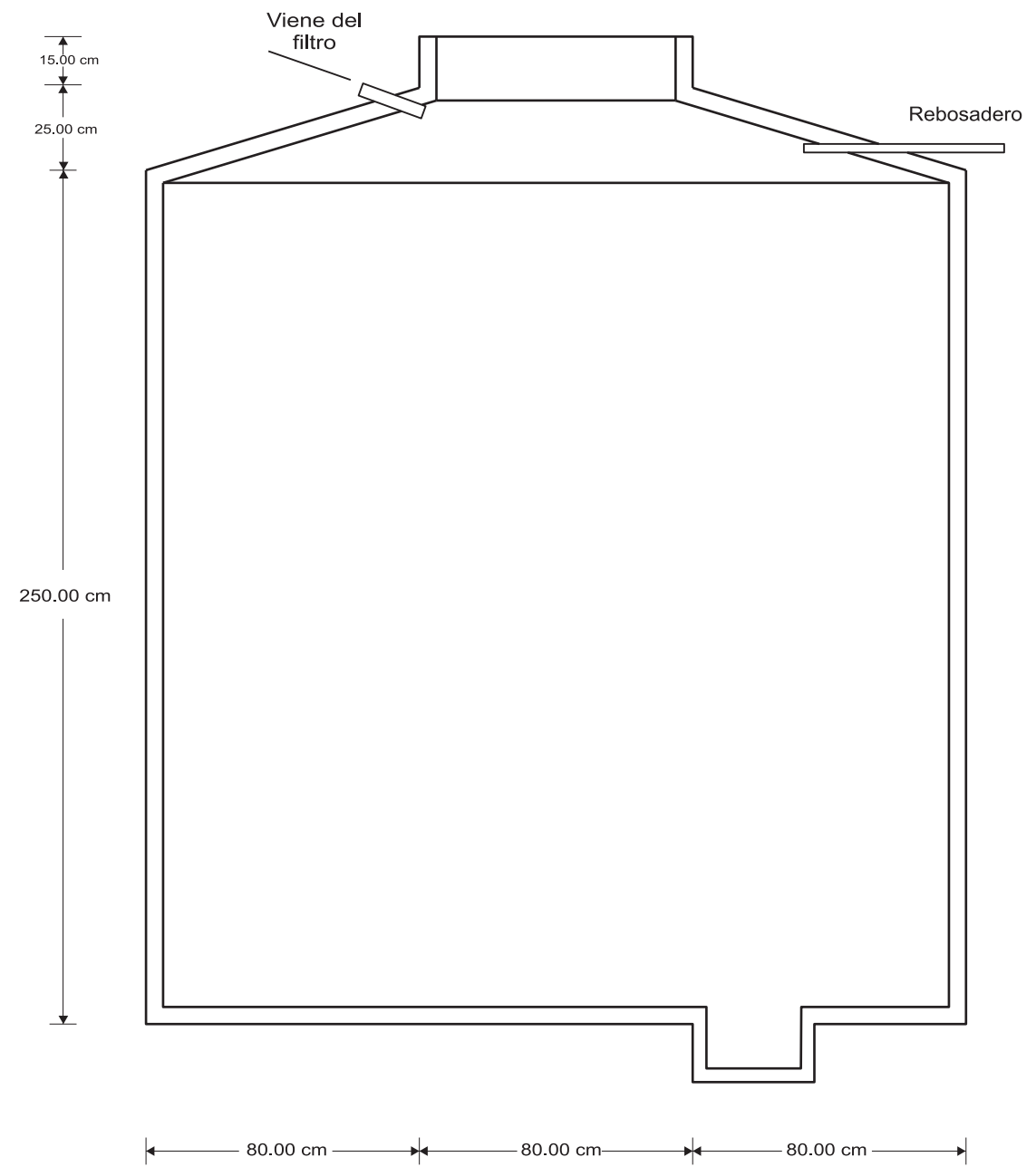
Escala: 1:20

Acotación: Centímetros

Nº de Plano:  
**B-4**



Vista Frontal



Corte x-x'

**TANQUE DE ALMACENAMIENTO ENTERRADO**

Elaboró:  
Sarai Francisca Guzmán Ruíz

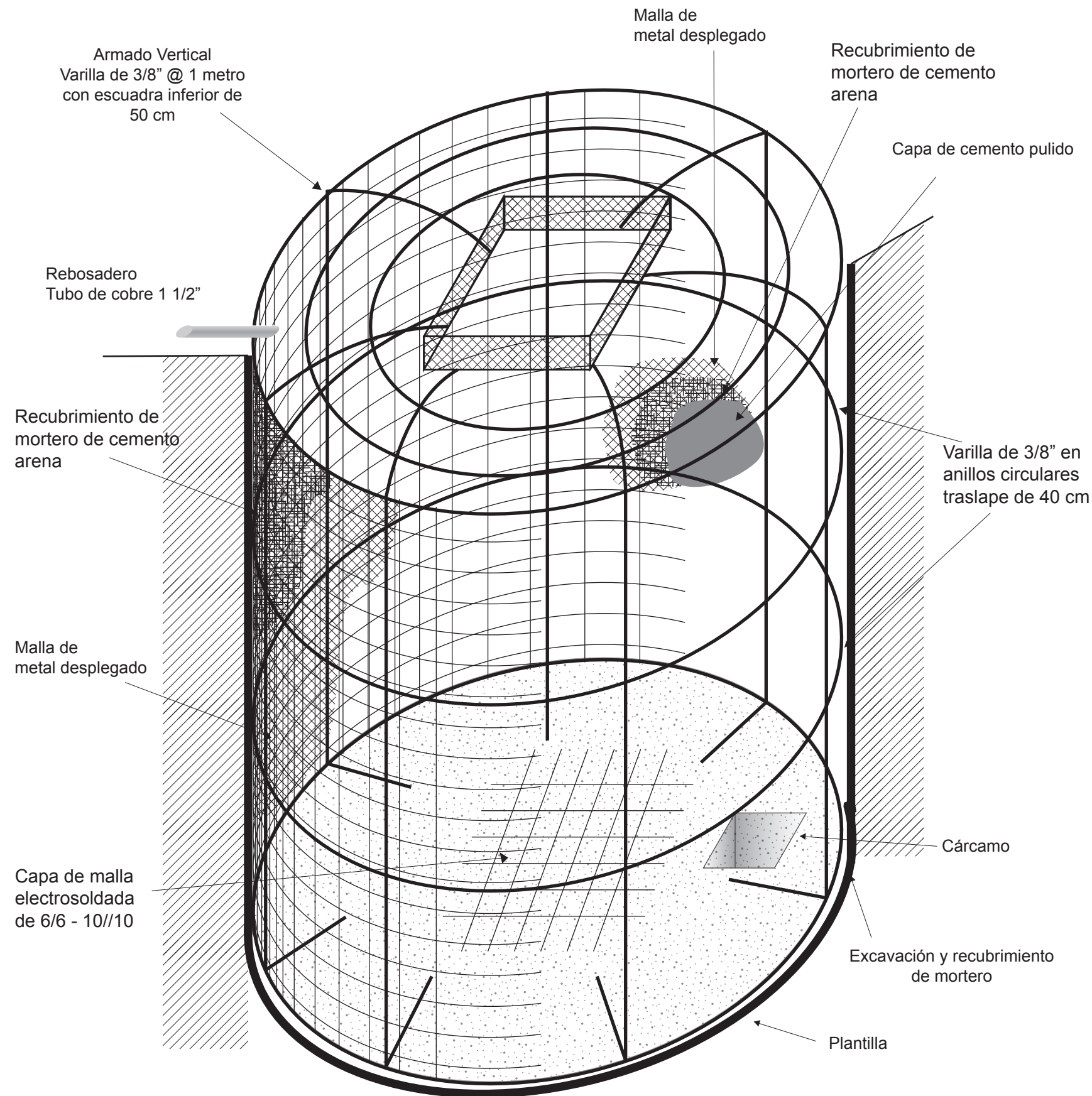
**Vista Frontal y Corte**

Escala: 1:20

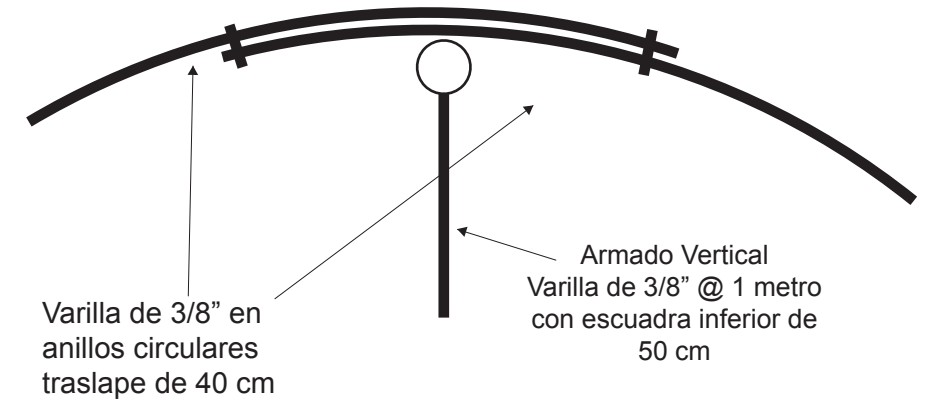
Acotación:  
Centímetros

Nº de Plano:

