

Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Ingeniería

Captación y Tratamiento de Aguas Pluviales en Macro-Edificaciones. Estudio de Caso: Central de Abasto de la Ciudad de México.

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO CIVIL

PRESENTA

GERMÁN GUERRA CARRANZA

DIRECTOR DE TESIS:

M.I. RODRIGO TAKASHI SEPÚLVEDA HIROSE

México D.F. Marzo 2014



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

DIVISIÓN DE INGENIERÍAS CIVIL Y GEOMÁTICA
COMITÉ DE TITULACIÓN
FING/DICyG/SEAC/UTIT/160/2013

Señor
GERMAN GUERRA CARRANZA
Presente

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor M.I. RODRIGO TAKASHI SEPÚLVEDA HIROSE que aprobó este Comité, para que lo desarrolle usted conforme a la opción I. "Titulación mediante tesis o tesina y examen profesional", para obtener su título en INGENIERIA CIVIL.

"CAPTACIÓN Y TRATAMIENTO DE AGUAS PLUVIALES EN MACRO-EDIFICACIONES. ESTUDIO DE CASO: CENTRAL DE ABASTO DE LA CIUDAD DE MÉXICO."

INTRODUCCIÓN

- I. EL AGUA PLUVIAL: UNA ALTERNATIVA DE SUSTENTABILIDAD HÍDRICA.**
- II. CAPTACIÓN Y TRATAMIENTO DE AGUAS PLUVIALES**
- III. ESTUDIO DE CASO: CENTRAL DE ABASTO DE LA CIUDAD DE MÉXICO**
- IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**
- BIBLIOGRAFÍA**

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el Título de ésta.

Asimismo le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional

Atentamente

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU"

Cd. Universitaria a 19 de Noviembre de 2013

EL PRESIDENTE DEL COMITÉ

M. EN I. JOSÉ LUIS TRIGOS SUÁREZ

JLTS/MTH

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	4
I EL AGUA PLUVIAL: UNA ALTERNATIVA DE SUSTENTABILIDAD HÍDRICA	7
I.1 CICLO HIDROLÓGICO	7
I.2 MÉTODOS PARA EL CÁLCULO DE GASTOS PLUVIALES	13
I.3 PROBLEMÁTICA DEL AGUA	17
II CAPTACIÓN Y TRATAMIENTO DE AGUAS PLUVIALES	23
II.1 DESARROLLO HISTÓRICO	23
II.2 SISTEMAS DE CAPTACIÓN	29
II.3 SISTEMAS DE TRATAMIENTO	32
II.4 ESTADO DEL ARTE	38
III CAPÍTULO 3 ESTUDIO DE CASO: CENTRAL DE ABASTO DE LA CIUDAD DE MÉXICO	41
III.1 ESTUDIO DE LOCALIZACIÓN	41
III.2 ANTECEDENTES DEL SITIO	45
III.3 ESTUDIO TÉCNICO Y TECNOLÓGICO	49
III.4 ESTUDIO DE MERCADO	58
III.5 ESTUDIO DE ORGANIZACIÓN Y OPERACIÓN	63
III.6 FACTORES DE RIESGO QUE AFECTAN EL PROYECTO	66
III.7 ANÁLISIS FINANCIERO	67
IV CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	76
IV.1 CONCLUSIONES	76
IV.2 RECOMENDACIONES	76
BIBLIOGRAFÍA	78
ANEXOS	81
A. CÁLCULOS DEL CAPÍTULO III	81
B. FLUJOS DE CAJA	103

Introducción

El abastecimiento del agua siempre ha sido una de las mayores preocupaciones del hombre, y por lo tanto desde la antigüedad la mayoría de los asentamientos urbanos se encuentran en zonas donde se dispone cómodamente de este recurso. Sin embargo con el crecimiento desmesurado de las ciudades, actualmente las fuentes que eran suficientes en el pasado han sido superadas por la demanda y la obtención del agua para satisfacer a las poblaciones actuales cada vez es más difícil. En la actualidad la ubicación de los asentamientos urbanos se elige según criterios económicos o de otra índole que no necesariamente es la cercanía a las fuentes de agua.

De una u otra forma el agua cada día se convierte en un recurso más escaso, menos accesible, más costoso y aún sigue siendo determinante para las poblaciones, funcionando como medio para lograr la subsistencia, estabilidad y desarrollo de estas; aprovechar cada una de las fuentes disponibles se vuelve una necesidad prioritaria y cada comunidad utiliza la alternativa que le resulta más viable, algunas optan transportarla grandes distancias, otras prefieren extraerla del subsuelo, tratar el agua residual, captar la humedad existente, desalinizar el agua de mar, captar agua de lluvia, entre otras.

Hoy en día no solo se requiere romper con las formas convencionales de obtener agua e innovar para satisfacer la demanda, pues muchas veces se eligen procesos novedosos pero muy costosos y en algunos casos inviables, en ese punto se debe recurrir a las alternativas más óptimas para cada sitio. Realizando un análisis de viabilidad tecnológica y económica, se logra encontrar el sistema más adecuado para cada sitio.

En lugares donde la precipitación pluvial es considerable, aprovechar la mayor cantidad posible de agua proveniente de esta fuente es lo más coherente; ya que su costo por extracción o transporte a la zona de captación es nulo. Debido a que de ello se encarga el sistema climático, en este caso sólo debe almacenarse, y llegar a tratarse según el uso que tendrá.

Actualmente la mayor cantidad de agua potable no se usa para consumo humano domiciliario, sino que es usada para actividades como la agricultura o la industria. De esta manera a nivel mundial el 70% del agua dulce es usada para agricultura, 20% para la industria y el 10% restante para consumo humano. El agua pluvial es una buena opción ya que por un lado podría satisfacer la demanda de sectores industriales y agrícolas sin un tratamiento avanzado, o tratarse para consumo humano directo, en ninguno de los casos generaría costos por transporte o extracción, si es captada en los sitios de consumo. Los lugares de consumo generalmente son zonas de alta densidad de desarrollos humanos, ya sean industriales o urbanos ambos cuentan con una gran cantidad de superficies poco permeables que son susceptibles de usarse para captar agua pluvial.

Para utilizar economía de escala y centralizar los sistemas necesarios para almacenamiento y tratamiento del agua pluvial, es recomendable utilizar zonas de captación de gran escala o macro-edificaciones; que serán determinadas por la magnitud del desarrollo, ya que en una ciudad pueden ser grandes mercados, estadios o naves industriales y en comunidades más reducidas, solo serán edificios como los de ayuntamiento o mercados y naves industriales de menor tamaño. De la misma manera la demanda de agua variará, por lo tanto los sistemas de captación pluvial deben ser coherentes tanto con la demanda de la población como con la magnitud de las edificaciones.

Objetivo General

Presentar el análisis de un caso real, mediante el cual se tendrá una guía práctica que podrá utilizarse para resolver problemas de escasez o eficiencia de fuentes de agua potable, para comunidades en las existan zonas con techumbres de gran tamaño que sean susceptibles a funcionar como superficies de captación para agua pluvial; y de esta manera aprovechar los recursos pluviales del sitio para otorgar un abasto de agua potable efectivo.

Objetivo Particular

Analizar la opción de implementar un sistema de aprovechamiento de agua pluvial en la Central de Abasto de la Ciudad de México y determinar la viabilidad del proyecto desde un punto de vista económico.

Alcance

Se analizará el caso de la central de abasto de la Ciudad de México y los datos económicos proporcionados serán aproximados, solamente aplicables para el presente trabajo, en caso de poner en marcha el proyecto se deberán refinar los datos. No se generará ningún análisis para determinar la calidad del agua de lluvia y la propuesta de tratamiento será solamente según datos recopilados bibliográficamente. Los datos hidrológicos serán los proporcionados por la institución encargada y se tomarán como certeros. Los permisos y licencias necesarias para llevar a cabo el proyecto no se considerarán como limitantes para la implementación.

Resumen de los capítulos

Capítulo 1

Se describe la importancia del agua en el equilibrio terrestre, la manera en que interactúa con los componentes del planeta y la influencia que tiene el ciclo del agua en el estado actual de nuestro entorno, se puntualizan los métodos más comúnmente utilizados para relacionar la precipitación con los escurrimientos y se desarrollan algunos de los problemas actuales en relación al líquido vital.

Capítulo 2

En esta sección se expone el desarrollo a lo largo de la historia del hombre de la tecnología del agua y se relata el progresivo proceso de los conceptos actuales en esta materia, se detallan los fundamentos de un sistema de aprovechamiento pluvial y se muestra el actual estado del arte de esta práctica.

Capítulo 3

Desarrolla la evaluación del proyecto de Captación de Agua Pluvial en la Central de Abasto de la Ciudad de México, detallando los procesos necesarios para la puesta en marcha como, la elección de la localización, las tecnologías necesarias, la infraestructura indispensable, los estudios realizados, la operación propuesta y los análisis financieros; así como expresar diferentes escenarios de su posible implementación.

Capítulo 4

Se presenta un punto de vista particular acerca de los resultados obtenidos del análisis del caso, señalando algunas oportunidades de mejora, comentando con fundamentación en el proyecto desarrollado los pros y los contras de la implementación para facilitar una decisión futura sobre un proyecto parecido.

I El Agua Pluvial: Una Alternativa de Sustentabilidad Hídrica

I.1 Ciclo Hidrológico

El movimiento del agua entre los diferentes subsistemas del clima, constituye el ciclo hidrológico. Por practicidad se considera que globalmente es una circulación cerrada del agua entre sus 3 fases, así mientras el volumen global de agua permanece constante por miles de años, el porcentaje de agua que se encuentra en cada uno de los tres estados, sólido, líquido o gaseoso; permanece en constante cambio y movimiento a través del sistema climático. En la Tabla I-1 se presentan los volúmenes aproximados y porcentajes del total de agua que existe en la tierra.

<i>Categoría</i>	<i>Volumen km³</i>	<i>Porcentaje del total</i>
<i>Océanos</i>	<i>1 350 000 000</i>	<i>97.40</i>
<i>Glaciares, Hielos perpetuos</i>	<i>27 500 000</i>	<i>1.985</i>
<i>Aguas subterráneas</i>	<i>8 200 000</i>	<i>0.592</i>
<i>Humedad del suelo</i>	<i>70 000</i>	<i>0.006</i>
<i>Lagos</i>	<i>205 000</i>	<i>0.015</i>
<i>Ríos</i>	<i>1 700</i>	<i>0.001</i>
<i>Atmósfera</i>	<i>1 300</i>	<i>0.001</i>
<i>Total de agua</i>	<i>1 385 978 000</i>	<i>100.0</i>
<i>Total de agua dulce</i>	<i>35 978 000</i>	<i>2.60</i>

Tabla I-1. Volumen global de agua en la Tierra según su categoría. Adaptado de (Shelton 2009)

El ciclo hidrológico, para mantenerse en constante funcionamiento requiere de una gran cantidad de elementos, los cuales se encuentran dentro del planeta; sin embargo la mayoría de sus funciones dependen de la energía brindada por el sol. Cada uno de los elementos que se relacionan entre sí mediante flujos de energía y humedad, para llevar a cabo el ciclo hidrológico, se encuentran englobados en alguno de los subsistemas del sistema climático global, conceptualizado por las ciencias de la tierra generalmente como (Figura I-1): Atmósfera, hidrósfera, criósfera, litósfera y biósfera. Estos elementos no siempre están en equilibrio, entre ellos ni internamente.

La atmósfera es una mezcla de diferentes gases, el 99% de su volumen está formado por nitrógeno y oxígeno; pero son las pequeñas concentraciones de gases radiativamente activos, menos del 1% restante como vapor de agua, dióxido de carbono, ozono, metano y óxido nitroso; los que juegan un papel importante para determinar la cantidad de energía transmitida o almacenada por la atmósfera. Las grandes concentraciones de gases no radiativamente activos contribuyen a la presión y al movimiento atmosférico, el cual es causado por la convección bajo la influencia de la

rotación terrestre. Si se ignora la irregularidad del flujo podemos idealizar una tendencia del movimiento atmosférico conocido como circulación atmosférica global. El tiempo de respuesta de la atmósfera es de días o semanas, mucho menor al de cualquier otro subsistema climático, debido a su gran compresibilidad, bajo calor específico y baja densidad que hacen a la atmósfera fluida e inestable.

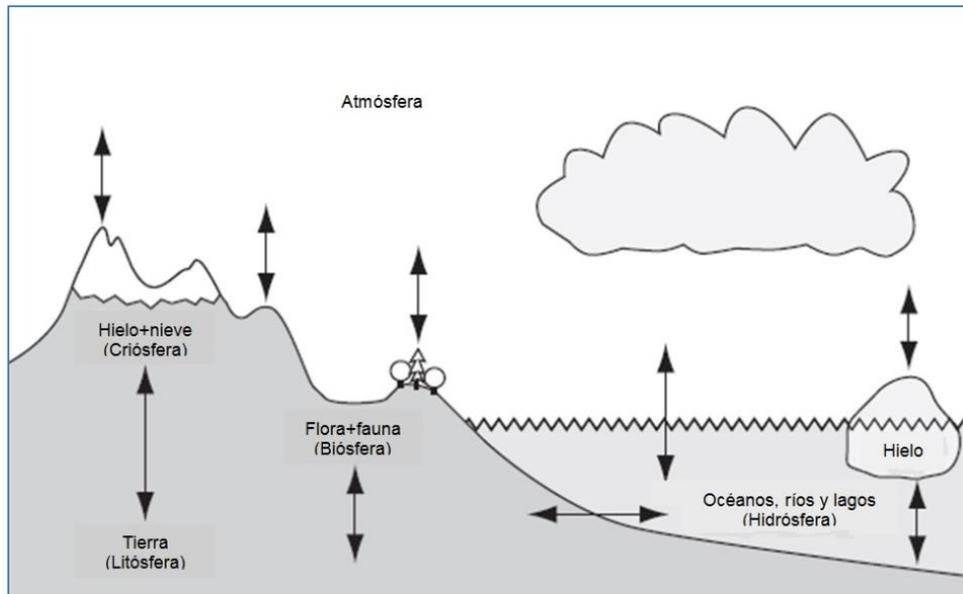


Figura I-1. Sistema climático (Shelton 2009).

Los océanos, ríos, lagos y aguas subterráneas forman la hidrósfera. La mitad de la radiación solar que entra a la tierra es absorbida por los océanos que tienen una masa 280 veces mayor que la atmósfera y una capacidad térmica casi 1200 veces mayor, dándoles gran influencia sobre el control del clima global. Mantienen la temperatura de la superficie dentro de ciertos límites en más del 70% de la superficie del planeta y proveen el 85% del vapor de agua que entra a la atmósfera. Tienen una circulación mucho más lenta que la atmósfera y gran inercia mecánica, debido a su mayor densidad, por lo que la distribución global de calor y agua dulce, es muy efectiva. Su calor específico característico hace que tenga menores cambios de temperatura que la litósfera y mayor inercia térmica. El tiempo de respuesta de los océanos varía de semanas a meses en los primeros 100 metros de profundidad y de siglos a milenios en las profundidades. La naturaleza dinámica de la superficie de los océanos permite amplias retroalimentaciones de energía y componentes gaseosos o químicos, con la atmósfera.