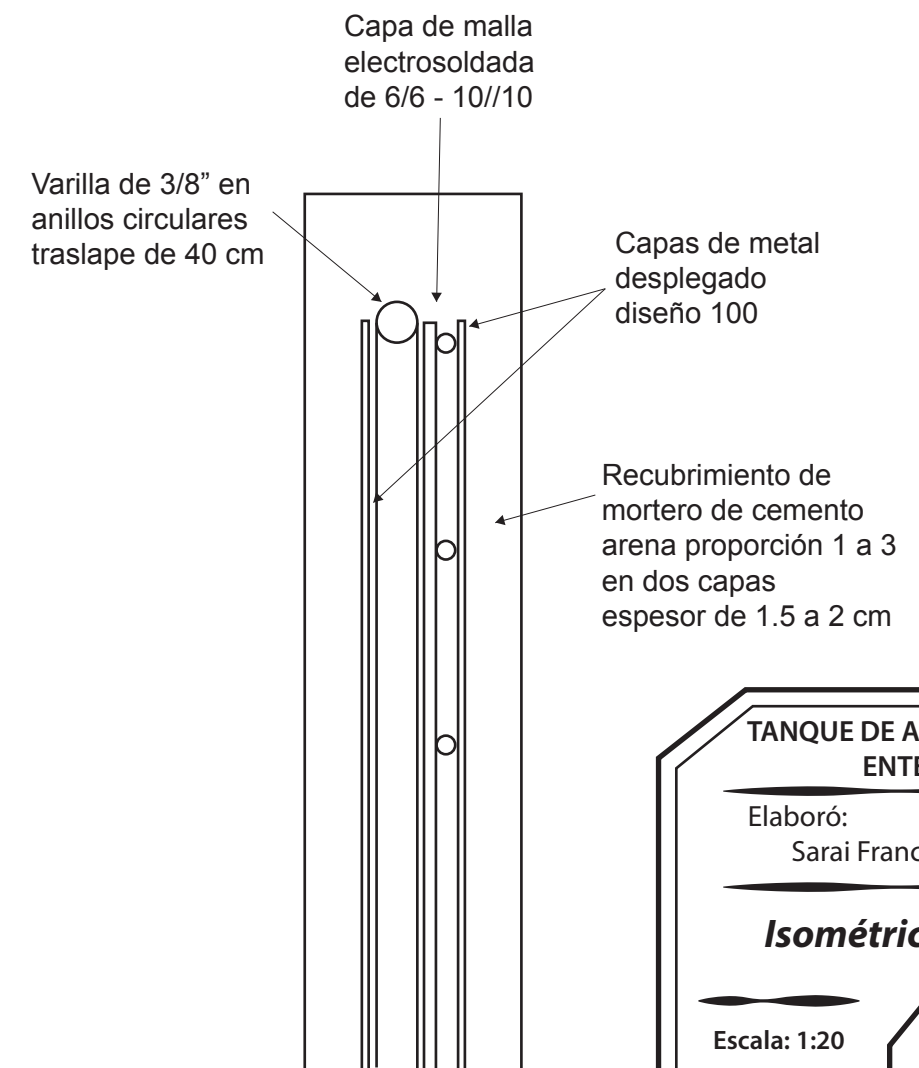
**B-5**



Isométrico Tanque Enterrado



Detalle B



Detalle A

**TANQUE DE ALMACENAMIENTO  
ENTERRADO**

Elaboró:  
Sarai Francisca Guzmán Ruíz

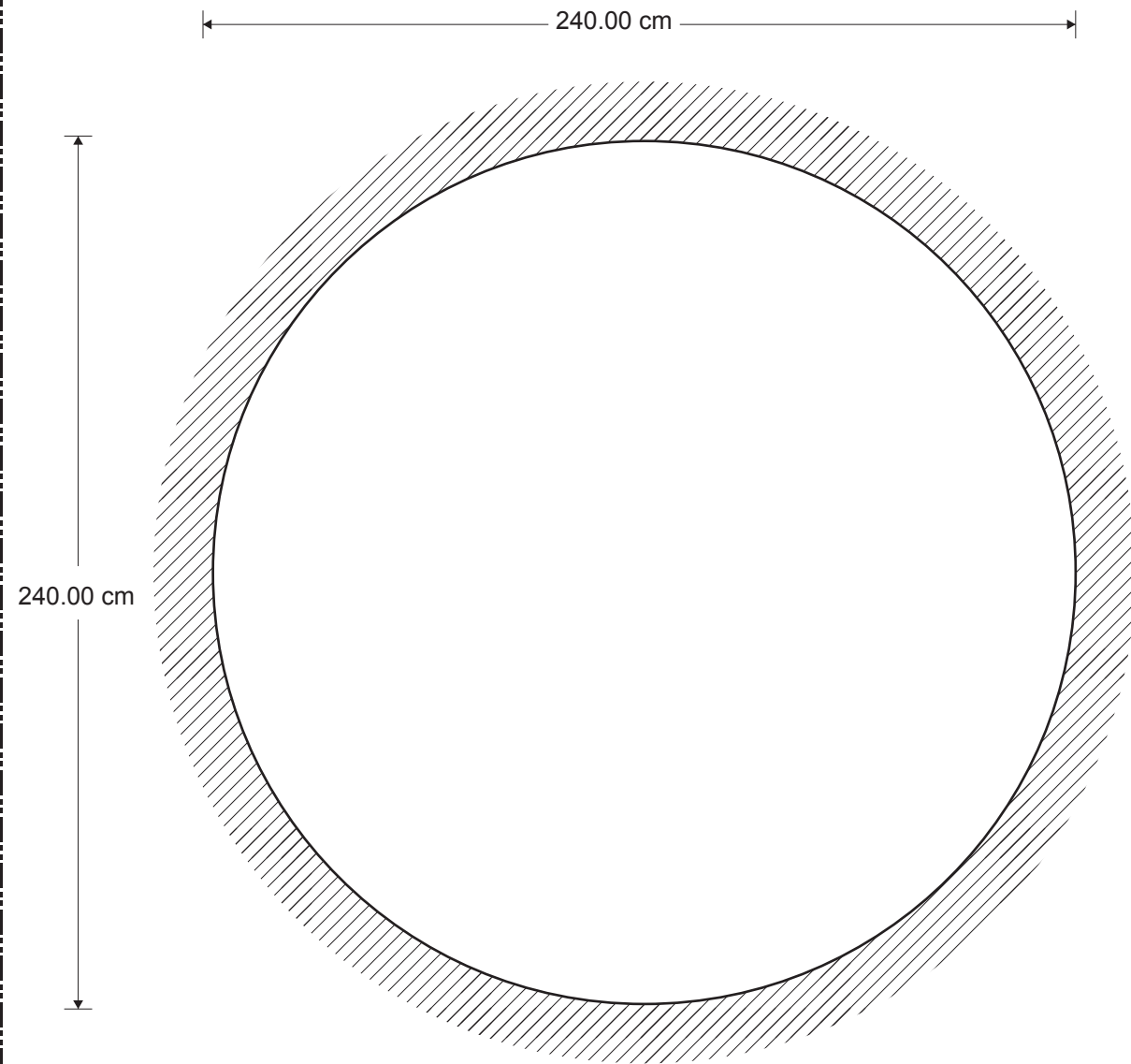
**Isométrico y detalles**

Escala: 1:20

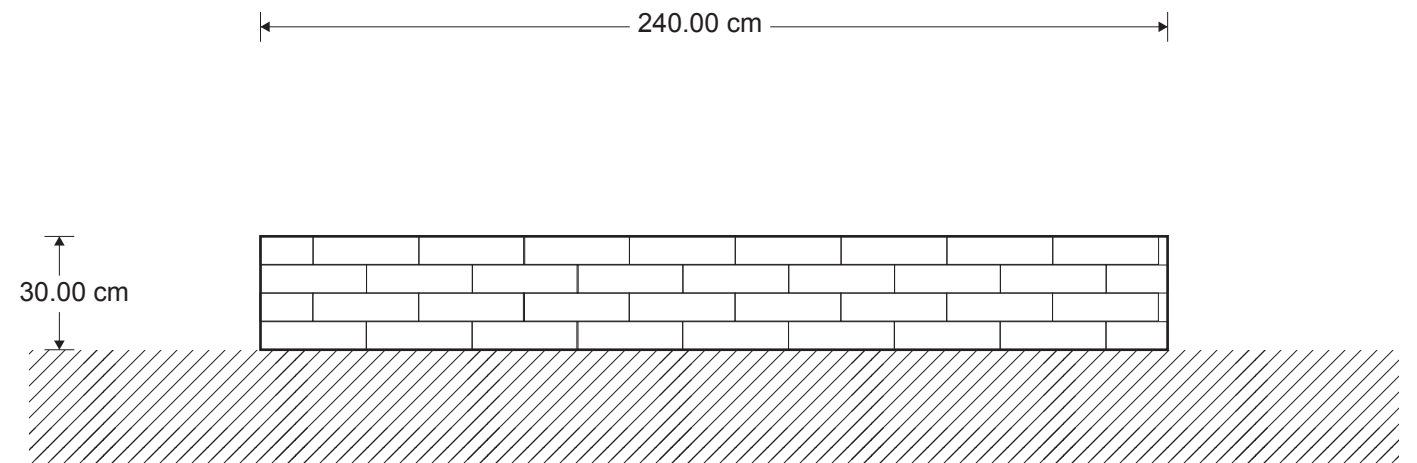
Acotación:  
Centímetros

Nº de Plano:

**B-3**



**Excavación**



**Base de Cimentación**

**Especificaciones:**

La técnica de construcción es a base de ferrocemento.  
 Preparar el área donde se construirá el tanque y nivelar el terreno.  
 La base cimentación construida con tabique 7x14x28 hasta al canzar un  
 altura de 30 cm, con juntas de cemento arena proporción 1 a 3.

**TANQUE DE ALMACENAMIENTO  
 SUPERFICIAL**

Elaboró:  
 Sarai Francisca Guzmán Ruíz

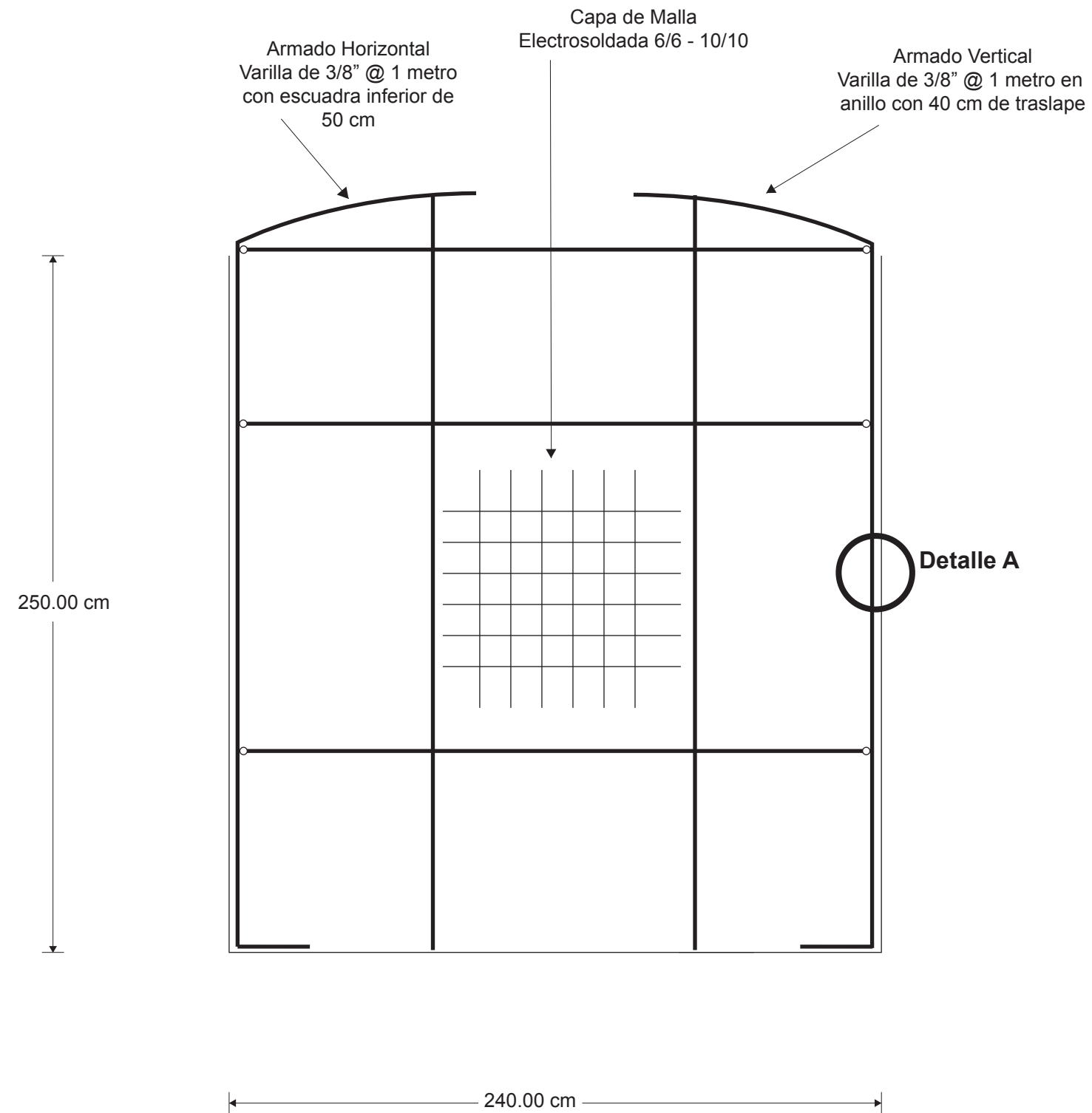
**Plano de excavación y  
 cimentación**

Escala: 1:20

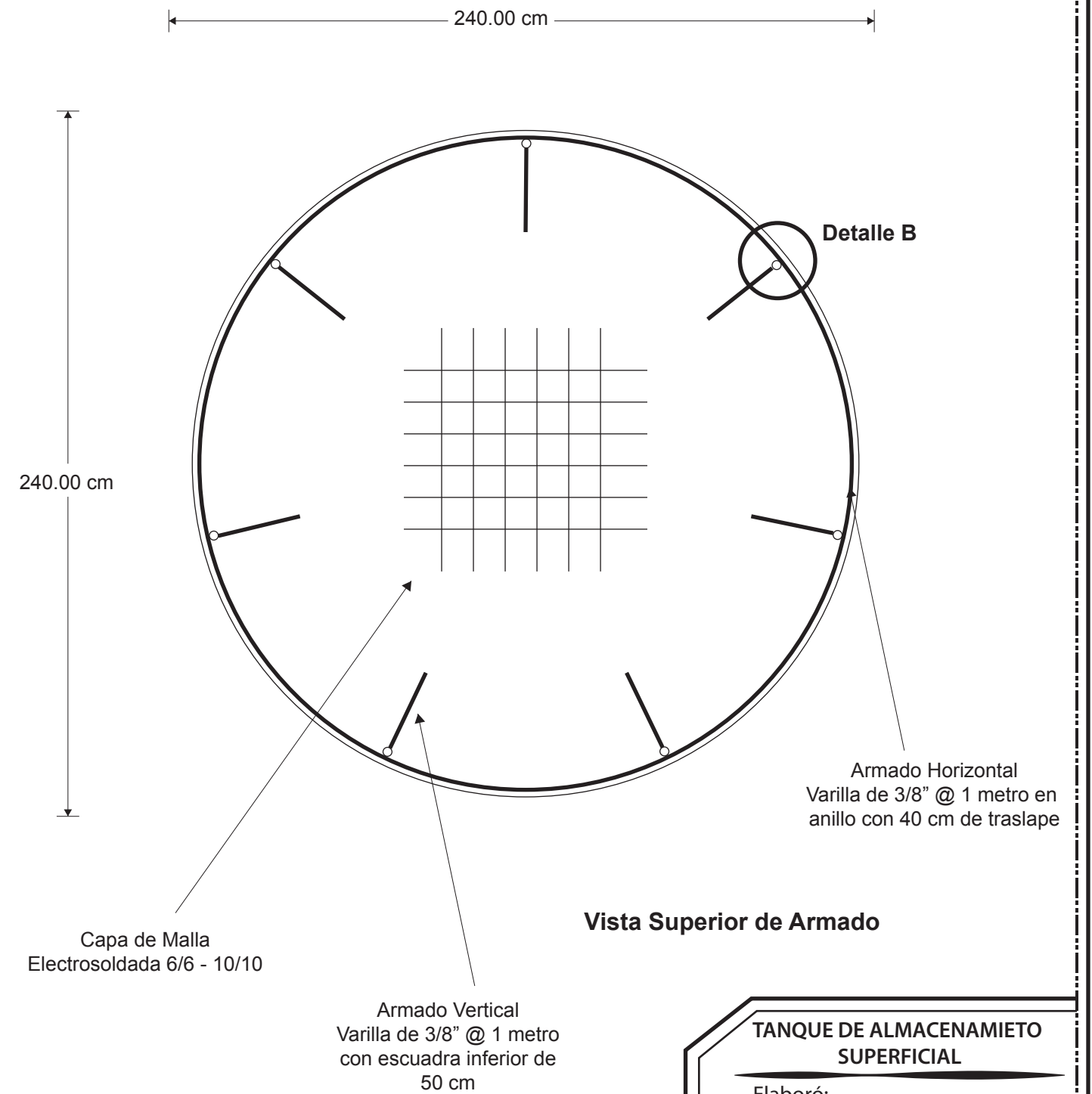
Acotación:  
 Centímetros

Nº de Plano:

**C-1**



Corte de Armado



Vista Superior de Armado

**TANQUE DE ALMACENAMIENTO  
SUPERFICIAL**

Elaboró:  
Sarai Francisca Guzmán Ruíz

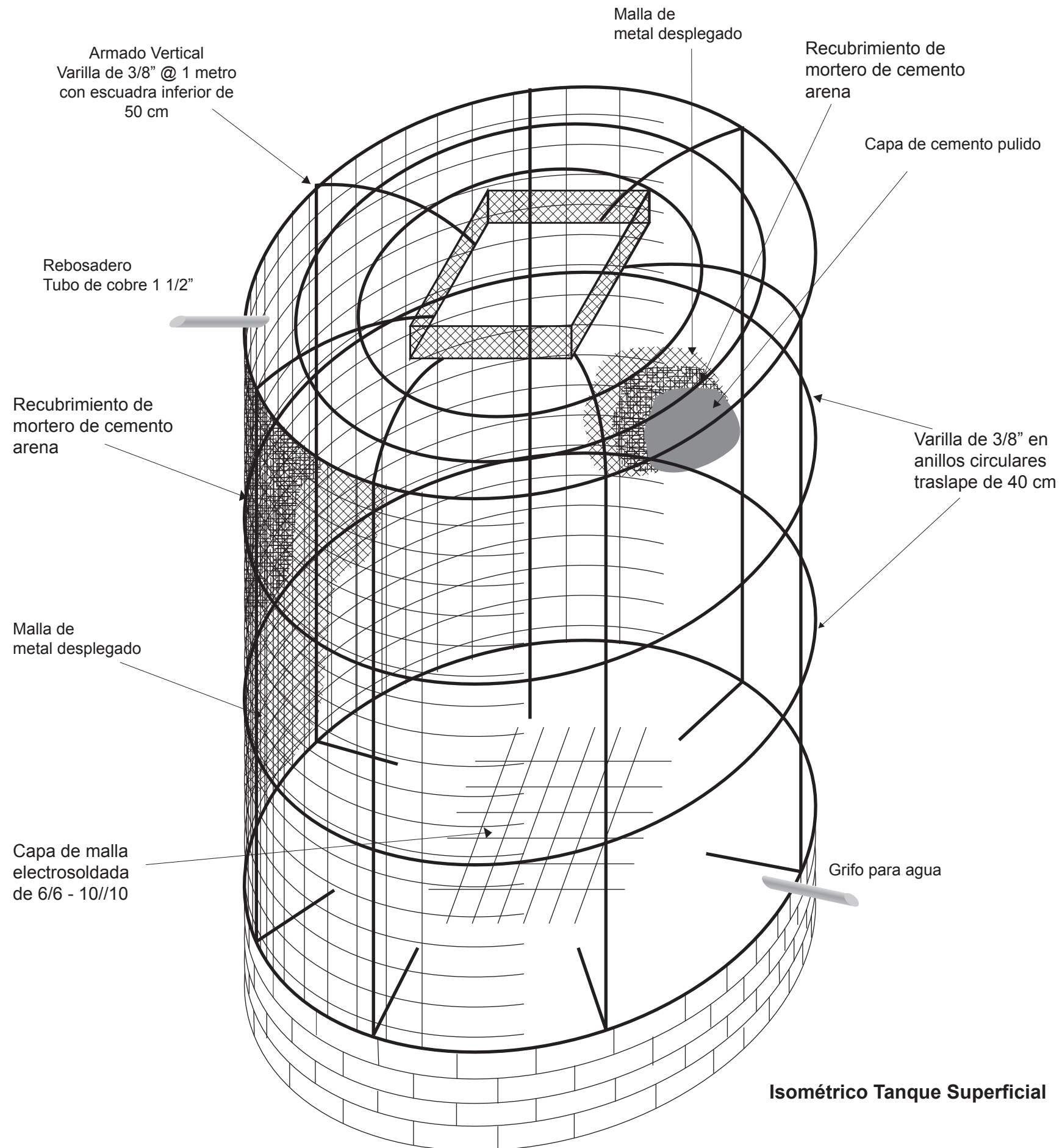
**Plano estructural**

Escala: 1:20

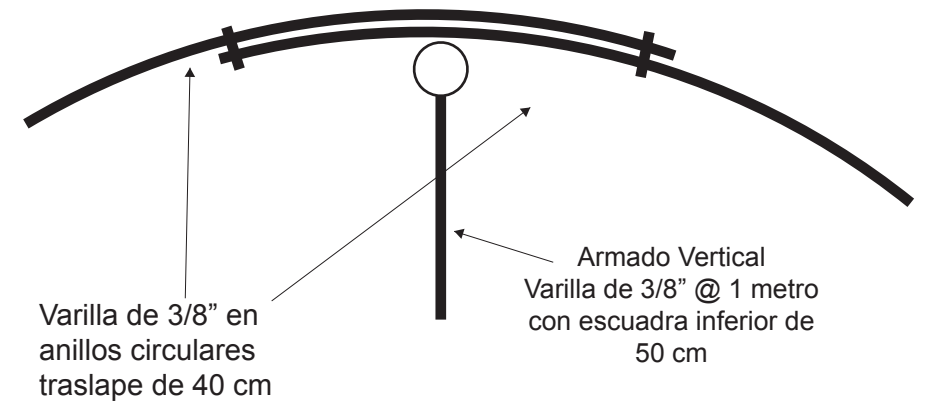
Acotación:  
Centímetros

Nº de Plano:

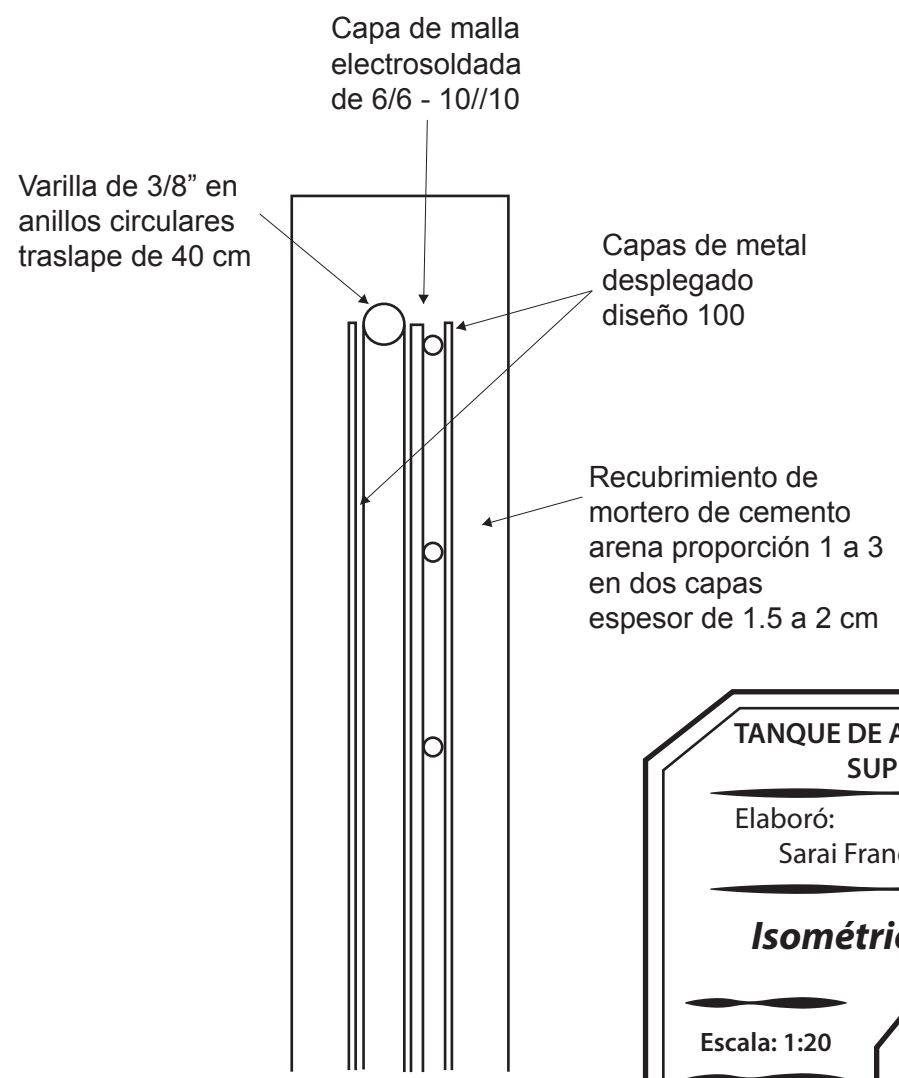
**C-2**



Isométrico Tanque Superficial



Detalle B



Detalle A

TANQUE DE ALMACENAMIENTO SUPERFICIAL

Elaboró:  
Sarai Francisca Guzmán Ruíz

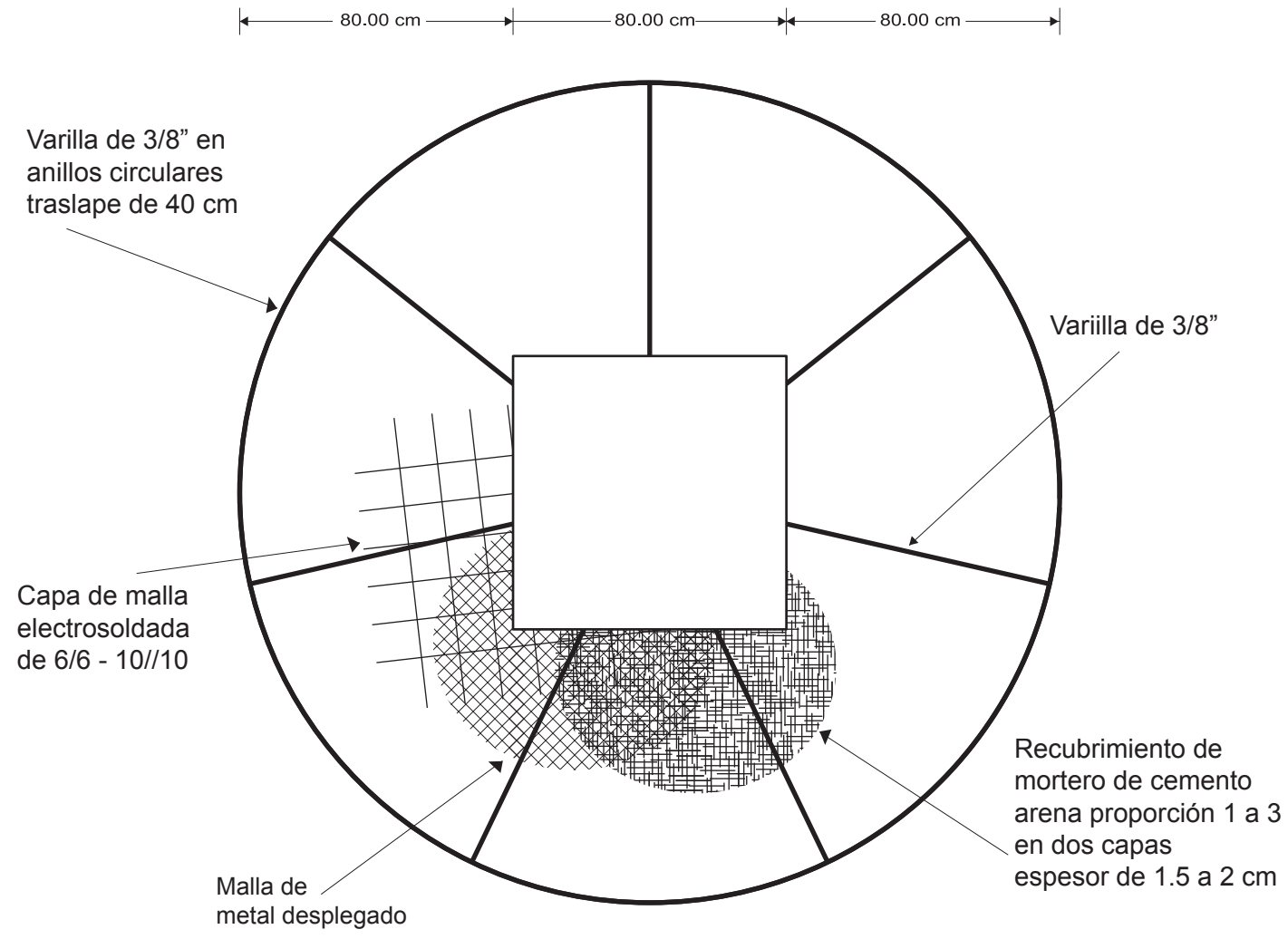
Isométrico y detalles

Escala: 1:20

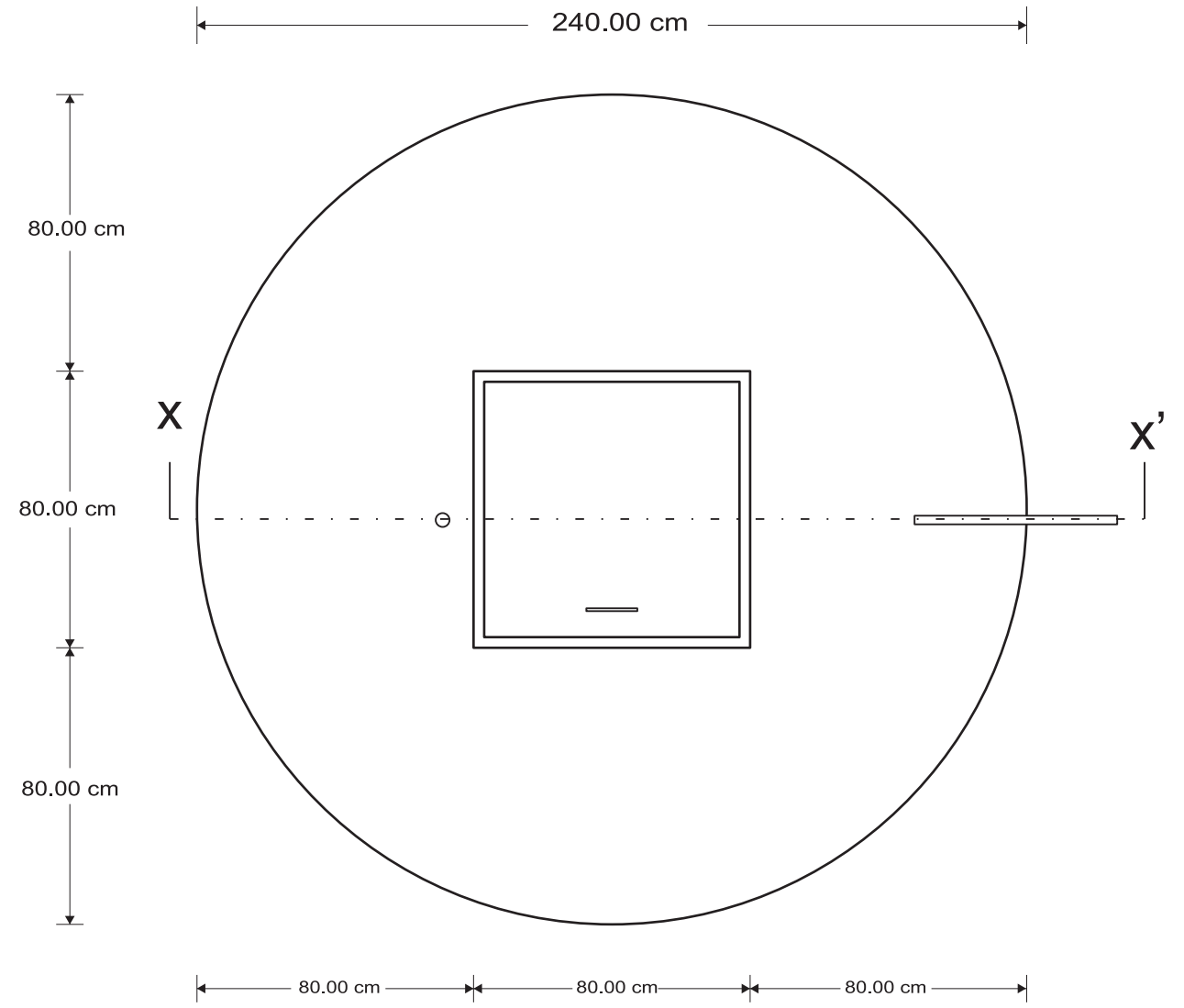
Acotación:  
Centímetros

Nº de Plano:

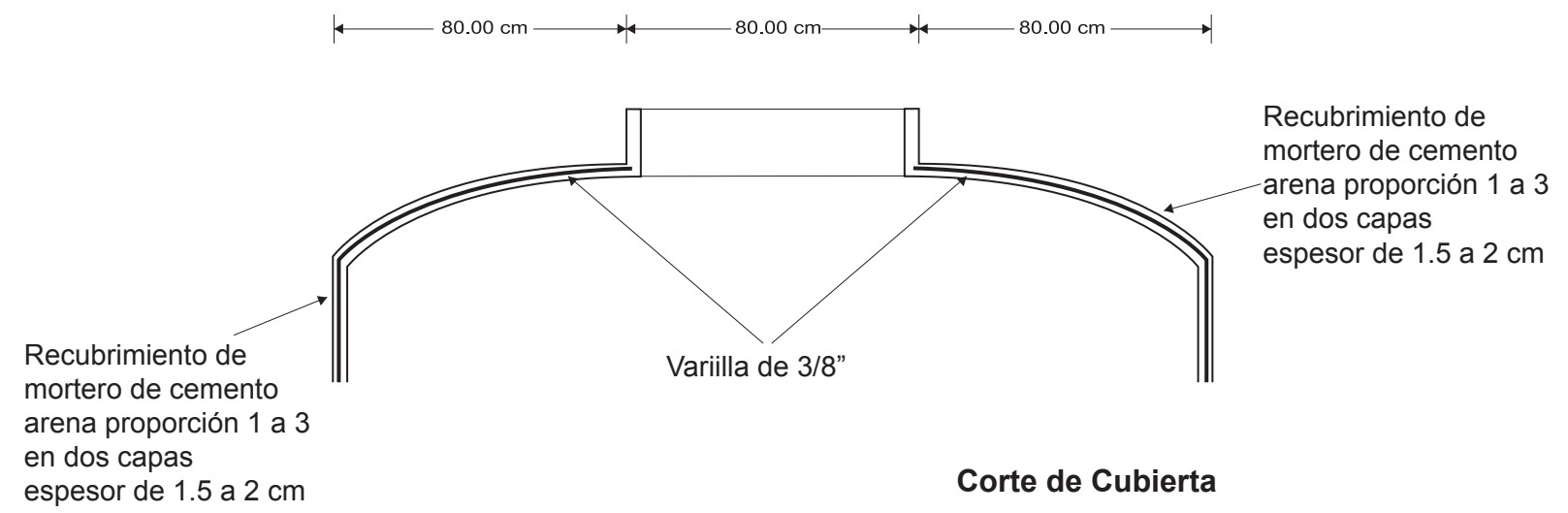
C-3



**Armado de Cubierta**



**Vista Superior**



**Corte de Cubierta**

**TANQUE DE ALMACENAMIENTO SUPERFICIAL**

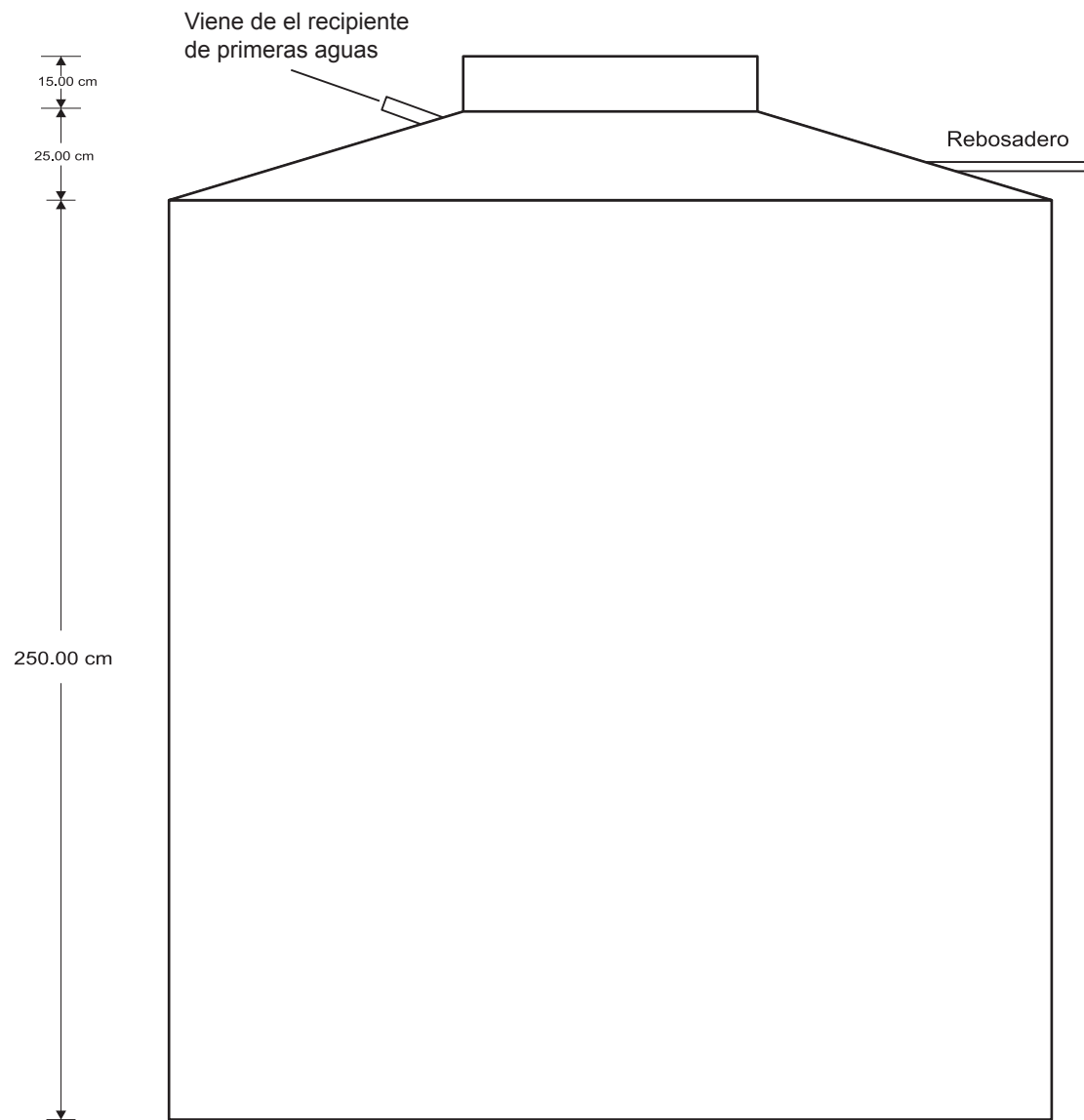
Elaboró:  
Sarai Francisca Guzmán Ruíz

**Cubierta y vista superior**

Escala: 1:20

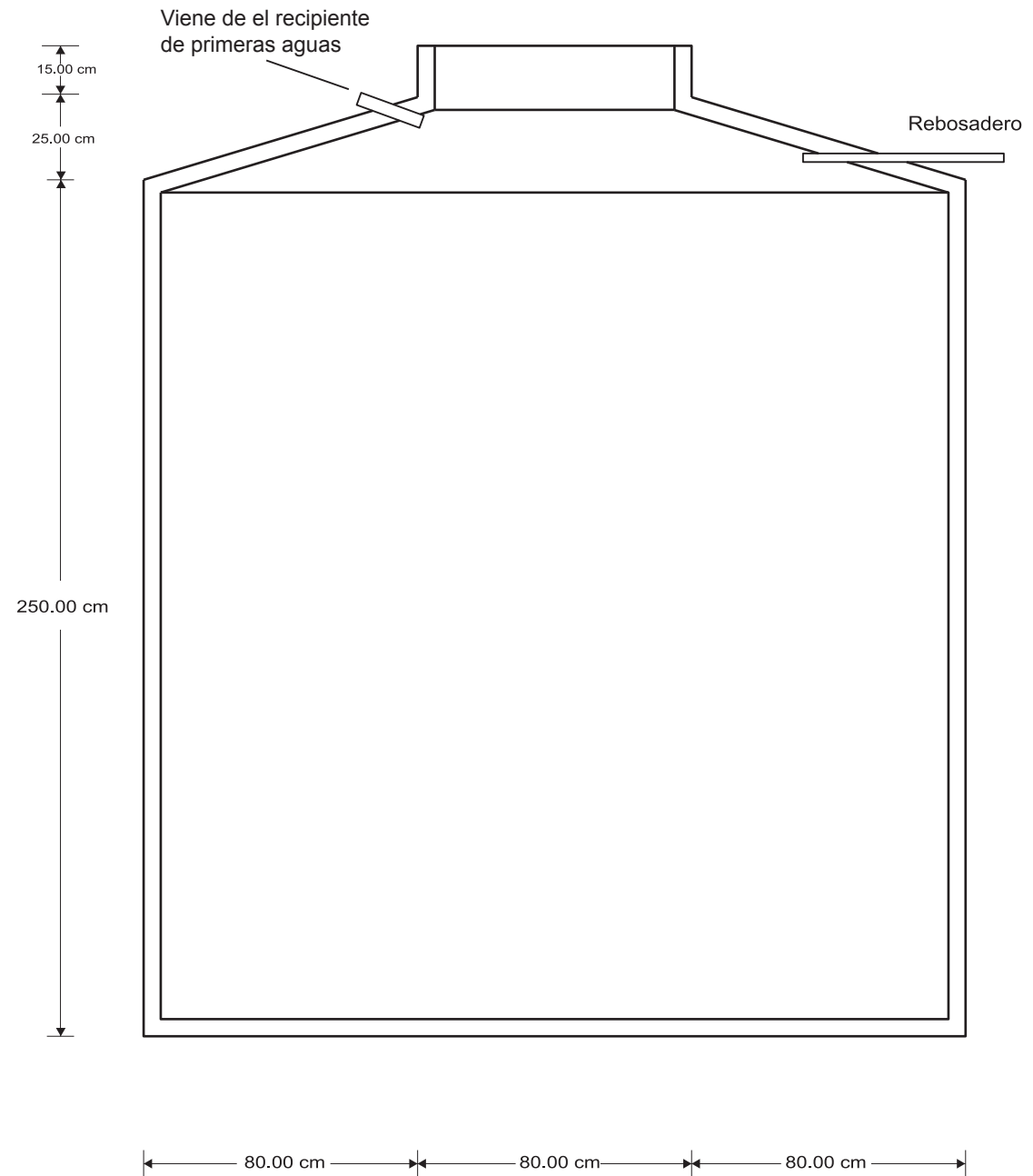
Acotación: Centímetros

Nº de Plano:  
**C-4**



80.00 cm    80.00 cm    80.00 cm

Vista Frontal



Corte x-x'

TANQUE DE ALMACENAMIENTO SUPERFICIAL

Elaboró:  
Sarai Francisca Guzmán Ruíz

**Vista Frontal y Corte**

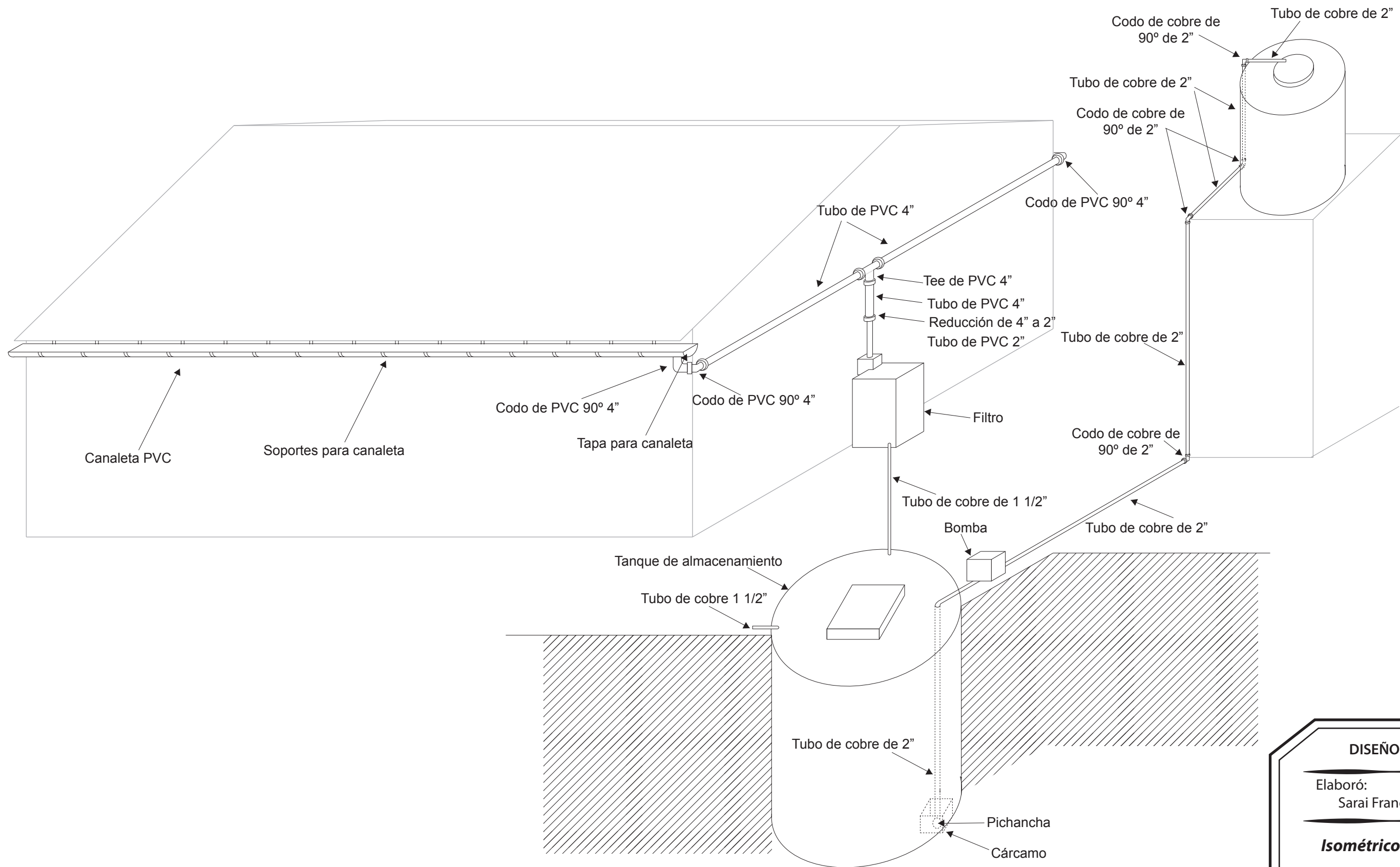
Escala: 1:20

Acotación:  
Centímetros

Nº de Plano:

**C-5**





**DISEÑO DE SISTEMA**

Elaboró:  
Sarai Francisca Guzmán Ruíz

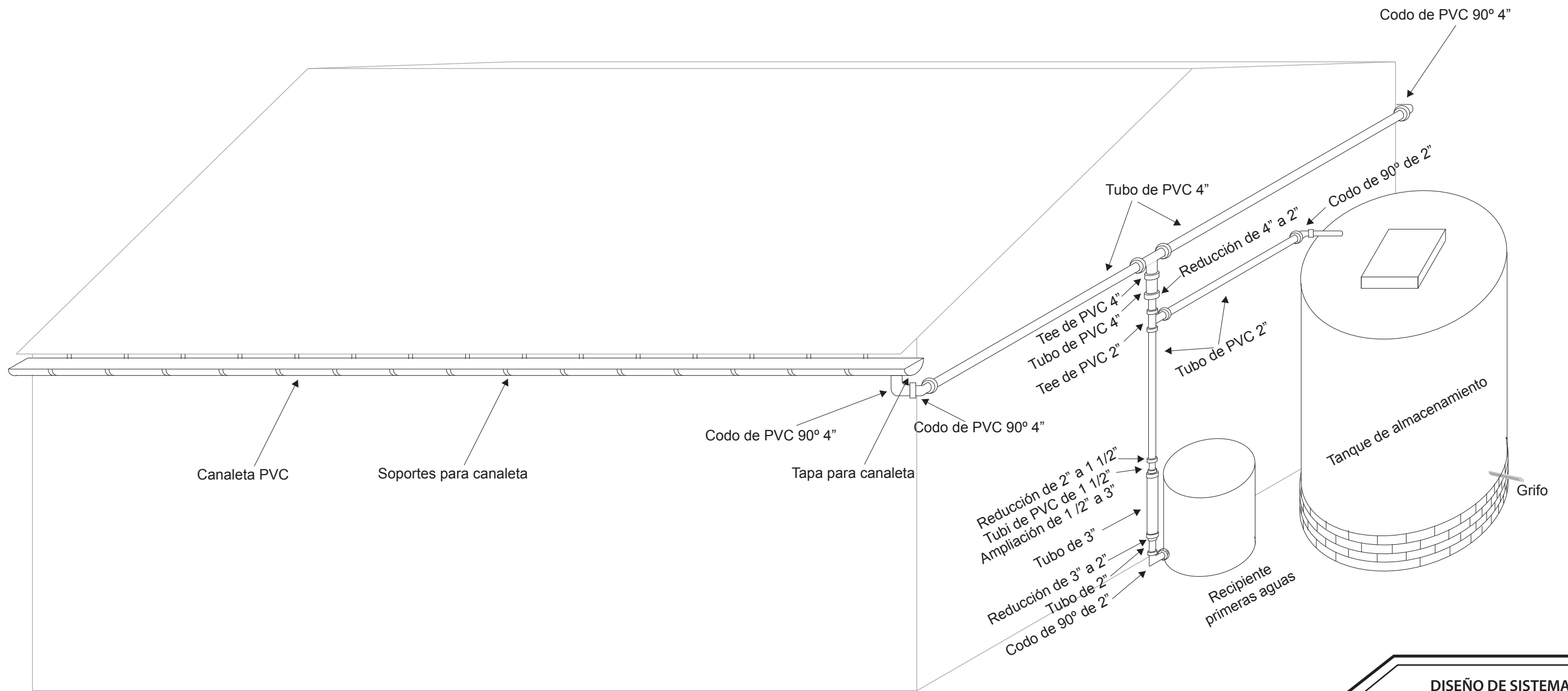
**Isométrico de Instalación**

Escala:

Acotación:  
Centímetros

Nº de Plano:

**D-1**



**DISEÑO DE SISTEMA**

Elaboró:  
Sarai Francisca Guzmán Ruíz

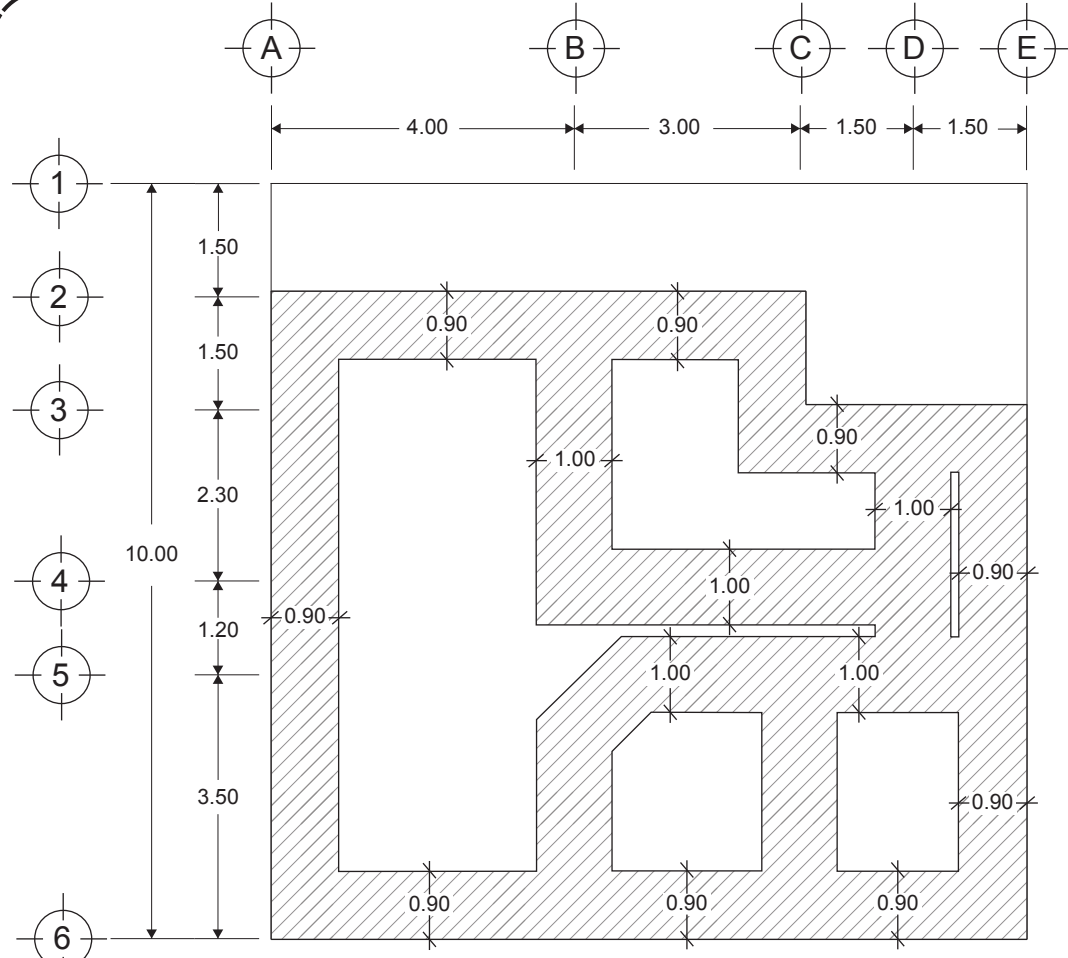
**Isométrico de Instalación**

Escala: 1:100

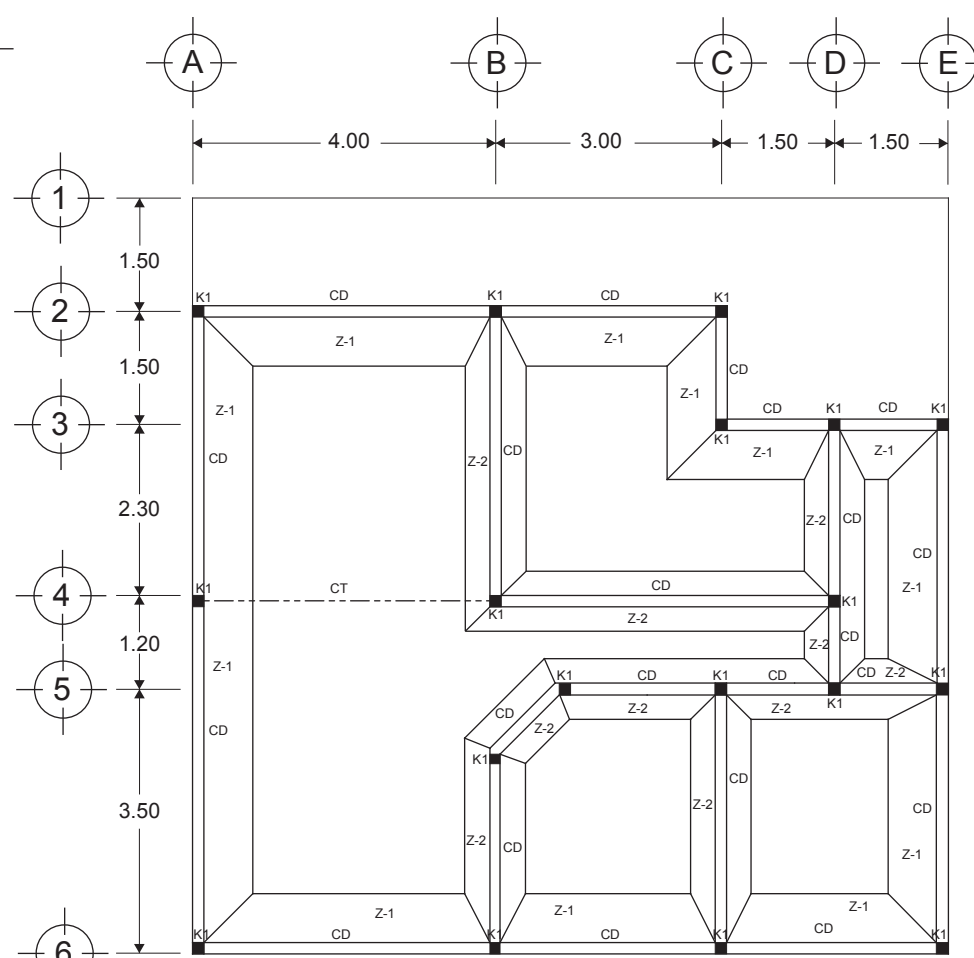
Acotación:  
Centímetros

Nº de Plano:

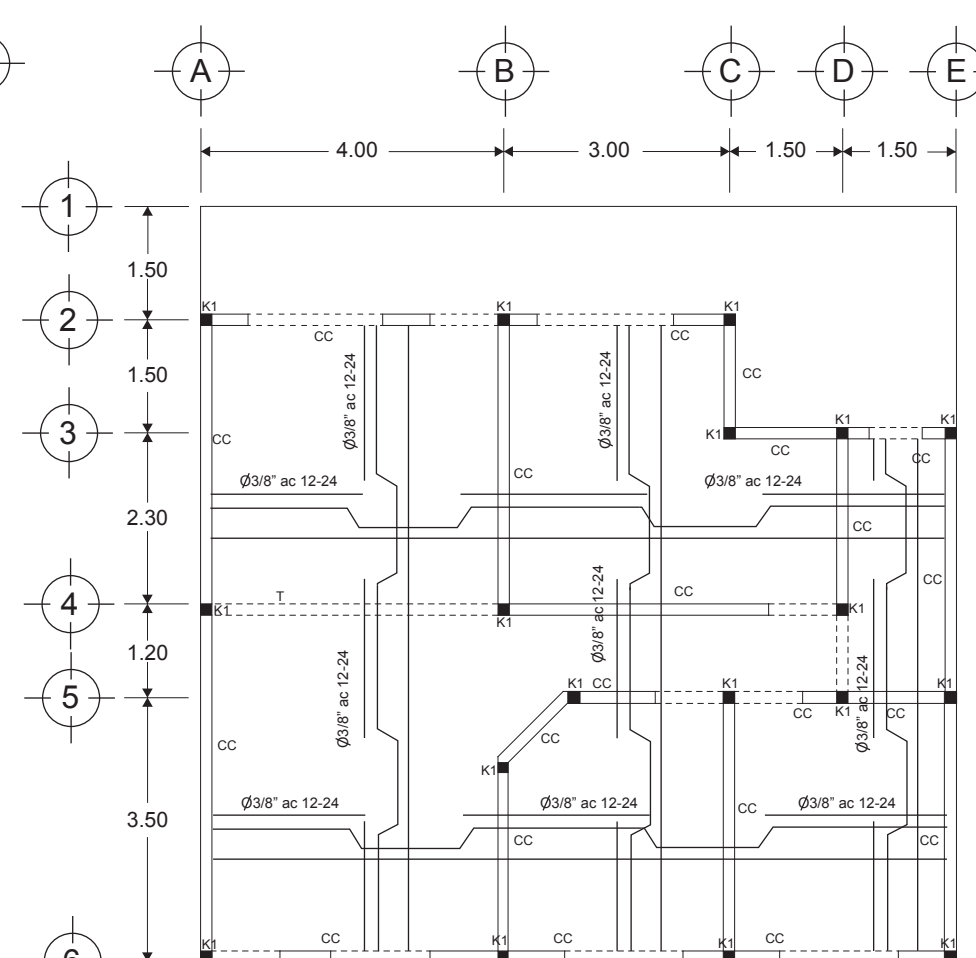
**E-1**



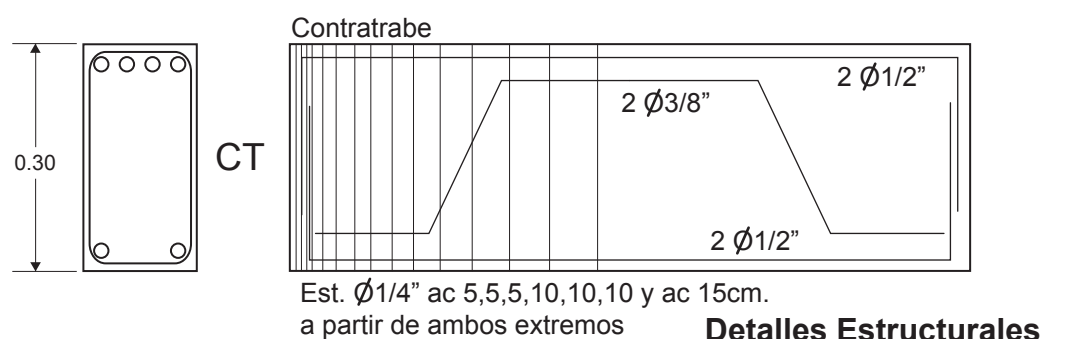
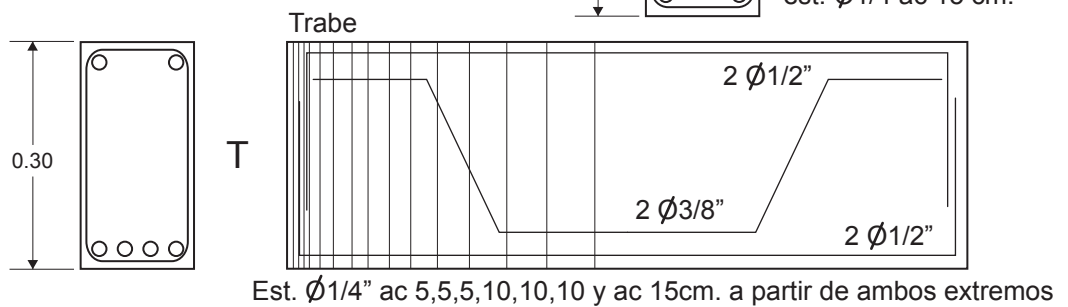
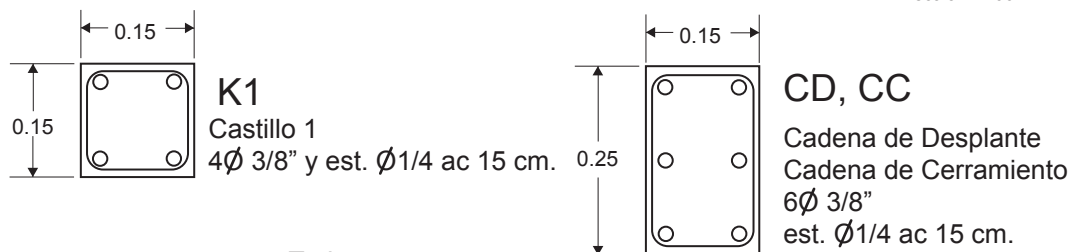
**Planta de Excavación**  
Escala: 1:100



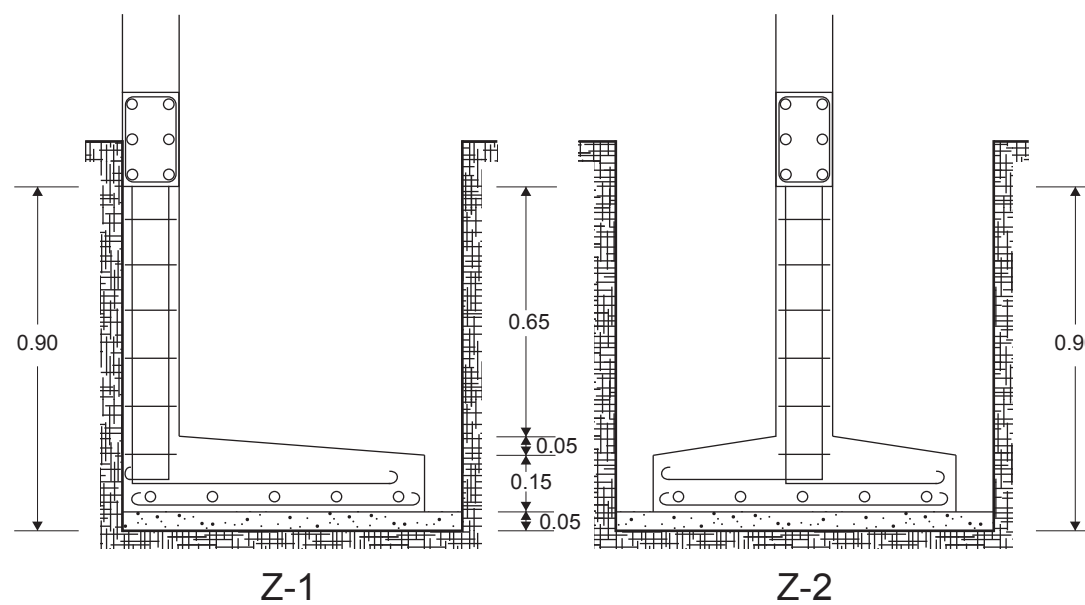
**Planta de Cimentación**  
Escala: 1:100



**Planta Estructural de Azotea**  
Escala: 1:100



**Detalles Estructurales**  
Escala: 1:10



**Detalles de Zapatas Corridas**  
Escala: 1:50

**ESPECIFICACIONES**

La cimentación llevará una plantilla de concreto simple  $f'c=100\text{kg/cm}^2$  de 5cm de espesor en proporción 1:4:6 cemento/arena/grava.  
 La cimentación será a base de zapatas corridas con un armado transversal de  $\text{Ø}3/8"$  ac 25 cm.  
 La losa será de 10 cm de espesor armada con varillas de  $\text{Ø}3/8"$ .  
 El concreto a usar será  $f'c=250\text{kg/cm}^2$  proporción 1:2:3 (cem./arena/grava)  
 El traslape será 40 veces el diámetro de a varilla a usar.