La criósfera incluye capas de hielo, icebergs y glaciares, que representan la mayor reserva de agua dulce del mundo (Tabla I-1). Su excelente reflexión de radiación solar y

su baja conductividad térmica producen grandes variaciones en los balances de energía anuales, además de que la superficie fría de los polos genera una zona de alta presión en esas regiones lo que genera estabilidad en la circulación atmosférica global. Las zonas de gran volumen suelen tener tiempos de respuesta de cientos a miles de años.

La litósfera es la capa rígida superficial de la tierra, que incluye la corteza terrestre y la parte externa del manto superior. La corteza terrestre forma la superficie terrestre y la topografía, que sirve como medio para encausar o almacenar el agua. Es un componente del sistema climático que se mantiene casi permanente a excepción de la capa superficial que tiene poca capacidad térmica y tiene una pequeña contribución en el almacenaje de calor. Sin embargo hay una fuerte interacción entre la atmósfera y la litósfera por la transferencia de masa, el momento angular y el calor sensible; el calor cinético y la humedad del suelo, tienen una fuerte influencia sobre el albedo, la evaporación, la conductividad térmica del suelo y las variaciones en el balance de energía en la superficie.

La flora marina, terrestre y la fauna forman la biósfera. La presencia o ausencia de vegetación terrestre y los cambios estructurales de la vegetación; pueden influenciar el albedo superficial, la evaporación, la humedad del suelo, la escorrentía y el balance de dióxido de carbono en la atmósfera, los océanos y la superficie terrestre. La interacción del hombre con el sistema de clima es un factor que agregar, por las actividades como la industria y la agricultura. La biota marina tiene una especial importancia en la bomba biológica del océano, la tasa de dióxido de carbono circulante y los cambios en la producción de sulfuro de dimetilo, que contribuye a la producción de sulfato en la atmósfera.

Aún con lo desarrollado anteriormente, la comprensión del ciclo hidrológico global (Figura I-2) es pobre debido a que muchas veces no se enfatiza el rol de la atmósfera en el transporte de humedad y energía a través del planeta. Por esto se suele dividir el ciclo hidrológico en dos ramas:

- Atmosférica, provee un mecanismo para la redistribución de energía y humedad,
- Terrestre, abarca los procesos continentales y superficiales.

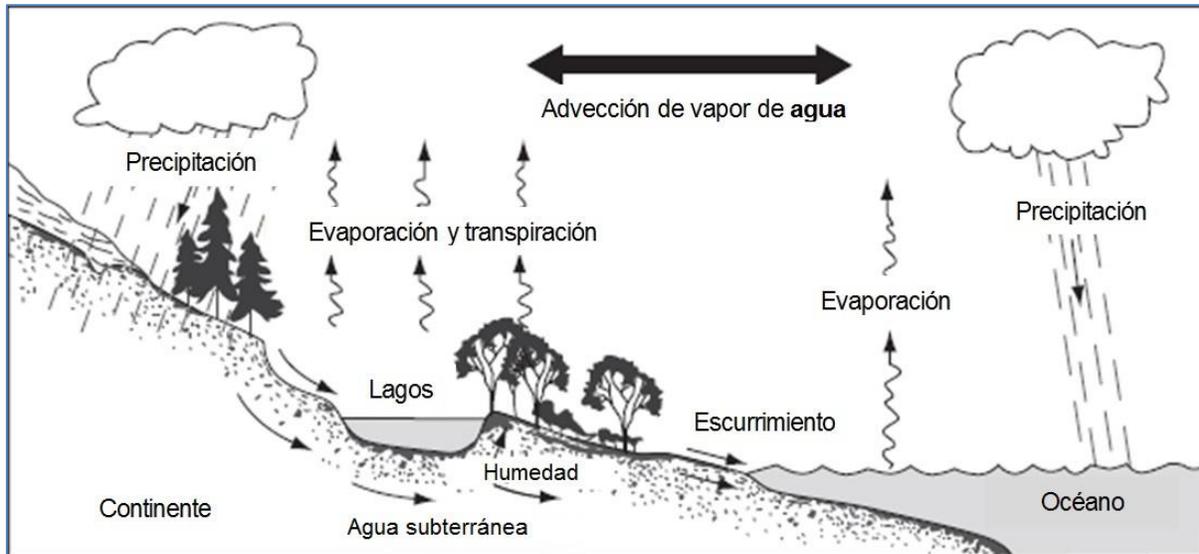


Figura I-2 Ciclo Hidrológico enfatizando funciones de las dos ramas, adaptación (Shelton 2009)

El agua es un ingrediente activo en el sistema climático global, y grandes cantidades de ella se encuentran en constante movimiento entre los subsistemas. Sus propiedades físicas hacen que juegue un rol enorme, su alta capacidad térmica provee un mecanismo para moderar las temperaturas durante el invierno en las latitudes medias, la variación en la presión de saturación del vapor con la temperatura hace que en bajas latitudes, la temperatura de la superficie del agua esté limitada por la evaporación, a valores alrededor de 29°C, limitando las temperaturas marinas tropicales al mismo valor.

La sustanciosa cantidad de energía requerida para el cambio de fases, gobierna el paso de energía solar a través de la atmósfera. También las características radiativas del vapor de agua ante los rayos infrarrojos, permiten que actúe como el principal agente generador de pérdidas de energía en la atmósfera a través de radiación infrarroja hacia el espacio.

A través de su rol en los procesos dinámicos y de intercambio de energía, el agua es el mayor contribuyente para gobernar la temperatura de la atmósfera libre. Se encuentra en constante movimiento entre los subsistemas, así este provee reubicación de humedad junto con transferencia de energía vertical y horizontalmente.

La cantidad de agua para usos prácticos es finita, cambia de fases y se mueve de un almacenamiento o subsistema a otro, el tiempo de residencia en cada almacenamiento es bastante diferente, el promedio de residencia en la atmósfera es de 3 días y alrededor de decenas a cientos de miles de años en la criósfera. Una molécula de agua en promedio debe esperar mucho tiempo en el océano, en una capa de hielo o en un acuífero profundo entre cada breve excursión por la atmósfera.

La importancia del clima de primer clase (rama atmosférica) es evidente en la estructura del sistema del clima, ya que el conjunto de gases atmosférico, es el más variable y de mayor rapidez de respuesta de los componentes del sistema climático. El clima de segunda clase (rama terrestre) incluye las influencias combinadas de las otras cuatro esferas. El sol es determinante en el clima como se puede constatar en la Figura I-3 y por lo tanto también es una fuerza directriz en el ciclo del agua.

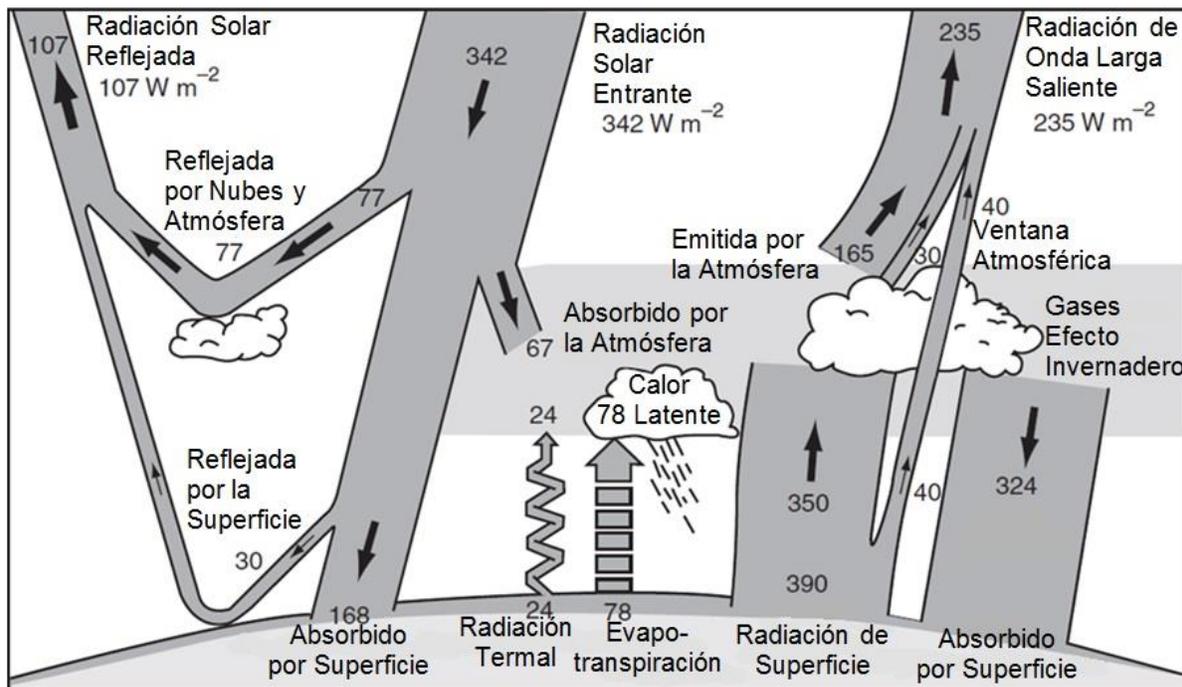


Figura I-3. Balance Global de Radiación. Adaptado de (Shelton 2009).

Las nubes de agua y de hielo, proporcionan alrededor la mitad de la reflexión de radiación solar de la tierra. Esta insolación reflejada no participa en ningún proceso de intercambio de energía terrestre. El vapor de agua es el más importante gas de efecto invernadero natural, y es causante de dos tercios del mismo. Por ello es un importante participante en la absorción y emisión de la radiación térmica de la atmósfera.

Al evaporarse el agua de la litosfera se genera la mayor parte del enfriamiento de la superficie terrestre. Esta energía de la superficie es transportada a la atmósfera como calor latente, la condensación del vapor de agua de la superficie libera esa energía para contribuir al calentamiento de la atmósfera, lo que provoca la circulación atmosférica.

Es evidente que la reserva atmosférica tanto de agua como de energía debe ser rellenada constantemente, esta idea es confirmada por evidencias teóricas y observacionales de que la cantidad de agua que se mueve a través de la atmósfera anualmente es de aproximadamente 950 mm, entrando como evapotranspiración y regresando de la atmósfera como precipitación.

La rama atmosférica del ciclo hidrológico tiene como función principal el transporte de humedad como se puede observar en la Figura 1-2, ya que la rama terrestre es claramente incapaz de realizar el transporte de vapor de agua requerido para sostener la precipitación terrestre. La importancia del transporte atmosférico del agua se evidencia con la mala distribución en espacio y el tiempo de la evapotranspiración, que lleva la humedad a la atmósfera en lugares puntuales. Así mediante el movimiento de las masas de aire, causado por cambios de presión debido a gradientes de temperatura existentes en la atmósfera generados por la energía obtenida del sol, la humedad y energía se transportan a través del mundo. De este modo esta capa de gases se convierte en el componente central del sistema climático y del ciclo hidrológico.

La rama terrestre del ciclo hidrológico consiste en flujos de entrada, salida y almacenamiento de humedad en sus diferentes formas, en los continentes y océanos. Generalmente entrando como precipitación sobre la superficie terrestre, el agua produce escurrimientos superficiales o subterráneos, e influencia directamente a los ciclos de otros materiales que forman la tierra.

Las dos ramas se unen en la interface entre la atmósfera y la superficie terrestre. La salida de agua de la superficie a través de evaporación y transpiración es la entrada a la rama atmosférica. La precipitación es la salida de la atmósfera y la ganancia para la rama terrestre del ciclo hidrológico. Por lo tanto el ciclo hidrológico debe verse como un todo y no en partes para comprender su comportamiento y su complejo proceso de retroalimentación no lineal.

La rama atmosférica está basada en la dinámica de la circulación general de la atmósfera y el transporte de agua en sus tres estados, siendo esta función la razón por la que el ciclo hidrológico se sostiene. Por la interacción entre las fases del ciclo, precipitación, evaporación, evapotranspiración, infiltración, humedad del suelo, escorrentía superficial y subterránea, sublimación, entre otras relaciones sobre la superficie o cerca de ella, así como el flujo de vapor, todos estos elementos son componentes de la hidroclimatología.

I.2 Métodos para el Cálculo de Gastos Pluviales

Es sumamente común que los gastos generados en una cuenca por efectos de la precipitación sean desconocidos, ya sea por la complejidad para transitarlos o por su naturaleza esporádica. Los métodos utilizados para estudiar dichos eventos son generalmente conocidos como relaciones lluvia-escorrentía, así basándose en que las lluvias suelen repetir ciertos patrones, al relacionar estos factores pueden llegar a obtenerse resultados suficientemente certeros para utilizarse en el diseño de obras hidráulicas. La información primordial para este fin son los datos de precipitación obtenidos mediante medición directa y las características de la cuenca en estudio proporcionadas por estudios topográficos o planos de uso de suelo.

Los parámetros que intervienen en la conversión de lluvia a escurrimiento son generalmente:

- Área de la cuenca
- Altura de precipitación
- Características cualitativas de la cuenca
- Distribución de la lluvia en el tiempo
- Distribución de la lluvia en el espacio, según la cuenca.

De esta manera se han creado un gran número de métodos y adaptaciones según las necesidades de cada estudio, a continuación se describirán los más representativos en sus formas genéricas.

I.2.1 Método Racional

Originado en el siglo XIX, es el modelo más antiguo de la relación lluvia-escorrentía y es el más utilizado en el diseño de drenajes urbanos, debido a su sencillez y al gran número de consideraciones extra que se pueden hacer con él, es muy certero para el cálculo de gastos máximos. La fórmula es la siguiente:

$$Q = f CIA$$

$Q =$ Gasto máximo [L^3 / T]

$f =$ Factor de conversión de unidades

$C =$ Coeficiente de escurrimiento

$I =$ Intensidad de precipitación [L / T]

$A =$ Área de la cuenca [L^2]

Gasto máximo, es el gasto asociado a la intensidad de precipitación después de que se ha establecido el gasto de equilibrio al pasar el tiempo de concentración.

Coefficiente de escurrimiento, es la relación entre el volumen precipitado y el escurrido, toma valores entre 0 y 1 según las características del suelo de la cuenca. Puede tomar diferentes valores para la misma cuenca.

Intensidad de precipitación, relación entre la altura de lluvia y el tiempo, debe asociarse a la duración de la lluvia que para este método es igual al tiempo de concentración de la cuenca. Suele considerarse un periodo de retorno para mayor seguridad en el diseño.

Área de la cuenca, superficie total que contribuye con el gasto.

*Los parámetros se expresan como magnitudes básicas del sistema internacional de unidades debido a su variación según la dimensión del factor utilizado.

I.2.2 Métodos de envolventes

Son métodos empíricos que toman en cuenta solo el área de la cuenca y aunque no analizan la relación lluvia-escurrimiento de manera directa, son muy utilizados para calcular los gastos probables máximos cuando se requiere de un número aproximado o cuando se carece de la mayor parte de la información necesaria para hacer el cálculo exacto. La base de los métodos que utilizan este tipo de estimaciones es:

$$Q = \alpha A^\beta$$

$Q = \text{Gasto máximo} [L^3 / T]$

$\alpha = \text{Parámetro empírico}$

$A = \text{Área de la cuenca} [L^2]$

$\beta = \text{Parámetro empírico}$

Gasto máximo, es el gasto máximo probable.

Área de la cuenca, superficie total que contribuye con el gasto.

Parámetros empíricos, α y β son la base de estos métodos ya que según los valores que toman el método será diferente, por ejemplo: Si α toma el valor de $C \cdot I$ y β toma el valor de 1, se obtiene la fórmula del Método Racional: $Q = C \cdot I \cdot A$, descrita anteriormente.

Algunas de las fórmulas empíricas más usadas, se muestran a continuación.

- Fórmula de Creager.

$$q = 1.303 C_c (0.386 A)^\alpha A^{-1}$$

$$\alpha = \frac{0.936}{A^{0.048}}$$

$q =$ Gasto máximo por unidad de área ($q = Q/A$)

$Q =$ Gasto máximo [L^3/ T]

$C_c =$ Coeficiente empírico de Creager

$\alpha =$ Parámetro empírico

$A =$ Área de la cuenca [L^2]

Coeficiente empírico de Creager, está determinado empíricamente para regiones hidrológicas, $C_c = 100$ se usa como la envolvente mundial.

- Lowry.

$$q = \frac{C_L}{(A + 259)^{0.85}}$$

$q =$ Gasto máximo por unidad de área ($q = Q/A$)

$Q =$ Gasto máximo [L^3/ T]

$C_L =$ Coeficiente empírico de Lowry

$\alpha =$ Parámetro empírico

$A =$ Área de la cuenca [L^2]

Coeficiente empírico de Lowry, está determinado empíricamente para regiones hidrológicas, $C_L = 3500$ se usa como la envolvente mundial.

I.2.3 Método del Hidrograma Unitario

Desarrollado originalmente en 1932, desde entonces ha tenido ciertas variantes, pero basadas en el mismo principio del hidrograma unitario, que se define como el escurrimiento directo producido por una lluvia en exceso de magnitud unitaria, con una duración d_e y repartida uniformemente a lo largo de la cuenca. Está basado en tres hipótesis:

- Tiempo base constante. La duración total de escurrimiento directo en la cuenca, es la misma para todas las tormentas con la misma duración de lluvia efectiva.
- Proporcionalidad. Las ordenadas de todos los hidrogramas de escurrimiento directo con el mismo tiempo base son directamente proporcionales al volumen total de escurrimiento directo.
- Superposición de causas y efectos. El hidrograma que resulta de un periodo de lluvia dado puede superponerse a hidrogramas resultantes de periodos de lluvia anteriores.

Procedimiento para obtener el hidrograma unitario.

Se debe conocer al menos el hidrograma de escurrimiento total, un hidrograma de la lluvia que lo produjo.

- Obtener el gasto base y separar el escurrimiento directo del escurrimiento base.
- Obtener el tiempo base, asociado al gasto base.
- Calcular el volumen de escurrimiento directo.
- Calcular la lluvia en exceso.
- Se divide el hidrograma del escurrimiento directo, entre la lluvia en exceso y se obtiene el hidrograma unitario (Figura I-4).

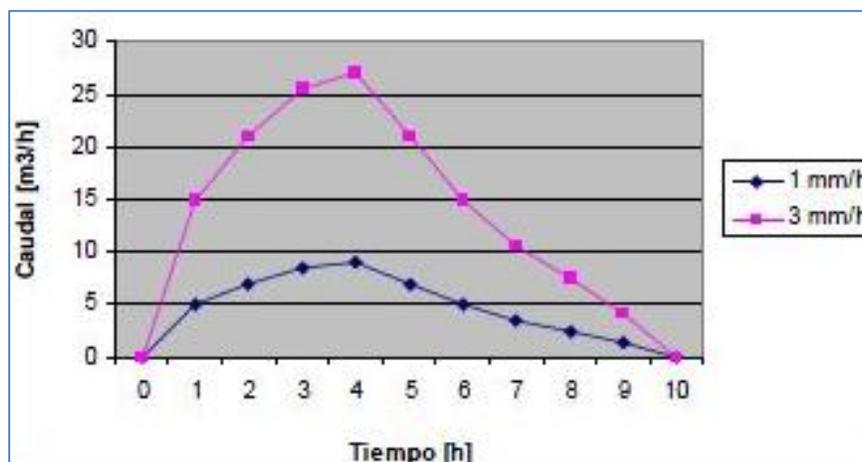


Figura I-4. Hidrograma unitario línea azul (UNAD s.f.)

I.3 Problemática del Agua

El agua dulce es solo el 2.64 % del volumen total del planeta (Tabla I-1) y el 76% de ella se encuentra en estado sólido, la mayor parte de esta se encuentra en las zonas polares siendo casi inaccesible para la población mundial, derriéndose y mezclándose con el agua de los océanos; por lo que se puede considerar que dispone solamente de lo correspondiente a lagos, ríos y aguas subterráneas; que es alrededor del .594 % del total. Considerando lo anterior realmente no contamos con una cantidad muy significativa de agua para consumir, en relación a la cantidad que hay en el planeta; a ese volumen todavía debemos restar los cuerpos de agua que están contaminados o no son aptos para su consumo.

A pesar de que lo mencionado anteriormente es evidente para gran parte de la población mundial, muy pocas comunidades realmente cuidan este recurso a conciencia, debido a que son solo aquellas en que el agua es realmente escasa las que hacen su mayor esfuerzo por reducir el consumo y reutilizarla; al contrario de las comunidades que nunca han tenido esa carencia y no buscan maneras de sacarle el mayor provecho al recurso, de tal manera que en estos casos la mayor parte del agua es utilizada para actividades que no están relacionadas con el sustento de la vida, sino con el sustento de un estilo de vida.

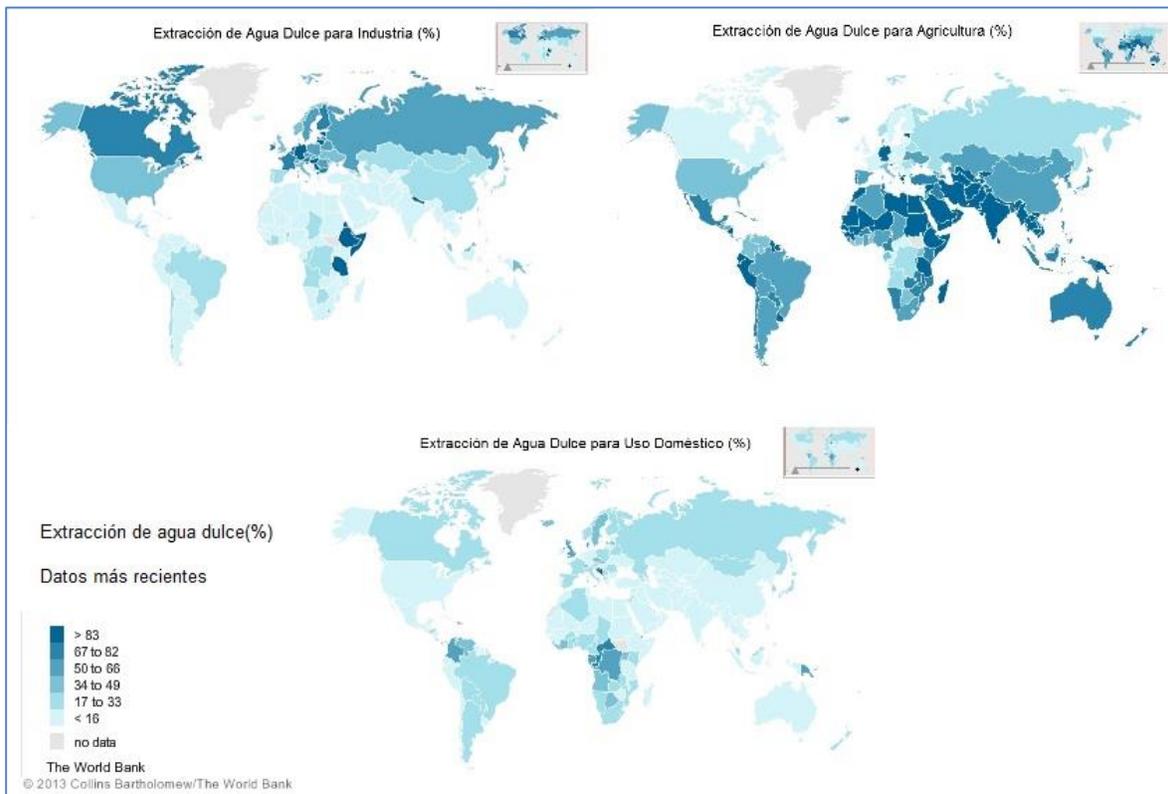


Figura I-5. Porcentajes de extracción de agua dulce según su uso. (World Bank 2012)

Así encontramos que la mayor cantidad de agua utilizada en el mundo no se utiliza para el consumo humano directo, sino para actividades productivas, en la Figura I-5 se muestran los tres usos más importantes que se le dan al agua dulce extraída ya sea de presas, ríos, pozos o plantas desalinizadoras.

A nivel mundial se usa un 70% de agua dulce para agricultura, 12% para uso doméstico y 18% para la industria. Aunque la agricultura y la industria son actividades relacionadas con la vida del hombre; la calidad del agua que requieren en la mayoría de los casos es menor que la necesaria para el consumo humano directo, siendo más económico y fácil tratar o reutilizar este recurso para esos fines, por lo que existe un campo de acción muy amplio en el área de sustentabilidad hídrica.

Del agua dulce disponible en el planeta, los humanos sólo consumimos directamente aproximadamente el 0.0713% del volumen mundial, cuestión que nos indica que el promedio mundial del uso del agua, está lejos de ser para el sustento directo de la vida humana. Por un lado esta situación parece un alivio, pero de cierta modo no lo es, ya que la agricultura y la industria son muy dependientes del agua con la que contamos y por las cifras descritas están muy lejos de volverse sustentables, así que si la demanda de agua sigue creciendo con la población y, los modos de extraer o usar el agua siguen iguales las actividades antes descritas sufrirán de escasez y los alimentos o bienes que producen no serán suficientes tampoco. Por lo tanto la agricultura y la industria deben ser uno de los objetivos para la concientización sobre uso sustentable del agua, utilizando solo las cantidades óptimas para el riego, mejorando los procesos y promoviendo la reutilización del agua residual proveniente de otras actividades.

I.3.1 Distribución en el espacio

El agua, como se describió en el Capítulo I.1 utiliza como medio de transporte natural la atmósfera por lo que no es posible controlar el transporte de agua según la conveniencia de la población, sin un costo extra y como ya se había mencionado cada vez más población se concentra en urbanizaciones que no siempre cuentan con agua suficiente para abastecerla, en la Figura I-6 se puede corroborar lo mencionado, ya que una gran parte de los países no cuentan con una cobertura de agua potable al 100% en sus urbanizaciones, sea por la dotación, el difícil acceso o por la falta o deficiencia de la infraestructura para distribución y obtención del recurso. Tomando como fuente de acceso razonable, una que tenga la facultad de dotar al menos 20 litros por persona al día y que esté a menos de un kilómetro de la vivienda. Por ejemplo, algunas ciudades usan pipas de agua para abastecer a parte de la población y esto no se considera una fuente razonable.

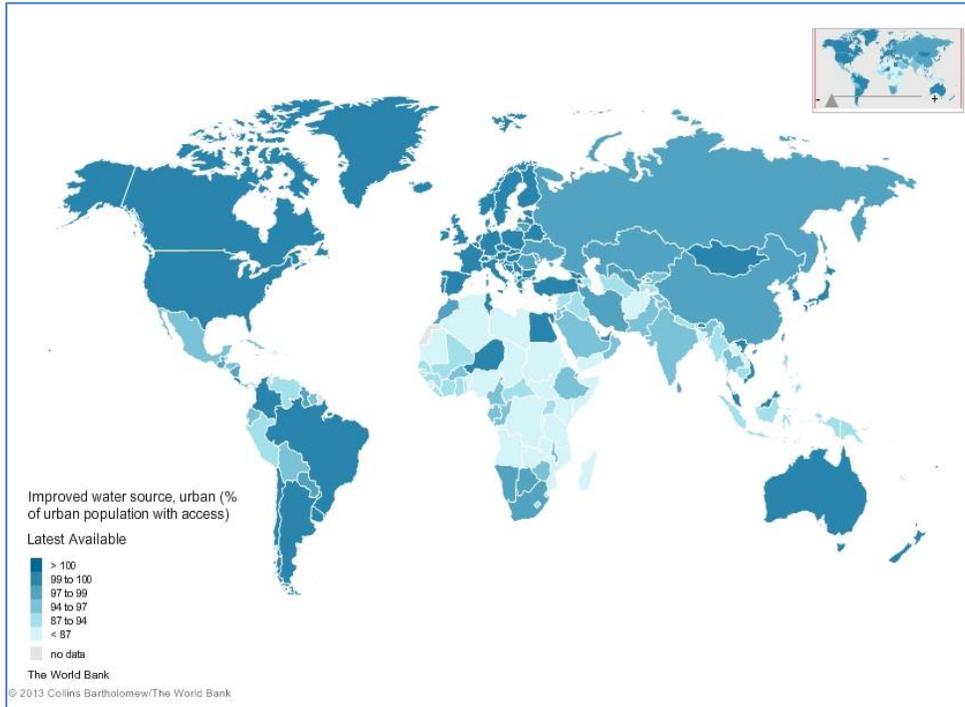


Figura I-6. Porcentaje de población urbana que cuenta con una fuente de agua razonable. (World Bank 2012)



Figura I-7. Total de fuentes de agua dulce 10^9 m^3 , datos más recientes disponibles (World Bank 2012)

En la Figura I-7 se puede ver la cantidad fuentes de agua renovables que existen en cada país y se puede notar que muchos países cuentan con una gran cantidad de recursos, pero al comparar la cantidad de agua disponible con la población que debe abastecer, el panorama cambia completamente y por ello la explosión demográfica es uno de los grandes retos a los que se enfrenta el abastecimiento de agua, día con día. En la Figura I-8 se puede constatar lo antes descrito, ya que se relaciona el volumen de agua disponible con la población, obteniendo el volumen per cápita. Esto no nos indica la proximidad de las fuentes a la población, así que muchas veces el transporte aún dentro de un mismo país que puede ser incosteable.