**CASA TIPO**

Elaboró:  
Sarai Francisca Guzmán Ruíz

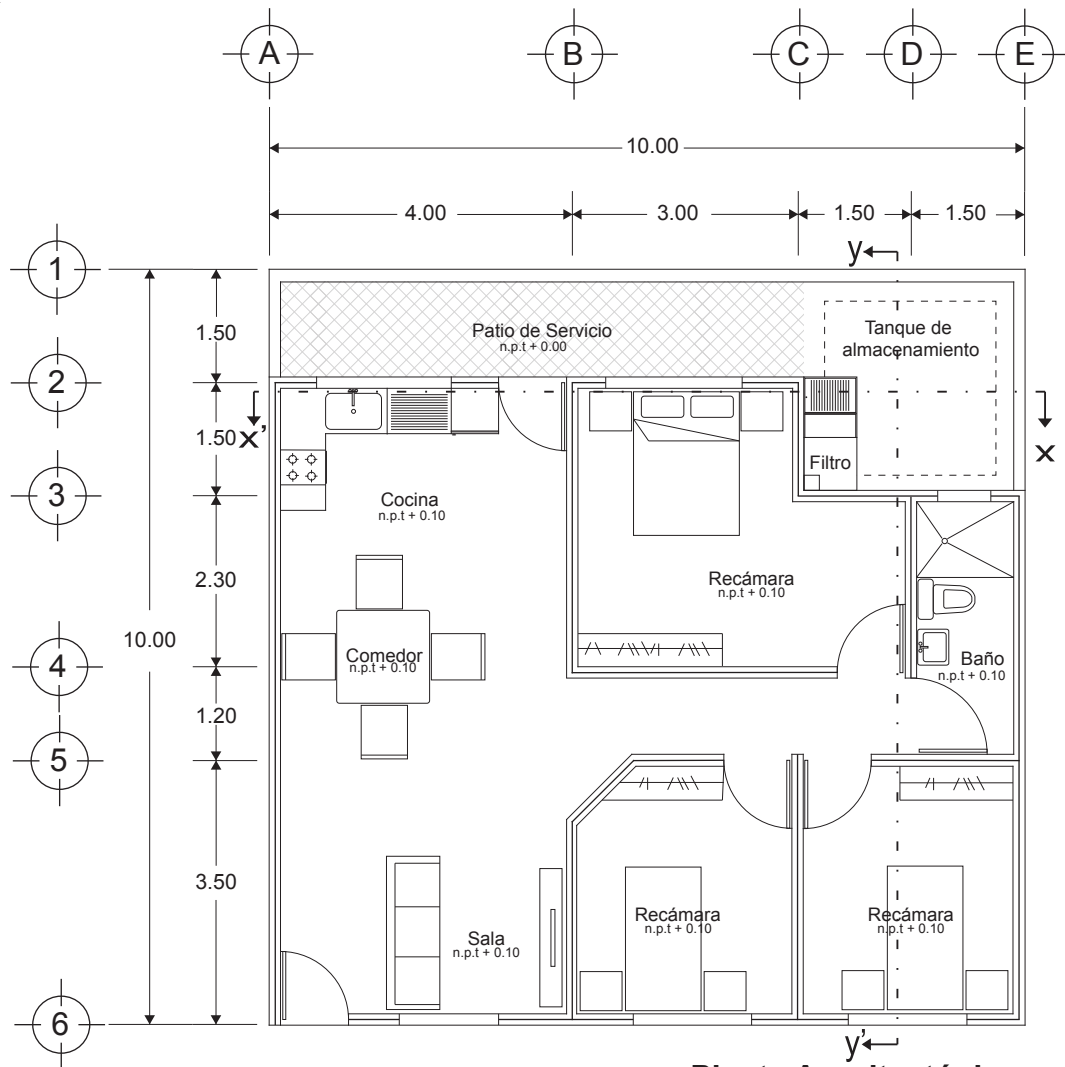
**Plano Estructural**

Escala: 1:100

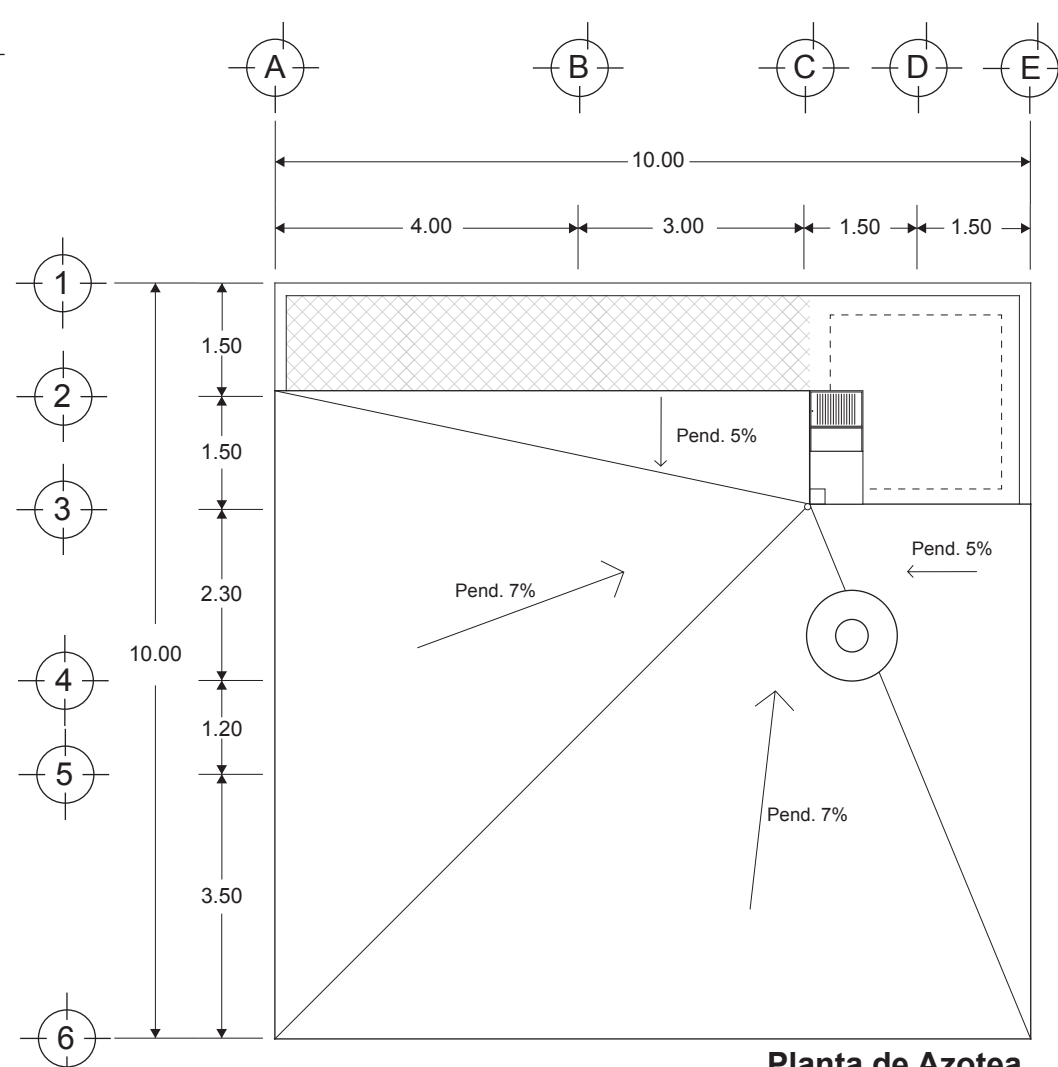
Acotación:  
Metros

Nº de Plano:

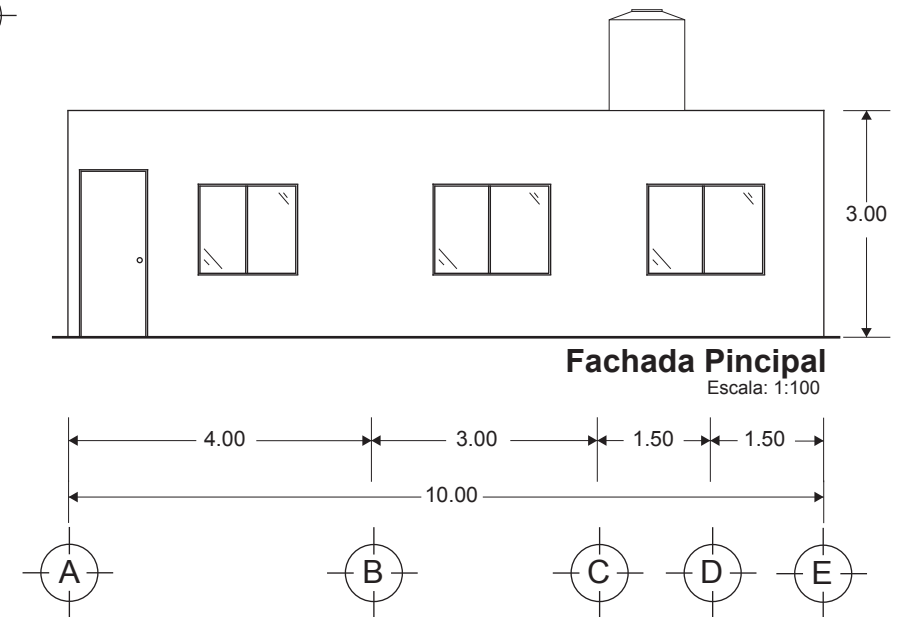
**F-1**



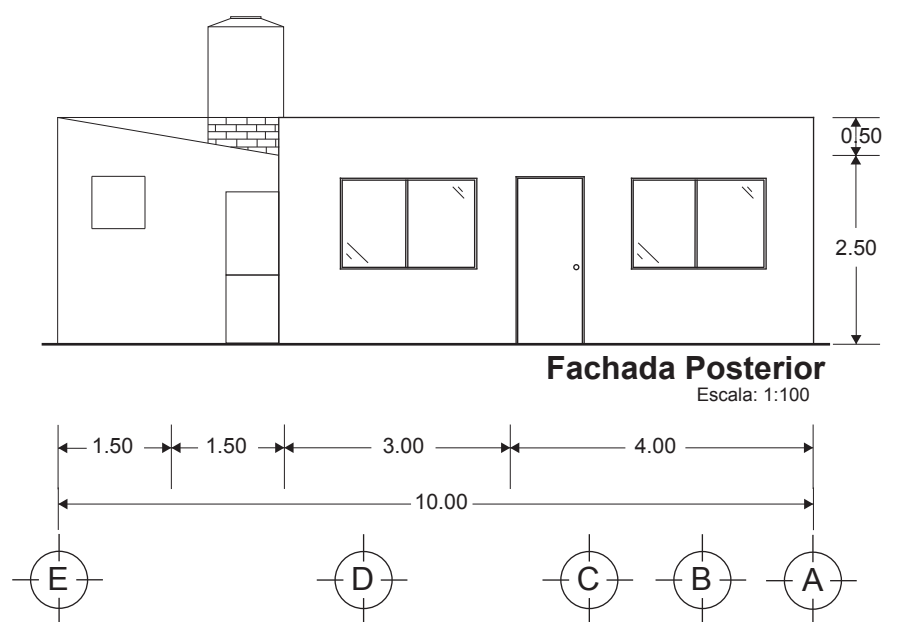
**Planta Arquitectónica**  
Escala: 1:100