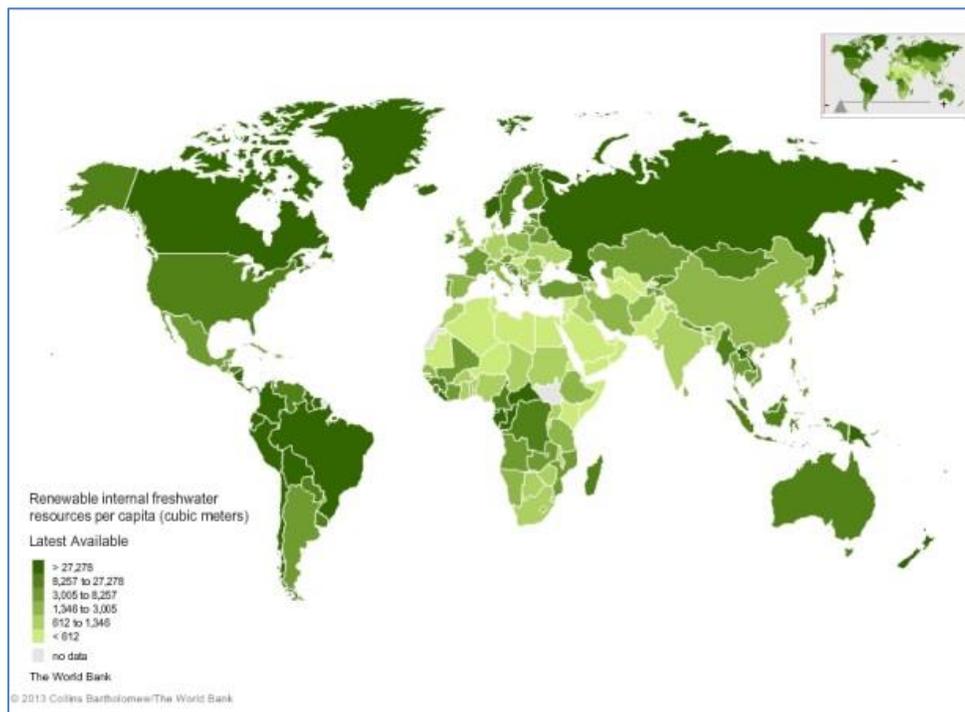


Figura I-8. Recursos de agua dulce per cápita m^3 (World Bank 2012)

Aún en los países en que existen recursos per cápita altos, los retos para la extracción y el transporte del agua desde las fuentes son grandes; pueden ser económicos, sociales o ambientales. Muchas veces el agua que se extrae para abastecer las ciudades o sitios de gran demanda es trasladada desde comunidades menos importantes o de menor capacidad económica, lo que afecta económicamente por los traslados y el precio pagado por el agua, también socialmente por inconformidades de la población afectada y ambientalmente ya que muchas veces se destruye la biota afectando el hábitat de ciertas especies animales y vegetales, o la misma topografía, si es extraída desde pozos ya que genera en ocasiones asentamientos, entre muchos otros efectos negativos. Un fenómeno natural que contribuye directamente con la distribución del agua alrededor del

mundo es la precipitación, esto se puede corroborar comparando la Figura I-7 con la Figura I-9, y se identifica que son coherentes para la mayor parte de los países del mundo; a excepción de aquellos en los que los ríos nacen en otro país. La precipitación es causada por un gran número de factores que cambian día con día, tanto naturales como circunstanciales debidos a alteraciones por la contaminación del hombre, por lo que actualmente se presentan cambios muy radicales, como variación en los promedios anuales de precipitación, llegadas de grandes avenidas; alcanzando casos extremos como inundaciones o sequías, que son cada vez más comunes.

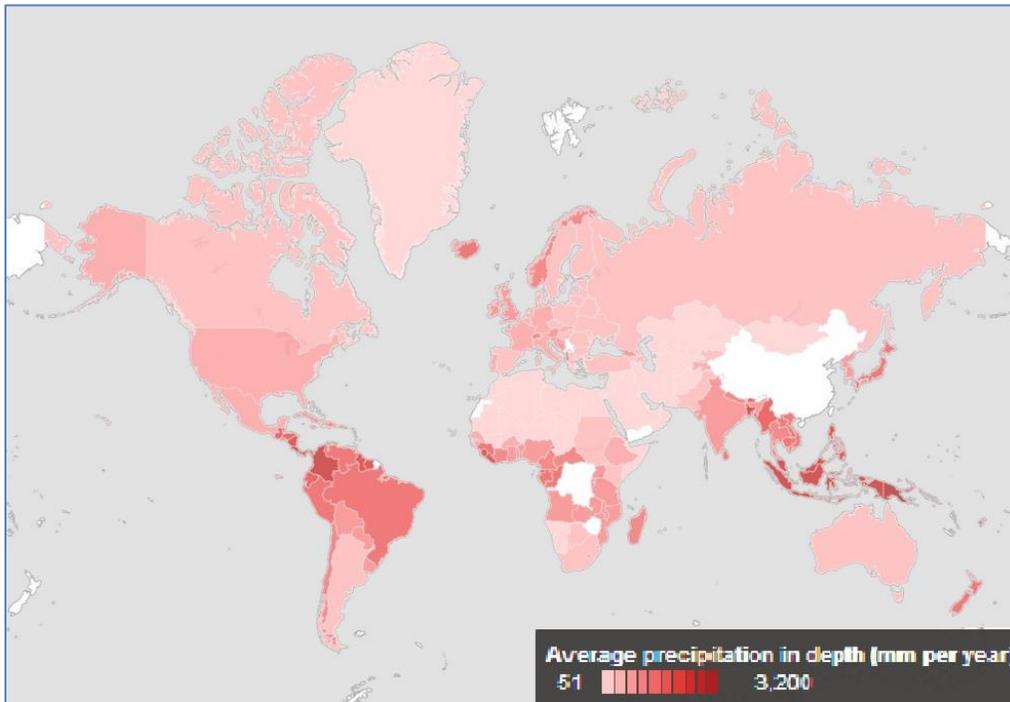


Figura I-9. Altura de precipitación promedio (World Bank 2012)

En la mayor parte del mundo hay precipitación significativa por lo que la captación de agua pluvial se puede tomar como una alternativa para algunos problemas en el abastecimiento de este recurso. El promedio mundial de precipitación media anual es de 1159 mm y una gran cantidad de países tienen la capacidad de captar al menos un porcentaje de lluvia lo que generará mejoras en los sistemas de abastecimiento de agua.

Los primeros avances con carácter científico que estudiaban el clima y el ciclo hidrológico comenzaron alrededor del 3000 AC, con los astrónomos y matemáticos mesopotámicos que estudiaban las nubes y los truenos, siendo los primeros que identificaron los vientos según la dirección en que soplaban. Los egipcios reconocieron que la posición del sol en el cielo es un factor fundamental para generar los diferentes climas. El primer reconocimiento del ciclo del agua global es atribuido al autor del libro de los Eclesiastés alrededor del 1000 AC y textos del 800 AC en la India podrían ser los primeros indicios de la comprensión de la rama atmosférica del ciclo hidrológico. No obstante los conocimientos científicos eran prácticamente nulos, la práctica y los conocimientos adquiridos empíricamente dieron lugar a los primeros sistemas de riego (Figura II-2) implementados en lugares donde los cultivos no eran estacionales.

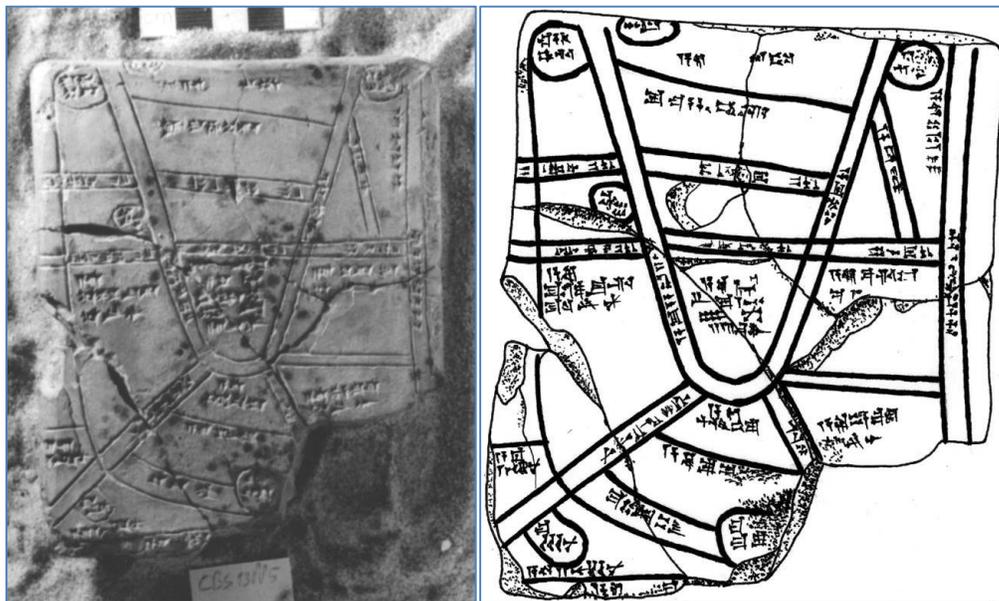


Figura II-2. Mapa que muestra los canales y tierras de irrigación cercanas a Nippur, Mesopotamia (1500 AC) CBS 13885 (Mays 2010)

Se construyeron grandes obras hidráulicas mucho antes de los grandes conceptos de hidráulica de Leonardo da Vinci (1452–1519), Daniel Bernoulli (1700–1782) y aún antes de Arquímedes (287–212 B.C.), basados en la aplicación de conocimientos empíricos. Los primeros registros de la tecnología del agua son de civilizaciones como Mesopotamia y Egipto; que ya contaban con complejos sistemas de irrigación, complementados en algunos casos con obras de almacenamiento como presas o cisternas. Generaron obras para abastecimiento o para control de inundaciones. Evidencia de esto es la presa de los paganos en el antiguo Egipto (Figura II-3), considerada como el primer intento de almacenar agua a gran escala, fue construida en el año 2650 AC, para controlar las inundaciones del valle del Nilo. Fue destruida mientras se encontraba en el proceso de

construcción, debido a que no contaba con un efectivo canal de desvío de aguas para el río. Los egipcios no construyeron otra presa hasta después de ocho siglos pero la innovación y los intentos por controlar el agua continuaron.



Figura II-3. Sadd el Kafara (2770 AC). Presa de los paganos en Egipto, vista de la presa mostrando el revestimiento del vaso (Mays 2010)

Muchos sistemas de encausamiento y captación de aguas pluviales han sido implementados en las diferentes civilizaciones a lo largo de la historia, comenzando tal vez en las civilizaciones del medio este y Asia, como en Baluchistán, donde se encontraron estructuras para almacenar agua pluvial, formadas de piedra y escombros que datan del 3000 AC. En el desierto de Néguev, en Israel, cisternas para captar escurrimientos de agua de las colinas, para usos agrícolas y domésticos permitieron la existencia de asentamientos humanos en zonas donde la precipitación era menor a 100 mm anuales desde antes del 2000 AC.

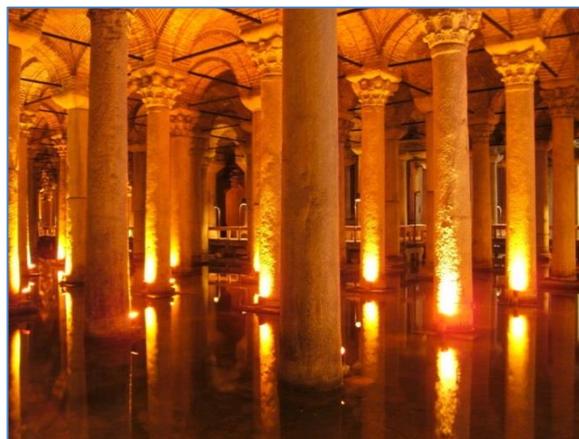


Figura II-4. Yerebatan Sarayı, Estambul (Albinas hotel s.f.)

En el norte de África y alrededor del Mediterráneo, han existido cisternas para almacenar agua de lluvia por cientos de años, la más antigua desde hace al menos 2000 años. Estas cisternas subterráneas almacenaban volúmenes de 200 a 2000 m³ y algunas

siguen en uso. La cisterna de agua pluvial más grande de la antigüedad es probablemente la de Yerebatan Sarayi (Figura I-4) en Estambul, Turquía, construida bajo el mando del Cesar Justiniano (527-565 DC), con una capacidad de 80000 m³, con una base de 140 por 70 m.

En partes de China, la cosecha de agua de lluvia, probablemente exista desde hace 6000 años, como en la provincia de Gansu donde se encuentran sistemas de captación de agua pluvial, proveniente de los escurrimientos superficiales usando cisternas con forma de botella labradas bajo el suelo de la meseta de loes, llamados Shuijiao (Figura II-5) que tienen a menudo capacidad mayor a 30 m³ y han provisto a cientos de miles de hogares de agua para uso doméstico por muchos años.

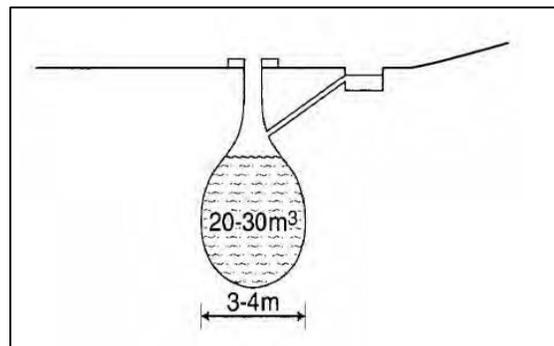


Figura II-5. Shuijiao, Cisterna excavada forrada con arcilla, meseta de Loes, China (John Gould 1999)

La recolección y el almacenamiento de agua pluvial fueron prácticas comunes en Mesoamérica desde tiempos muy antiguos, fuera en recipientes, en depósitos subterráneos, o a cielo abierto. El agua se captaba mediante canales y zanjas, aprovechando el agua rodada, o bien, conduciéndola desde los techos de las viviendas por medio de canjilones de madera, pencas o canalitos, a los depósitos.

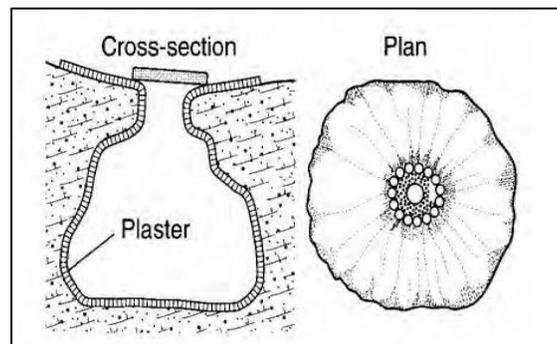


Figura II-6. Chultun maya (John Gould 1999)

Otros depósitos subterráneos muy comunes en Mesoamérica son los chultunes o cisternas mayas (Figura II-6,7), que se cuentan por miles en la península de Yucatán,

México; fueron vitales para los asentamientos prehispánicos y se preservan hasta la fecha. Estos depósitos subterráneos, forrados con cementante a base de cal, captan agua encausada a ellas por medio de un estanque.

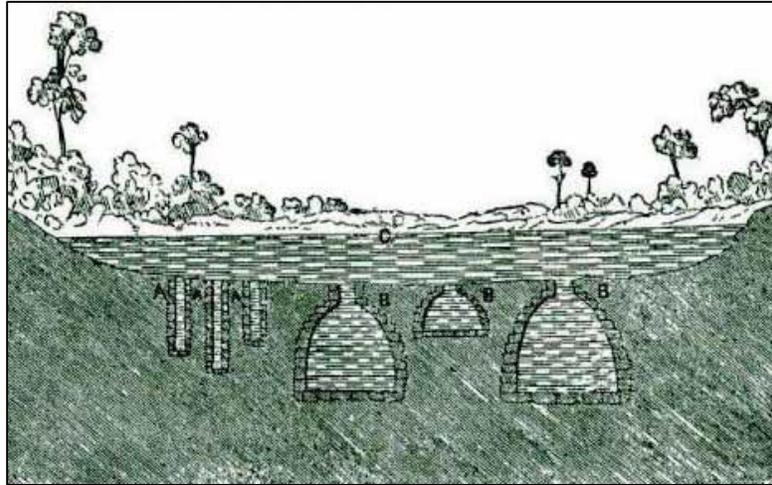


Figura II-7. Vestigios de tres antiguos chultunes y tres pozos ocultos en una aguada, Yucatán (CONAGUA 2009)

Los acueductos (Figura II-8) fueron sistemas de transporte de agua utilizados por comunidades que contaban con fuentes de agua constante, y que solo necesitaban conducir el agua desde ellas hacia la población. Las ciudades que no contaron con acueductos para satisfacer sus necesidades de agua y aun algunas que tuvieron la posibilidad de construirlos, recurrieron a la captación del agua de lluvia y al servicio de aguadores. Estos personajes, fueron igualmente importantes desde tiempos antiguos.



Figura II-8. Sifón invertido en Petara (Mays 2010)

Surgieron sistemas bombeo manual u operado por animales (Figura II-9) desde civilizaciones muy antiguas, que hacían más fácil el transporte del agua pero aun así no

fueron suficientes para todas las comunidades ya que no todas ellas tenían la posibilidad de construir pozos o no tenían una fuente de agua constante como un río lo suficientemente cerca para bombear el agua, por lo que los sistemas pluviales eran utilizados en gran medida.



Figura II-9 Bombeo manual (CONAGUA 2009)

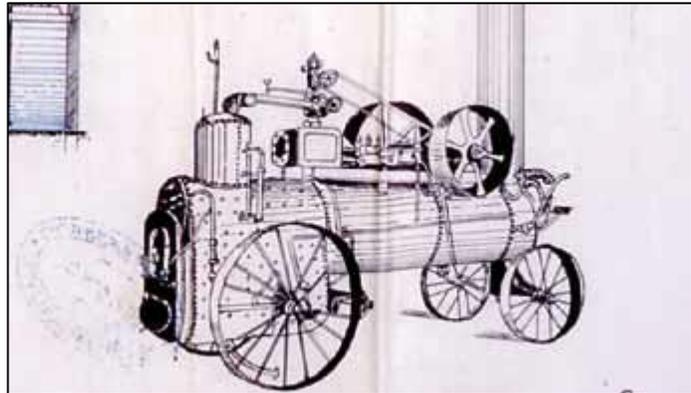


Figura II-10. Motor de vapor para bombas centrífugas 1898 (CONAGUA 2009)

Al llegar la revolución industrial, con ella llegaron las bombas (Figura II-10) para transportar el agua grandes distancias y rápidamente desaparecieron los sistemas de captación pluvial de las vidas cotidianas, ya que los nuevos sistemas eran más cómodos para el usuario. Desde entonces surgió un rechazo por los sistemas de captación pluvial debido a que se fijó el interés en la construcción de presas y de sistemas de extracción de agua subterránea por medio de pozos desarrollando esquemas de agua entubada para la mayor parte de las poblaciones, simplificados por el uso de bombas.

Pero los sistemas de captación de agua de lluvia siguieron consolidándose en comunidades donde el agua dulce es muy escasa como en islas volcánicas, de coral o en zonas desérticas. Testigos de lo anterior son las civilizaciones de Polinesia y algunas comunidades africanas. Durante las últimas tres décadas el interés en la captación de agua pluvial ha incrementado sostenidamente, por los incrementos en los costos para conseguir agua potable y cuestiones de sustentabilidad.

II.2 Sistemas de Captación

La cosecha de agua, es una tradición milenaria del hombre, se define como la tecnología usada para recolectar y guardar agua captada ya sea en techos o superficies de tierra, roca, entre muchas otras; usando técnicas simples para almacenar lo captado, como estanques o cisternas naturales y artificiales. Clasificados según la escala y forma de captación (Figura II-11).

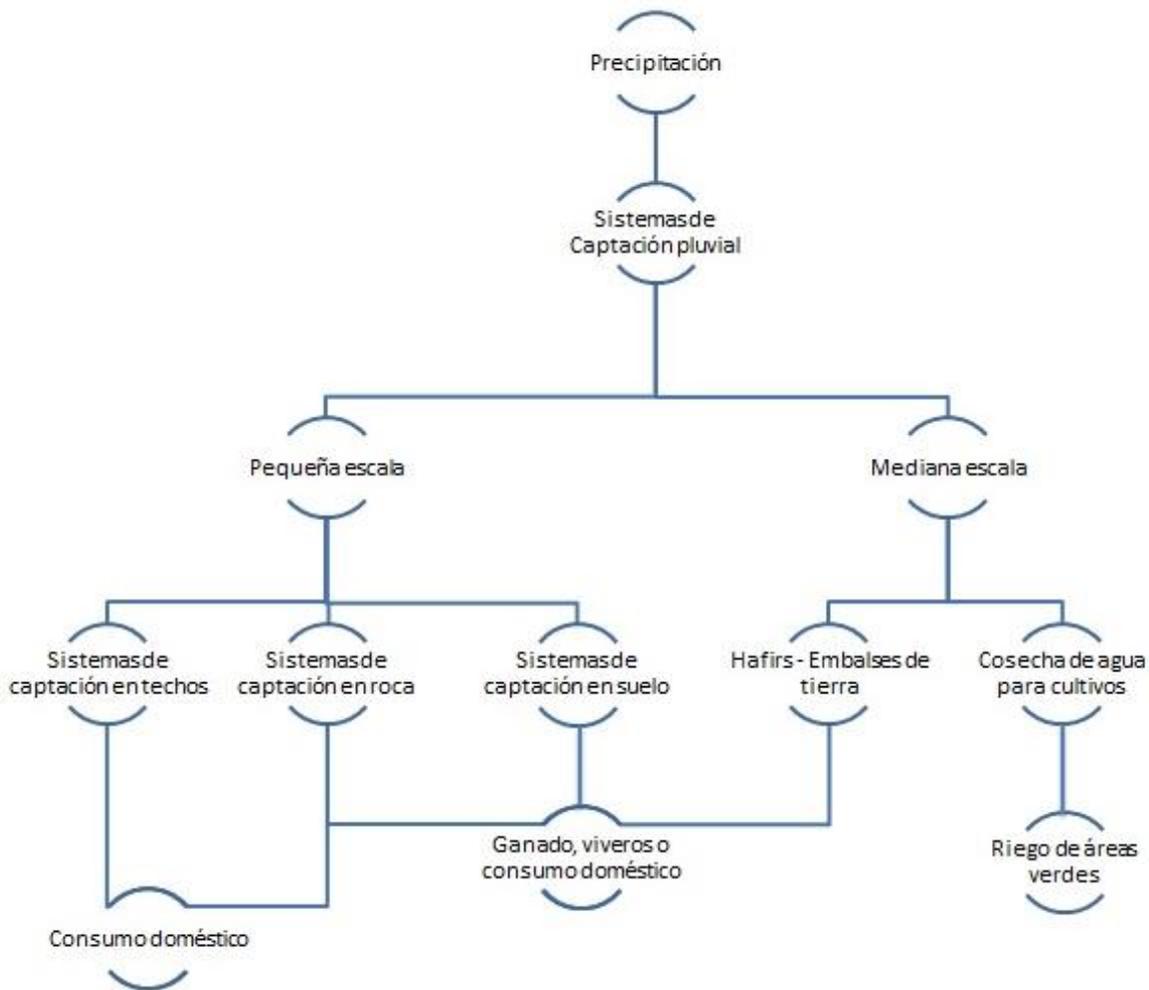


Figura II-11. Sistemas de captación de agua pluvial según escala

Las superficies de captación juegan un papel muy importante para determinar el volumen de captación y la calidad del agua cosechada. Un milímetro de lluvia captada en un metro cuadrado de superficie es equivalente a un litro de agua. Las principales características que determinan estos aspectos son los siguientes.

II.2.1 Tipo de sistema

El sistema podrá ser de cualquiera de los modos que se indican en la Figura II-11, ejemplificados en la Figura II-12; sin embargo para los sistemas enfocados al consumo humano, los de captación en techos, serán los más indicados por tener un control de la calidad más sencillo y en consecuencia un tratamiento del agua captada más simple. Aunque no se tendrá el volumen que puede obtenerse con las otras alternativas.

Hay que considerar que si las superficies de captación son caminos o calles, el agua puede estar contaminada por metales pesados originados por los frenos y las llantas de los automóviles, así como de compuestos como los hidrocarburos aromáticos policíclicos e hidrocarburos alifáticos producto de procesos de combustión incompleta, entre otras grasas y aceites. Estos compuestos dañinos deben retirarse si se quiere utilizar el agua para beber, lo cual implica un costo elevado en el tratamiento del agua. Por cuestiones como la anterior se deben examinar las características más convenientes para la zona de estudio y así seleccionar el tipo de sistema.

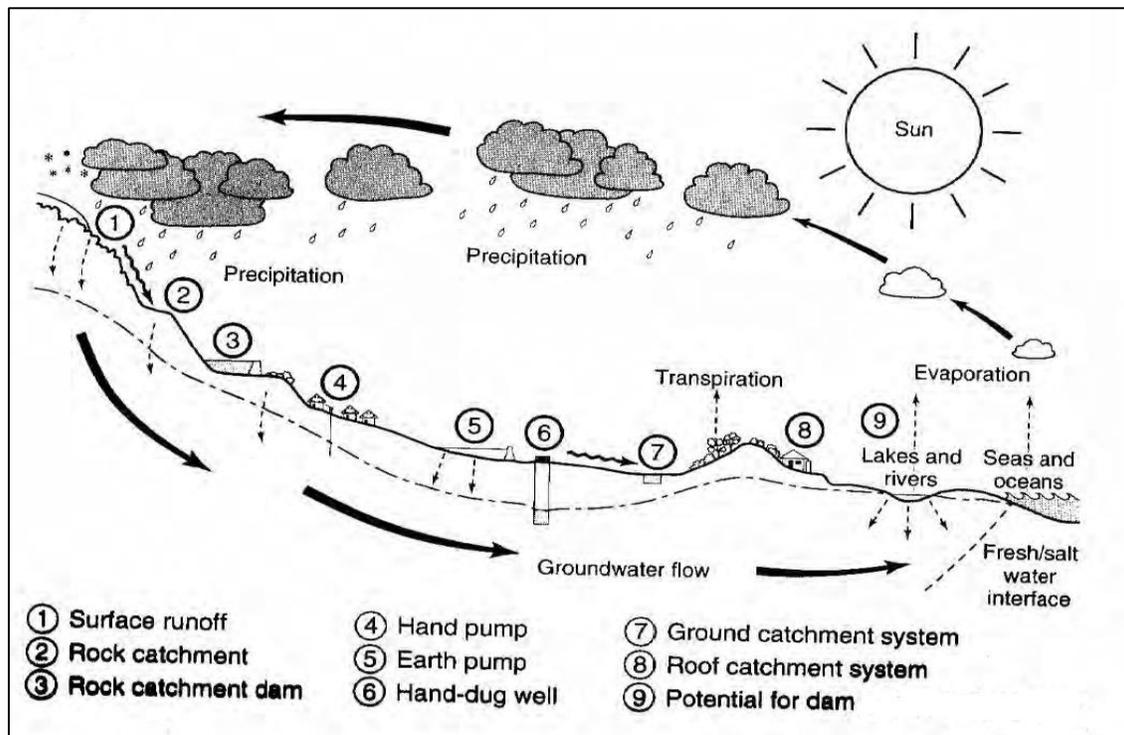


Figura II-12. Ciclo hidrológico y sistemas de captación pluvial (John Gould 1999)

II.2.2 La huella de la superficie

Es la proyección sobre el plano horizontal de las superficies de captación (Figura II-13), y a partir de ésta se calcula el área de captación

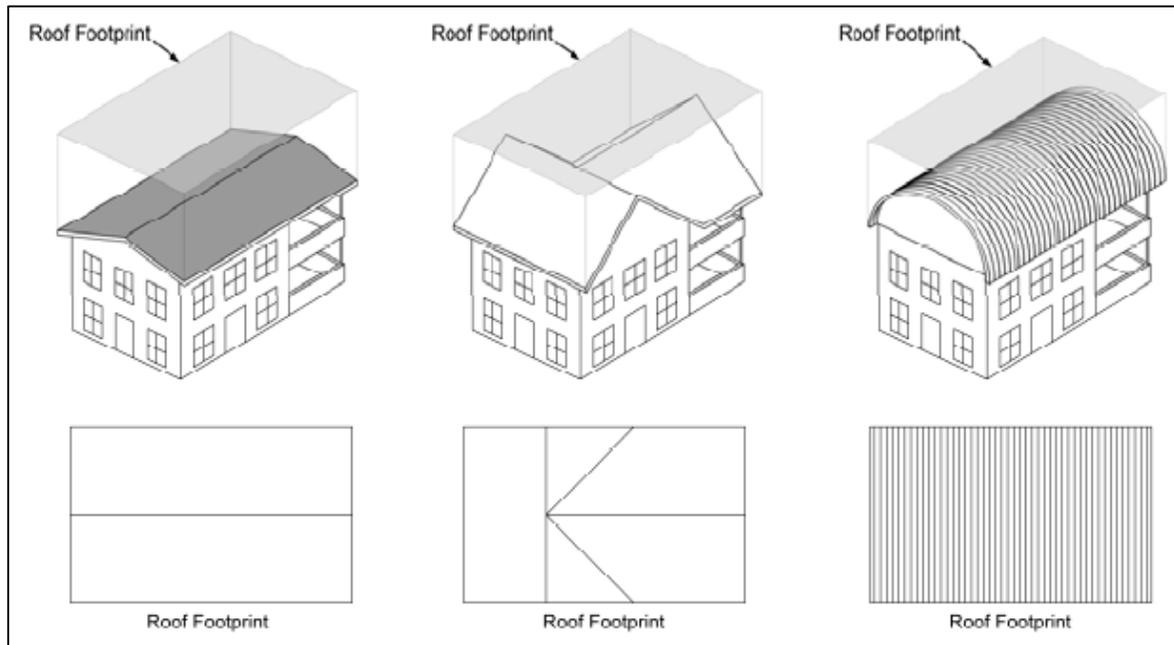


Figura II-13. Huella de la superficie de captación (Mechell J. 2009)

II.2.3 Pendiente

Esta determinará el tiempo de concentración del sistema de captación, y por lo tanto influirá en los gastos de diseño y máximos del sistema. Debe ser suficiente para evitar estancamiento.