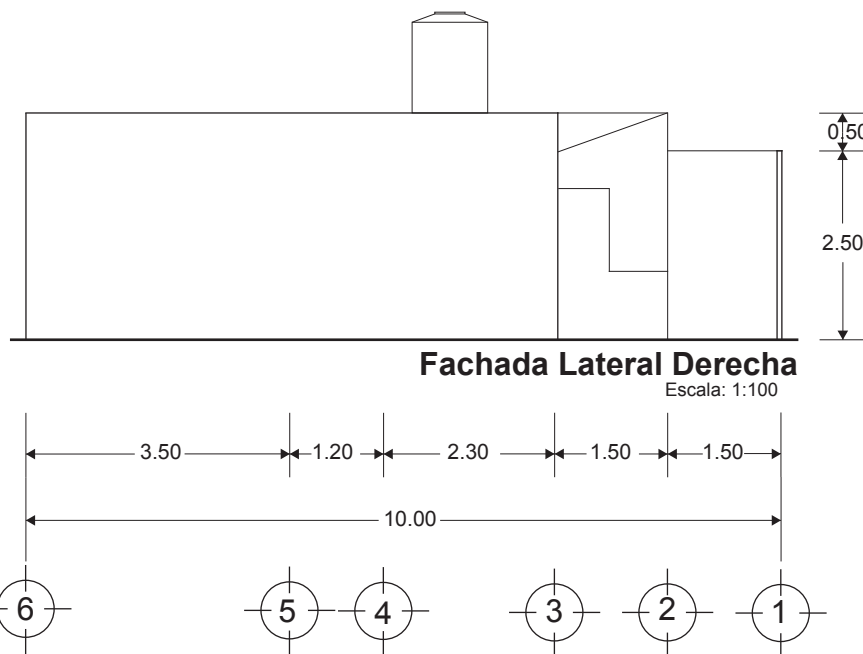
**Planta de Azotea**  
Escala: 1:100



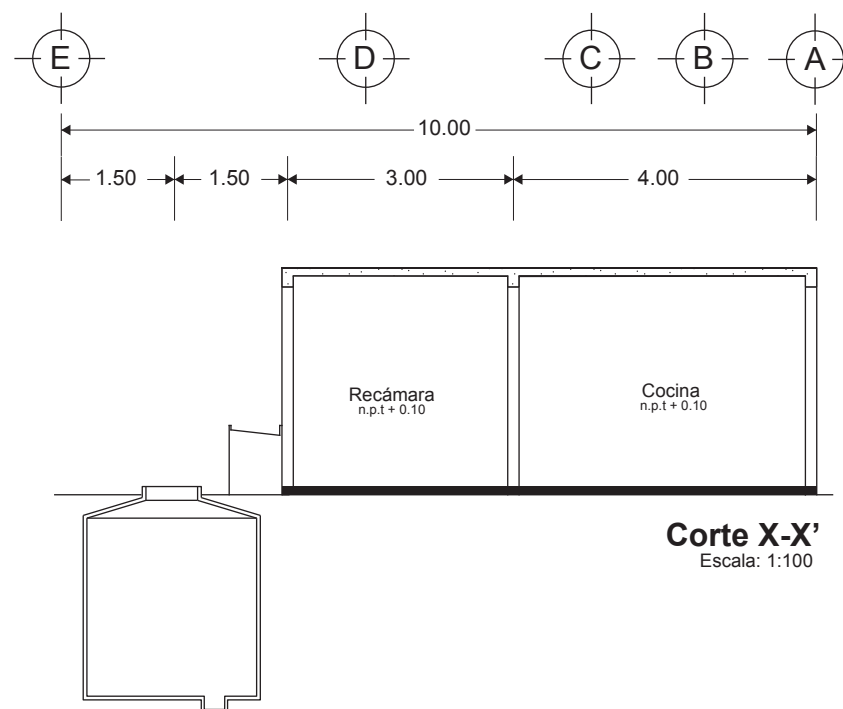
**Fachada Principal**  
Escala: 1:100



**Fachada Posterior**  
Escala: 1:100



**Fachada Lateral Derecha**  
Escala: 1:100



**Corte X-X'**  
Escala: 1:100

**CASA TIPO**

Elaboró:  
Sarai Francisca Guzmán Ruíz

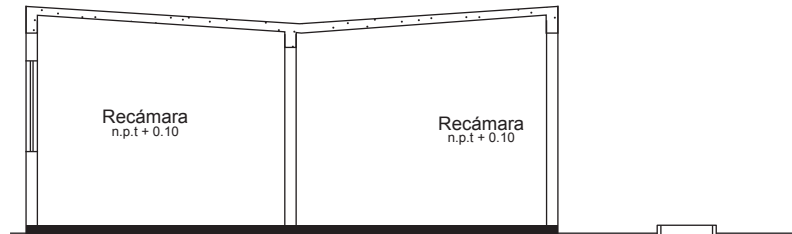
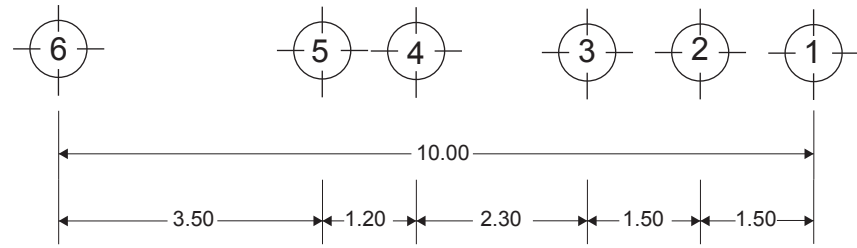
**Plantas Arquitectónicas**  
fachadas y corte X-X'

Escala: 1:100

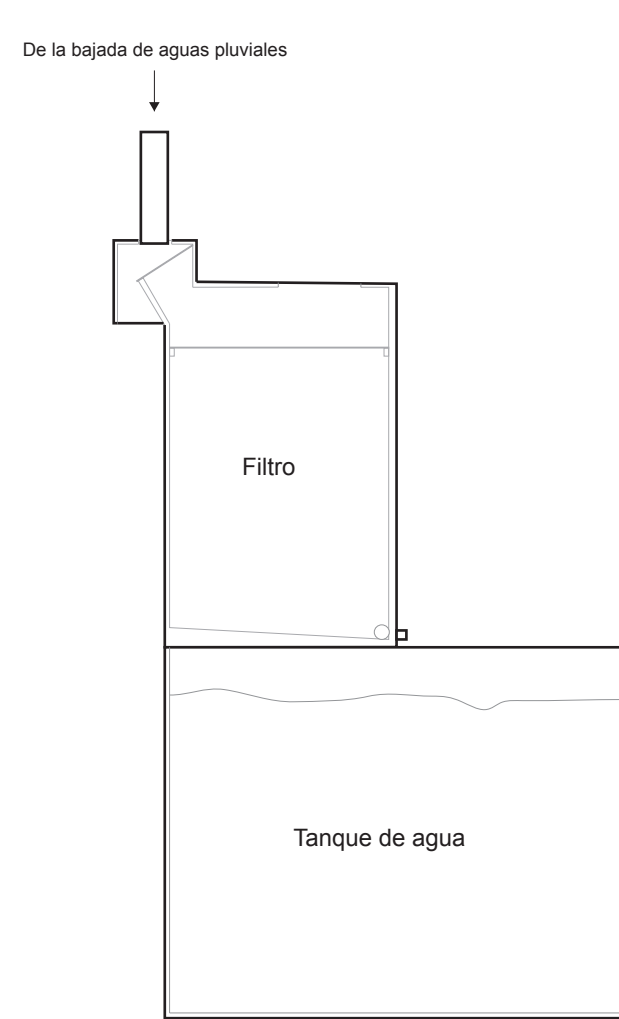
Acotación:  
Metros

Nº de Plano:

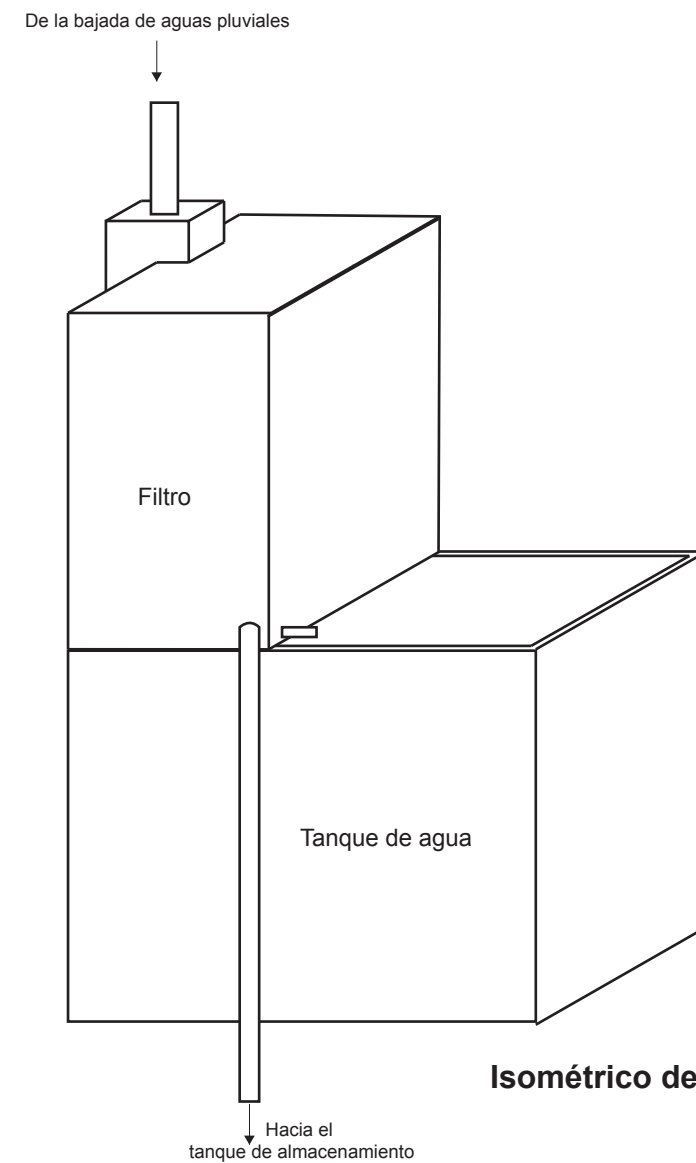
**F-2**



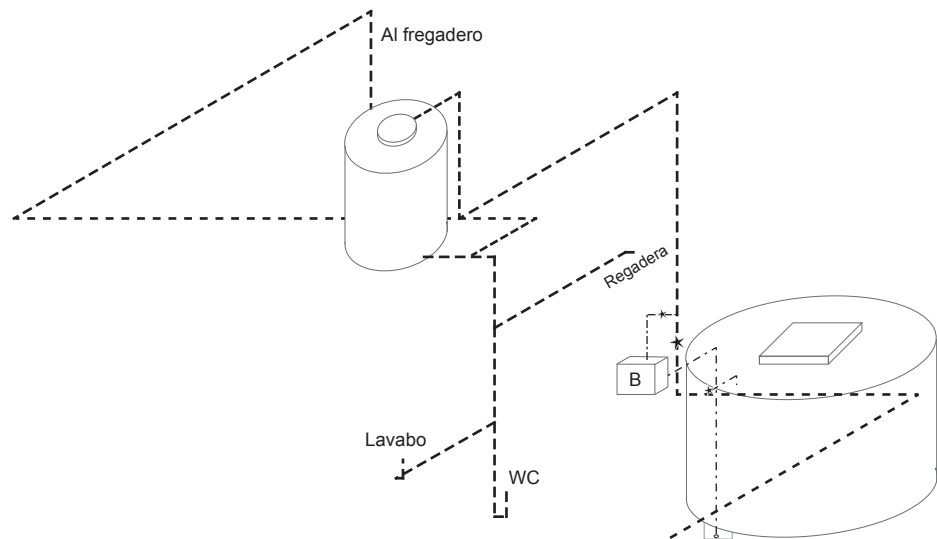
**Corte y-y'**  
Escala: 1:100



**Detalle de filtro**



**Isométrico de detalle**



**Isométrico Hidráulico**

De la red municipal

**Simbología**

- ★ Llave de paso
- Agua de la red municipal
- Agua pluvial
- B Bomba

**CASA TIPO**

Elaboró:  
Sarai Francisca Guzmán Ruíz

**Corte Y-Y', isométrico hidráulico y detalles**

Escala: La que se indica

Acotación:  
Metros

Nº de Plano:

**F-3**