II.2.4 Material

El material con el que está constituido el sistema de captación es sumamente importante para determinar la calidad del agua captada, ya que aunque la atmósfera del sitio no contribuya con contaminantes para el agua, el contacto con la superficie puede aportar un gran número de agentes dañinos.

Si el agua será para consumo humano debe procurarse que la superficie de donde sea captada el agua no sea tóxica. En techos fabricados con tejas, pizarras o lámina de aluminio, puede captarse lluvia y tener un efluente con agua poco contaminada o hasta no contaminada.

Los techos con canaletas de bambú son los menos indicados debido a las enfermedades que puede provocar, así como los techos construidos con zinc, cobre u otros que tengan pintura metálica por las altas concentraciones de metales pesados.

Coeficiente de escurrimiento

Es una característica del material que indicará que porcentaje del agua que llega a la superficie de captación, escurrirá directamente hasta el sistema de almacenamiento. Toma valores de cero a uno, dependiendo del tipo de superficie.

Si la superficie requiere ser impermeabilizada, deben utilizarse productos certificados por la NSF International, y la lista puede consultarse en la página de internet bajo el protocolo P151.

II.3 Sistemas de Tratamiento

El agua de lluvia pura generalmente está poco contaminada, pero sus propiedades dependerán de la calidad de la atmósfera, ya que los contaminantes atmosféricos incluyendo partículas, microorganismos, metales pesados y sustancias orgánicas se acumulan en el aire sobre de las superficies de captación conformando las partículas suspendidas totales, y estas son lavadas de la atmósfera por el agua durante la precipitación. En las áreas rurales alejadas de la contaminación ambiental e industrial, el agua pluvial es bastante limpia excepto por algunos gases disueltos. En cambio las áreas urbanas se caracterizan por un alto tráfico vehicular y un gran impacto industrial por lo tanto la lluvia en esas áreas cuenta con la mayor parte de los contaminantes atmosféricos antes mencionados.

El sistema de tratamiento a implementar dependerá del lugar destinado a la captación y del uso que se le dará al agua, a continuación se describen los datos referentes a superficies de captación implementadas en techos:

II.3.1 Calidad del agua pluvial captada

Se ha encontrado que la concentración de los compuestos inorgánicos en el agua captada desde la gran mayoría de los tipos de techos, generalmente concuerdan con los estándares de las normas para agua bebible, al contrario de lo que pasa con los caminos, los cuales muestran mayores concentraciones de compuestos inorgánicos y de metales pesados; por lo tanto para evitar que se eleve la complejidad y los costos del sistema de tratamiento es recomendable utilizar solo los techos como superficies de captación en los casos en que sea viable.

Virus, bacterias y protozoarios pueden originarse de la materia fecal de aves, mamíferos y reptiles que tienen acceso a las superficies de captación y a los tanques de almacenamiento de agua. La presencia de microbios y patógenos, varía mucho reportando concentraciones mayores a miles de CFU/100 mL. En un estudio de las propiedades del agua captada de techos se buscaron los tres indicadores de bacterias comúnmente utilizados, y se encontraron Coliformes en 80.3% de las muestras, Escherichia coli en 40.9% y Enterococcus en 28.8% de ellas. Así el agua cosechada es a menudo inadecuada para beberse sin algún tratamiento y debe desinfectarse para mejorar la calidad microbiológica.

II.3.2 Tratamientos comunes

El tren de tratamiento más usual para sistemas de captación pluvial en techos, incluye los procesos que se muestran en la Figura II-14, pero se deberán de adaptar a las condiciones del sitio y a las características del agua muestreada en el lugar de tratamiento, habiendo pasado por el sistema de captación y de transporte.

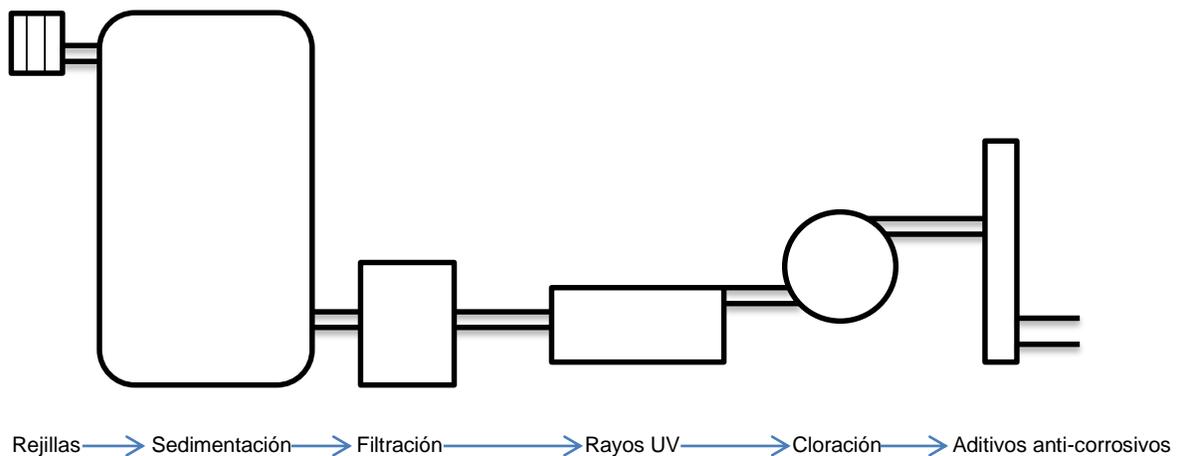


Figura II-14. Tren de tratamiento para aguas pluviales

Rejillas

El primer tratamiento que debe darse al agua captada desde techumbres, es eliminar los sólidos flotantes, que regularmente se mezclan con el agua de lluvia al tener contacto con la superficie de captación, comúnmente son hojas, ramas, insectos, entre otros. Para esto suelen utilizarse rejillas en los techos antes de la entrada a las conducciones, pero requieren de mucho mantenimiento, para ello existen sistemas de auto limpieza, que no requieren del mismo mantenimiento que las rejillas convencionales. Cualquier rejilla elegida debe mantenerse, pues la obstrucción de estas puede provocar la acumulación

de agua en techos, lo que producirá filtraciones hacia la estructura, desarrollos biológicos y en casos extremos colapso del sistema de techo.

Divisor de primer flujo

Un estudio realizado examinando muestras tomadas durante eventos de lluvia, demostró que la concentración de varios contaminantes eran altas al principio de los eventos, y en la mayoría de los casos disminuían gradualmente con pocas excepciones. Por lo anterior la calidad del agua puede mejorarse al no utilizar los primeros escurrimientos, usando separadores de primera lluvia. Estos dispositivos son fáciles de instalar y pueden operarse automáticamente. Aparte de ayudar con la calidad del agua, también ayudan a reducir el mantenimiento del tanque. El volumen que deberá ser desviado dependerá de varios factores como la cantidad de potenciales fuentes de escombros alrededor o sobre la superficie de captación ya sean árboles, cables u otros; también la orientación de la superficie de captación respecto a los vientos dominantes, el material de la superficie de captación y la duración del periodo de estiaje. Sin embargo algunos criterios pueden aplicarse, como separar 0.05-0.76 mm por cada 90 m² según el nivel de contaminación (ARCSA 2008).

Floculación y sedimentación

Muchas impurezas del agua, están presentes como soluciones coloidales que no se sedimentan como las sales de hierro o los polímeros sintéticos orgánicos; su remoción se puede lograr si se promueve la aglomeración de esta clase de partículas por floculación, formando partículas mayores, usando un coagulante o sin él, seguido por un proceso de sedimentación o flotación para retirarlas fácilmente. Una sustancia efectiva es el Sulfato de cobre (CuSO₄) que al reaccionar con los iones de agua, hacen que se forme un compuesto coloidal que atrae y fija las partículas en suspensión (orgánicas e inorgánicas) y forma flóculos. También es un inhibidor de microorganismos y se recomienda una concentración de 0.5 mg/l. No deben generarse concentraciones de cobre mayores a 2 mg/l por ser dañino para el ser humano.

Filtración

Para remover sustancias dañinas las técnicas de filtración son comunes, pues una parte de estas sustancias son partículas compuestas y son susceptibles a removerse de este modo.

Filtración rápida con arena

Es la más común, el agua se mueve verticalmente a través de arena la cual a menudo es acompañada con una capa de carbón activado o carbón de antracita. Esa capa remueve compuestos orgánicos, que contribuyen al sabor y al olor, los espacios de poro entre las partículas de arena son mayores que las partículas suspendidas más pequeñas así que la simple filtración no es suficiente. Como consecuencia la mayor cantidad de

partículas pasan a través de las capas superficiales pero quedan atrapadas en los espacios de los poros o se adhieren a las partículas de arena y a las bio-películas en su paso por el filtro. Entonces la filtración efectiva es brindada con la profundidad del filtro. Esta propiedad es la clave para su operación: Si las capas superiores de arena se usaran para remover todas las partículas, el filtro se taparía rápidamente.

Filtros con membrana

Los filtros de membrana de 1-5 mm también son adecuados para clarificar el agua de lluvia hasta una calidad utilizable. Las burbujas de ozono como aireación en el lado de alimentación reducen la saturación de la membrana e inactivan a los microorganismos. El mayor problema de la saturación es el bloqueo de los poros de la membrana. Para agua bebible los filtros de membrana con poro de .1 mm usan membranas de baja presión en arreglos lineales de varios módulos. Protozoarios, bacterias, algas y otros microorganismos pueden removerse efectivamente. Pero los virus no pueden ser retirados por ser aún más pequeños, por lo que los sistemas de filtrado tienen que acompañarse de un sistema para desinfección. Los costos de inversión dependen de los requerimientos, el material y el tamaño de poro. Estos filtros requieren de mucho mantenimiento.

Filtración lenta

La filtración lenta con arena o también llamada bio-filtración con arena (BSF en inglés) es un método barato para mejorar la calidad bacteriológica del agua, estos filtros se basan más en tratamiento biológico que en tratamiento físico para obtener un mejor desempeño. Los filtros son construidos cuidadosamente usando capas de arena graduada, con las fracciones más grandes en la parte superior y las más finas en la base. La eficiencia de la filtración depende del desarrollo de una delgada capa biológica o bio-película; en la superficie del material filtrante. Un filtro lento de arena puede permanecer en servicio por varias semanas o hasta meses si el pre tratamiento está bien diseñado, y producirá agua con un bajo nivel de nutrientes que difícilmente logran los métodos físicos. Para ser efectivo debe tener un flujo constante a través del filtro, pues en caso contrario perdería rápidamente la bio-película. Algunos estudios muestran que la BSF remueve bacterias consistentemente, en un rango promedio de 81-100% y protozoarios del 99.98-100%. Sin embargo tienen una eficiencia de remoción de virus muy limitada, por lo que deben acompañarse de algún otro proceso de tratamiento.

Absorción

Es un proceso donde la sustancia contaminante entra en contacto con la superficie de un material como el carbón activado y queda adherida. Este método es eficiente para lograr un proceso de purificación porque los compuestos orgánicos volátiles y los compuestos orgánicos sintéticos son atraídos fácilmente al carbón activado. No deben usarse como tratamiento primario pues se saturarían muy rápido y deben acompañarse de un tren de tratamiento efectivo. Hay que colocarlos aguas arriba de la cloración y desinfección, pues el carbón activado es capaz de remover el cloro y otras sustancias usadas en dichos procesos, a menos que removerlas sea el objetivo. Es necesario establecer el tiempo de contacto con el filtro según la sustancia que se quiera remover y hay que considerar el mantenimiento continuo pues el medio debe remplazarse cuando se satura.

Intercambio Iónico

Son procesos usados para remover contaminantes inorgánicos y tratar aguas duras. Arsénico, cromo, fluoruro, nitratos, radio y uranio, pueden ser removidos con un proceso de intercambio iónico. Suelen contener resinas de intercambio iónico como zeolitas, arcilla o humus del suelo.

Desinfección

Debido a que muchos microorganismos son demasiado pequeños como para garantizar que son removidos mediante sedimentación o filtrados, deben eliminarse mediante procesos confiables.

Cloración

Es la técnica más común y sencilla, puede aplicarse para desactivar la mayoría de los microorganismos y es relativamente barata. Tiene que aplicarse después de extraer la mayor parte de la materia orgánica ya que el cloro reacciona con ésta y forma sustancias indeseables como los trihalometanos predominantes en agua con pH alto o ácidos haloacéticos si el pH es bajo. Las concentraciones de estos dos subproductos deben mantenerse por debajo de los 80 µg/l. Hay que alcanzar una concentración de 0.2-1.5 mg/l de cloro libre y un tiempo de contacto suficiente, puede usarse en estado sólido, líquido o gaseoso. Una consideración que debe hacerse con la desinfección mediante cloración es que algunos parásitos han demostrado resistencia a dosis bajas de cloro.

La mayor ventaja del cloro es que tiene un efecto residual que puede persistir durante el proceso de distribución y hasta el almacenamiento en hogares. Es muy efectivo contra casi todos los patógenos transmitidos por el agua (Tabla II-1) con la notable excepción del *Cryptosporidium parvum* y el género *Mycobacterium*.

Porcentaje de Inactivación	Tiempo de contacto (minutos) y patógenos		
	Virus	Giardia	Cryptosporidium

67.00	0.25	9.00	No efectivo
90.00	0.50	19.00	No efectivo
99.00	1.00	37.00	No efectivo
99.99	3.00	75.00	No efectivo

Tabla II-1 Tiempo de contacto y nivel de tratamiento (Mechell J. 2009)

Ozono

Esta técnica, se basa en introducir gas ozono al agua, esto suele hacerse en los tanques de almacenamiento o en el punto donde se utilizará el agua, ozono (O_3) es una forma alotrópica formada de tres moléculas de oxígeno (O_2), expuestas a descargas eléctricas y es sólo ligeramente soluble en agua y regresa rápidamente a oxígeno molecular (O_2) por lo que no deja ningún efecto residual en el agua. Es un gas incoloro que elimina olores, sabores, desinfecta y oxida. Es muy efectivo eliminando *Cryptosporidium*, bacterias y otros microorganismos. Es un gas tóxico, y si es inhalado en una cantidad suficiente puede causar enfermedades. Es recomendable utilizar cloro para dar un efecto residual al tratamiento si el agua no se consumirá inmediatamente.

Radiación ultravioleta (UV)

La acción desinfectante de este método es muy efectiva si los organismos están efectivamente expuestos a la radiación, eliminando extensivamente (>99.9%), protozoarios resistentes al cloro, *Cryptosporidium parvum* y *Giardia lamblia*, a dosis relativamente bajas. El agua regularmente debe ser filtrada para eliminar la turbiedad antes de exponerse a la luz ultravioleta, una dosis de 40 mJ/cm^2 sirve para eliminar patógenos y es frecuentemente usado como el único tratamiento en algunos sistemas de tratamiento de agua para beber. Una dosis de 16 mJ/cm^2 solo debe usarse cuando la fuente sea agua potable pues esta dosis no eliminará a todos los patógenos. Estos dispositivos deben contar con un sistema de alarma para detectar si se presenta un fallo o si el agua entrante supera la turbiedad de trabajo del sistema. Requieren de limpieza periódica, especialmente si están sumergidos, además las lámparas tienen que ser remplazadas al agotarse su tiempo de vida.

Aditivos anticorrosivos

El agua de lluvia captada generalmente tiene un pH de 5 a 6.5, por lo que es ácida y esto puede generar corrosión en tuberías, tanques de almacenamiento y algunos otros dispositivos hechos de metal. Esto incluye las tuberías de cobre, unidas con soldaduras, que pueden contener plomo. La corrosión puede formar agujeros en las tuberías o facilitar la ingestión de plomo u otros metales por el usuario. Los sistemas de tubería de plástico no se corroen, por lo que su uso es recomendable.

La corrosión al ser causada por la acidez del agua, puede minimizarse agregando bicarbonato de sodio para aumentar el pH si éste es menor que 7.4. Otro tratamiento para reducir el potencial corrosivo del agua es agregar granos de carbonato de calcio (piedra caliza), óxido de calcio (cal) o carbonato de sodio (sosa). La piedra caliza disuelta del filtro aumentará la dureza del agua e incrementará el pH. Por aumentar el contenido mineral al agua y el potencial para generar calcinación, en caso de contar con desinfección UV, ésta debe situarse aguas arriba del filtro de carbonato de calcio. El ortofosfato de zinc se ha usado para controlar corrosión, especialmente cuando han sido detectados niveles altos de plomo.

II.4 Estado del Arte

Sin duda alguna la cosecha de agua pluvial en hogares es un tema de actualidad, ya que por medio de sistemas que van desde los más sencillos en comunidades en desarrollo hasta sistemas avanzados, llevar el agua colectada a estándares de calidad de agua purificada evitando costos de transporte, distribución y derechos por obtención del recurso. Permitiendo la generación de construcciones hídricamente sustentables.

La pasteurización mediante tecnologías solares, es una técnica de desinfección barata que se logra combinando el calor y la radiación UV-A producida por el sol. Ya que es una fuente de energía gratuita y abundante en muchos países, esta técnica parece ser confiable, efectiva y de bajo costo para cosechar agua de lluvia. Puede desarrollarse en botellas de plástico, bolsas o con reactores de flujo continuo. Es más efectivo si el agua se encuentra a una temperatura de al menos 50°C que puede alcanzarse fácilmente con energía solar. En la Figura II-15 se muestra cómo se elimina la *Escherichia coli* con el tiempo usando diferentes sistemas con o sin dispositivos de reflexión y con un reflector especial llamado Cookit.

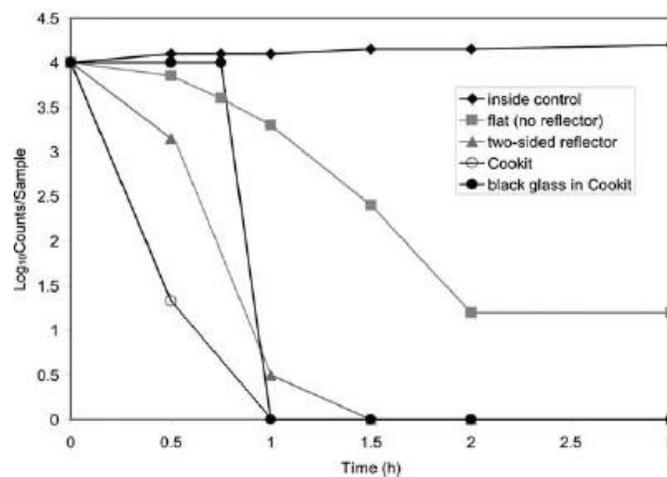


Figura II-15. Inactivación solar de *Escherichia coli* (conteos/muestra) UFC/mL (B. Helmreich 2009)

Un Cookit (Figura II-16) consiste en placas formadas de papel aluminio laminado y doblado en tres puntos para formar una sección de reflexión vertical, la sección central

sostiene el envase negro que tiene un volumen óptimo de 1 a 5 litros y la sección frontal se ajusta para reflejar la mayor cantidad de sol hacia el envase. Comparado con la inactivación solar de la E. coli, toma 2.4 veces más para inactivar la Cándida Geotrichum y esporas de Aspergillus flavus, y 6.4 más para inactivar esporas de Penicillium.

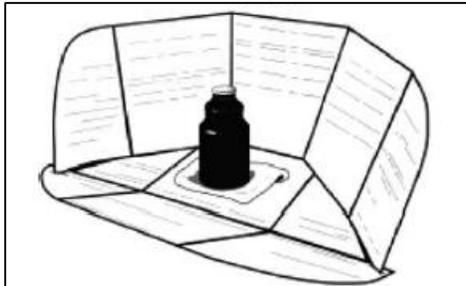


Figura II-16. Dispositivo Cookit (B. Helmreich 2009)

El conjunto de tecnologías solares es suficiente para pequeños hogares mientras que la desinfección solar del agua mediante pasteurización con sistema de flujo continuo, se realiza en dispositivos como el reactor SODIS (Figura II-17), el cual puede producir alrededor de 100 litros de agua desinfectada por metro cuadrado de colector solar por día. La tecnología solar está limitada a concentraciones de sólidos suspendidos menores a 10 mg/L. De tener concentraciones mayores se deberá filtrar el agua antes de entrar a estos procesos.

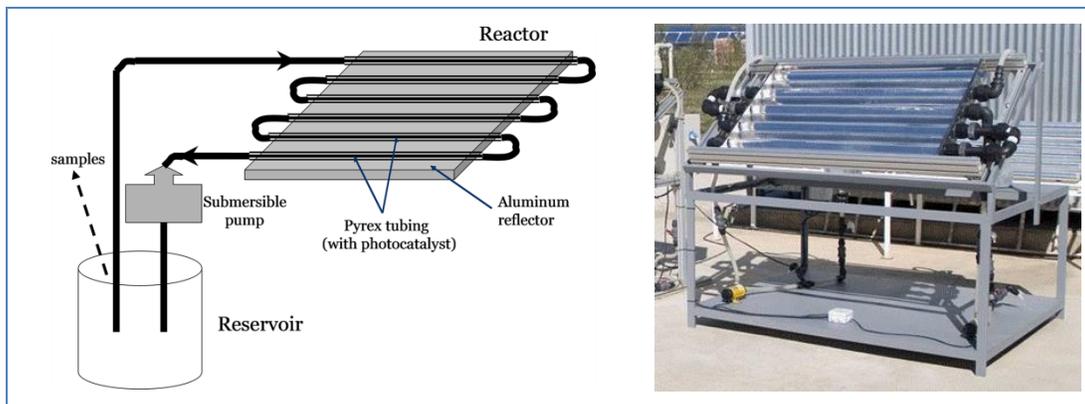


Figura II-17. Funcionamiento reactor SODIS (David B. Misstear 2012), Reactor SODIS (Gómez-Couso 2012)

Un tratamiento innovador denominado Filtración Absorción Desinfección (FAD), es otro sistema descentralizado, que puede ser utilizado en hogares con la finalidad de tratar agua de lluvia para usos potables. La unidad está compuesta por una fase de filtración, seguido por absorción con carbón activado granular (GAC en inglés) y desinfección UV, se ha probado a escala completa con un flujo constante de 30 l/h por 25 horas. Compuesta de dos elementos separados (Figura II-18), puede trabajar con o sin bombeo

con una eficiencia mostrada en la Tabla II-2, en comparación a una unidad de GAC aislada.

Parámetros analíticos	Agua curda	Proceso FAD		GAC aislado	
		Efluente	Remoción (%)	Efluente	Remoción (%)
Turbiedad NTU	25.88 ± 3.62	0.42 ± 0.06	98.3 ± 1.6	2.13 ± 0.42	59.7 ± 12.7
COD mg/L	4.79 ± 0.56	2.39 ± 0.35	49.9 ± 7.5	3.70 ± 0.63	22.8 ± 8.7
TOC mg/L	5.952 ± 0.71	3.383 ± 0.43	42.8 ± 6.9	4.278 ± 0.49	27.8 ± 7.1
DOC mg/L	5.398 ± 0.517	3.383 ± 0.436	37.3 ± 5.9	3.169 ± 0.419	29.3 ± 6.0
UV ₂₅₄ cm ⁻¹	0.086 ± 0.008	0.052 ± 0.003	38.3 ± 6.7	0.060 ± 0.005	29.9 ± 4.7
Escherichia coli CFU/100 mL	328 ± 126	0 ± 0	99.99 ± 0.0	108 ± 92	67.9 ± 14.3
Coliformes Totales CFU/100 mL	152 ± 32	0 ± 1	99.99 ± 0.0	61 ± 29	59.8 ± 19.1

Tabla II-2. Comparación de remoción de contaminantes entre proceso FAD y GAC aislado (Vincenzo Naddeo 2013)

La primera unidad de prefiltración tiene una membrana con una porosidad de 75 µm, la unidad FAD combina la absorción con GAC, micro filtración a 0.5 µm y desinfección UV. El proceso de micro filtración se encuentra inmediatamente después del tratamiento con GAC y ahí es expuesto a la irradiación de la luz UV, por lo tanto se llama a esta zona como zona híbrida FAD. La luz UV es producida por una lámpara de baja presión de 15W hecha de vidrio de cuarzo duro (Figura II-18).

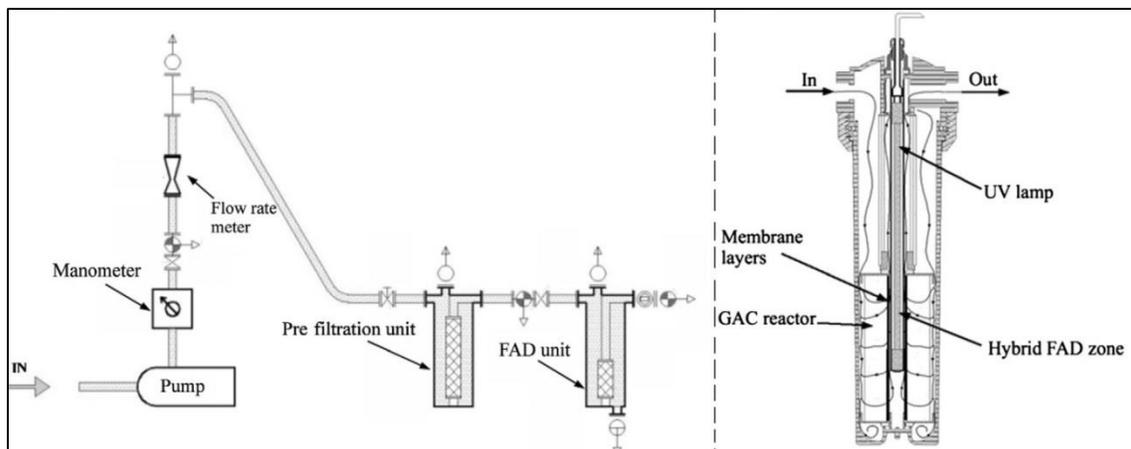


Figura II-18. Arreglo experimental de la unidad FAD (Vincenzo Naddeo 2013)

III Capítulo 3 Estudio de Caso: Central de Abasto de la Ciudad de México

Se realizará la evaluación de un proyecto de captación y tratamiento de agua pluvial (Figura III-1) utilizando, como superficie de captación, una macro-edificación. Con lo que se logrará utilizar economía de escala, para disminuir costos por tratamiento y distribución del líquido, a través de un tratamiento centralizado para potabilizarla. Cuyo sistema pueda en manera de lo posible ocuparse durante la temporada de estiaje, aprovechando alternativas para aprovechar la infraestructura del proyecto durante todo el año.



Figura III-1. Estrategia del proyecto

III.1 Estudio de Localización

Macro localización

Se optó por una localidad dentro de la República Mexicana, ya que es el lugar de residencia del autor, de esa manera, se tiene más control y accesibilidad a la información necesaria para el proyecto. Sin embargo, conociendo los datos necesarios, puede ser implementado en cualquier lugar que cumpla con condiciones similares al sitio desarrollado. La Ciudad de México se encuentra en la región hidrológica XIII, denominada Aguas del Valle de México. Esta región hidrológica está clasificada con un grado de presión sobre el recurso hídrico de 132.91%, considerado como muy fuerte (Figura III-2). Por lo tanto, una nueva fuente de abastecimiento de agua ayudará a reducir dicha presión.

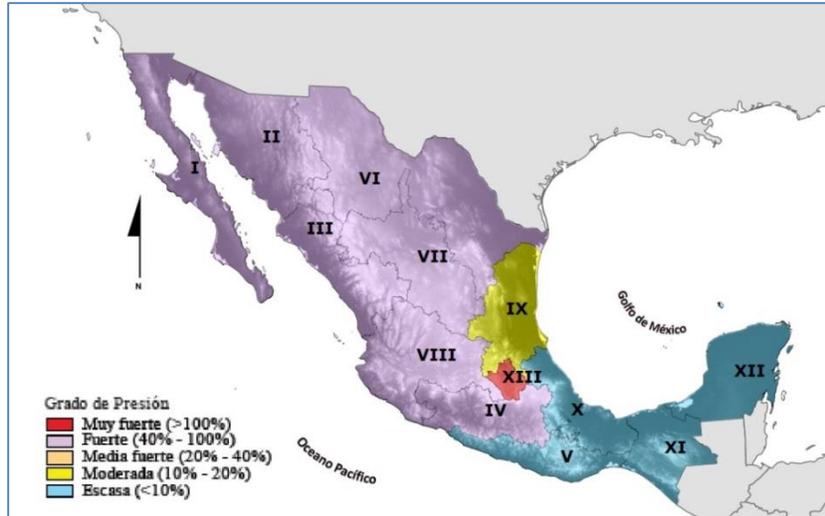


Figura III-2. Grado de Presión Hídrica en las Regiones Hidrológicas de México (SINIA 2012)

La precipitación anual promedio en la Ciudad de México es de 738.69 mm (SACMEX, Compendio 2012) y, en algunas zonas de ésta Acrópolis hay escasez en el suministro de agua por diferentes cuestiones, por lo que parece una ciudad apropiada para implementar el proyecto.

Micro localización

De las 16 delegaciones del Distrito Federal, la que cuenta con mayor población es la delegación Iztapalapa, con un total de 1,815,786 personas, razón por la cual, tiene una gran demanda de agua potable que, sumada con la deficiencia en las instalaciones de la red de agua potable y con la gran cantidad de desarrollos irregulares, resulta en una gran demanda de agua mal satisfecha. Esto ha llevado a la delegación a establecer un sistema de tandeos (Figura III-3), estrategia mediante la cual sólo se reparte agua en la red algunos días, causando mucha inestabilidad social.

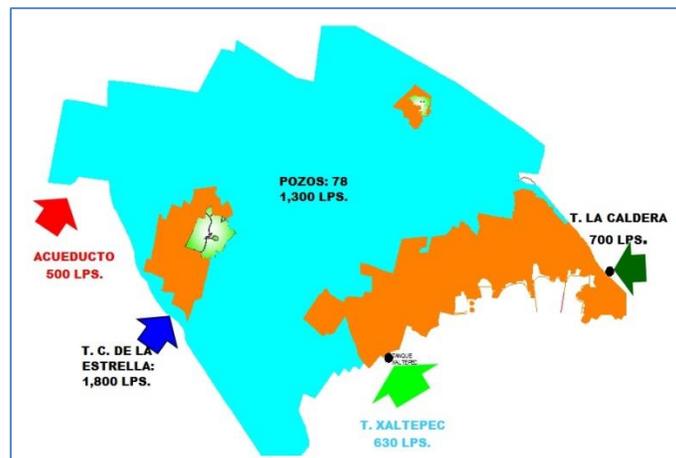


Figura III-3. Zonas con tandeo (DGSU 2012)

Después de lo descrito anteriormente se elige a la delegación Iztapalapa para implementar el proyecto, y como todavía no es lo suficientemente exacto, la delegación Iztapalapa se convierte en la nueva macro localización.

Nueva micro localización

En este caso se localizó un lugar que tuviera una gran superficie de captación y que se encontrara en una zona con poca densidad de desarrollos habitacionales, en otras palabras, que existieran inmuebles de grandes dimensiones disponibles como naves industriales o bodegas. Así se encontró que, la que cumple con ambas características, es la Central de Abasto de la Ciudad de México (Figura III-4), que ocupa una extensión de 327 hectáreas, entre las cuales se encuentran un gran número de bodegas que podrían utilizarse como superficies de captación. También por ser el centro de comercio de productos alimenticios más grande de esta metrópoli, es sitio de confluencia de mucha gente, y evidentemente su demanda de agua también es muy significativa.



Figura III-4. Central de Abasto de la Ciudad de México (Google Earth)

En cuestión del terreno para la implementación del proyecto, se deberán de tomar en cuenta los factores que se obtengan en el estudio técnico, como las dimensiones de la infraestructura necesaria. Dentro de la central de abasto se encuentran terrenos en los cuales no existe ninguna estructura, pero algunos de ellos son derecho de vía de las redes de alta tensión de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) o de Pemex, por lo que no permiten la construcción de estructuras y en este caso se eligió el terreno que se muestra en la Figura III-5, con un área de aproximadamente 13,000 m², se comprobó con el Fideicomiso de la Central de Abasto (FICEDA), que el terreno está disponible y que es factible utilizarlo.

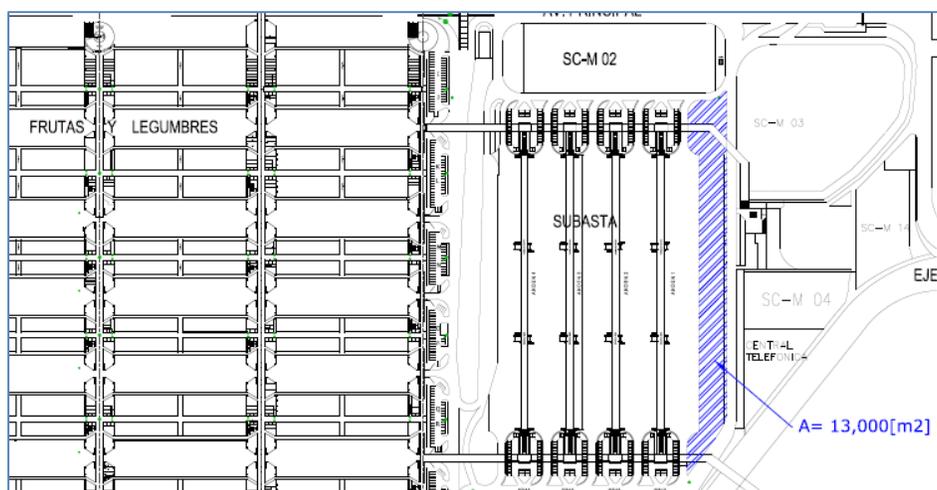


Figura III-5. Terreno para el proyecto resaltado en azul (Google Earth)

Para utilizar este terreno se debe de obtener convenio de cesión de derechos por medio de una concesión por parte del FICEDA, que regularmente dura 99 años, se deben de pagar derechos que van de acuerdo a la ubicación y servicios con los que se cuente y un mantenimiento que varía entre \$2,000 y \$3,000 pesos mensuales. El precio aproximado es de 1,500 \$/m² y, según el estudio técnico sólo se necesita un espacio de 2,600 m² por lo que, el costo del terreno, es de \$3,900,000.00. Este puede disminuir o evitarse, si se buscan incentivos con el gobierno de la demarcación, ya que la ley de aguas del Distrito Federal contempla ciertos apoyos para proyectos en los que se aproveche el agua de lluvia, también si se busca un esquema de prestación de servicios al Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACMEX), se puede acordar un panorama más conveniente para el proyecto.



Figura III-6. Ubicación del pozo cercano (Google Earth)

En la central de abasto se encuentra un pozo de agua potable (Figura III-6), y actualmente se descubrió que es factible extraer agua desde 2000 m de profundidad. Es un pozo inactivo, pues se encuentra en proceso de construcción y aún no se define donde se tratará el efluente del mismo, lo que da una oportunidad al proyecto como estrategia para época de estiaje. Sin embargo, este tema debe discutirse con el SACMEX para explorar la factibilidad.

III.2 Antecedentes del Sitio

La demanda de agua en la Ciudad de México ya había superado la oferta de las fuentes de agua potable que confluían en la cuenca antes de 1940, pero en ese año un estudio reveló que la causa de los hundimientos en la metrópoli era la extracción de agua del subsuelo, por lo que se decretó una veda de aguas subterráneas, que prohibía la perforación de nuevos pozos en la zona lacustre. La primer solución, fue tratar de concentrar todas las extracciones del acuífero en la zona de transición, sin embargo, la presión sobre el recurso era demasiada debido a que el agua de Xochimilco ya resultaba también insuficiente; así se optó por buscar agua en cuencas externas (Figura III-7) y en 1951 comenzó la operación del sistema Lerma, que brindaba 4 m³/s del líquido vital a la urbe desde la laguna de Lerma, en el valle de Toluca mediante un acueducto de concreto de 2.5 m de diámetro y 62 km de longitud.



Figura III-7. Cuencas aledañas a la zona metropolitana del Distrito Federal (EL GRAN RETO DEL AGUA EN LA CIUDAD DE MÉXICO 2012)

Después se llevó a cabo la segunda etapa del sistema Lerma, aumentando el número de pozos y expandiendo la extracción de aguas superficiales a Ixtlahuaca y Jocotitlán, con lo que se incrementó el suministro de agua a la Ciudad de México a 14 m³/s, caudal que disminuyó con el tiempo a 6 m³/s debido al agotamiento de las fuentes.

Para el año 1976 el agotamiento de los recursos hídricos de la cuenca de Lerma y el constante hundimiento de la ciudad por la sobreexplotación del acuífero, sumados a la demanda de agua creciente de la capital, provocaron la construcción de una obra monumental, el sistema Cutzamala (Figura III-8).

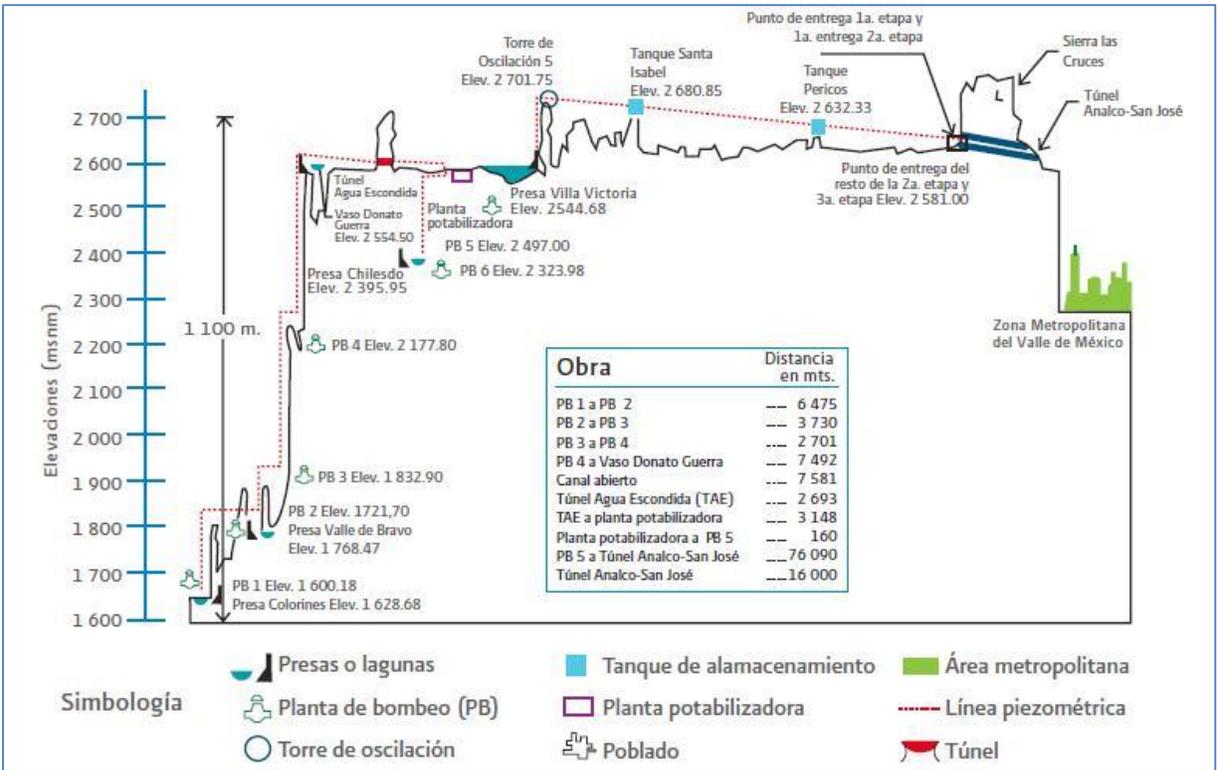


Figura III-8. Perfil del Sistema Cutzamala (Estadísticas del agua en México 2011)

Construido en 3 etapas y terminado en 1993, con un gasto de diseño de 19 m³/s, de los cuales 6 m³/s provienen de Lerma, los 13 m³/s restantes provienen del Cutzamala; es uno de los sistemas de abastecimiento de agua potable más grandes del mundo, por los 485 millones de metros cúbicos de agua que son suministrados anualmente, los 1,100 m de altura entre la fuente de agua y el punto de consumo, y los 334.4 km de canalizaciones para el agua.

El agua se divide entre el Estado de México y el Distrito Federal, tiene un consumo energético aproximado anual de 1.29 Twh, con un costo por producción de \$54,424,456,669.29 pesos (4.22\$/kwh CFE) anuales. Este sistema, no solo es muy caro, si no que causa grandes inconformidades sociales debido a que se quita el recurso a los habitantes de la zona donde están las fuentes de agua para dárselos a la zona metropolitana, también hay muchos puntos del sistema contaminados, como la presa de Valle de Bravo. La distribución de los recursos una vez que están en la Ciudad de México es un gran problema debido a las malas condiciones en que se encuentran las conducciones y la escasez de controles de calidad del agua.

El suministro diario de los servicios de agua, drenaje y saneamiento a 8.85 millones de habitantes del Distrito Federal, más una población flotante que supera los 4.2 millones de personas, es un gran reto. Para ello la ciudad recibe un gasto de 32.2 m³/s (Figura

III-9), de los cuales $9.5 \text{ m}^3/\text{s}$ se obtienen del sistema Cutzamala, $2.1 \text{ m}^3/\text{s}$ del sistema de pozos en Barrientos, $0.6 \text{ m}^3/\text{s}$ de la Caldera, $4 \text{ m}^3/\text{s}$ del río Lerma, $1.2 \text{ m}^3/\text{s}$ del sistema Chiconautla y se extraen $14.8 \text{ m}^3/\text{s}$ de los manantiales y pozos ubicados en la Ciudad.

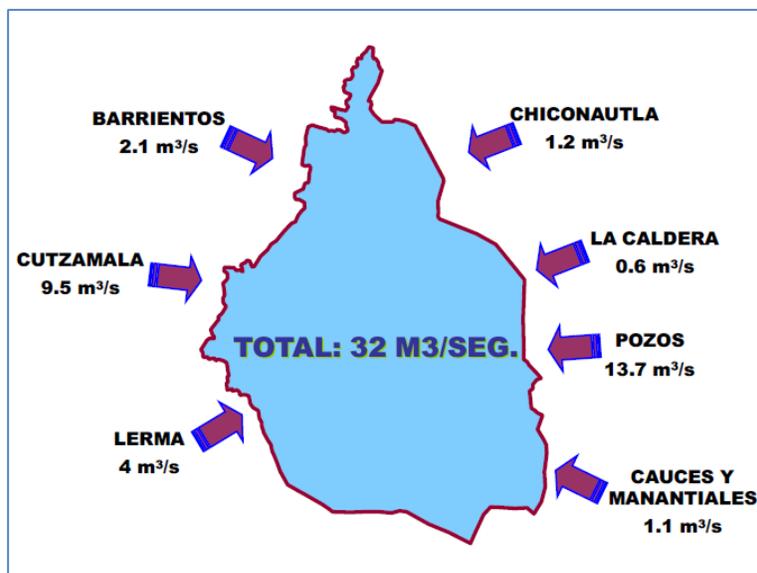


Figura III-9. Fuentes de agua de la Ciudad de México (DGSU 2012)

En la Ciudad de México la delegación más poblada es Iztapalapa, y teóricamente se le reparten $4,930 \text{ l/s}$ o sea 234 l/hab/día , lo que es un volumen aceptable, pero este volumen realmente no se alcanza; por un lado porque los gastos de las fuentes de agua son menores que el teórico y porque no toda la población cuenta con toma de agua potable. Esto se hace más evidente cuando se conoce el volumen entregado en pipas de agua mensualmente (Figura III-10).

La central de abasto de la Ciudad de México (Figura III-11) fue inaugurada el 22 de noviembre de 1982 sustituyendo a la merced, es un mercado mayorista que funciona como punto de confluencia para la oferta y la demanda de productos alimentarios donde se realiza la parte medular de los procesos de formación de precios y la distribución de alimentos. Esta administrada por el Fideicomiso Central de Abasto de la Ciudad de México (FICEDA), constituido el 7 de julio de 1981.

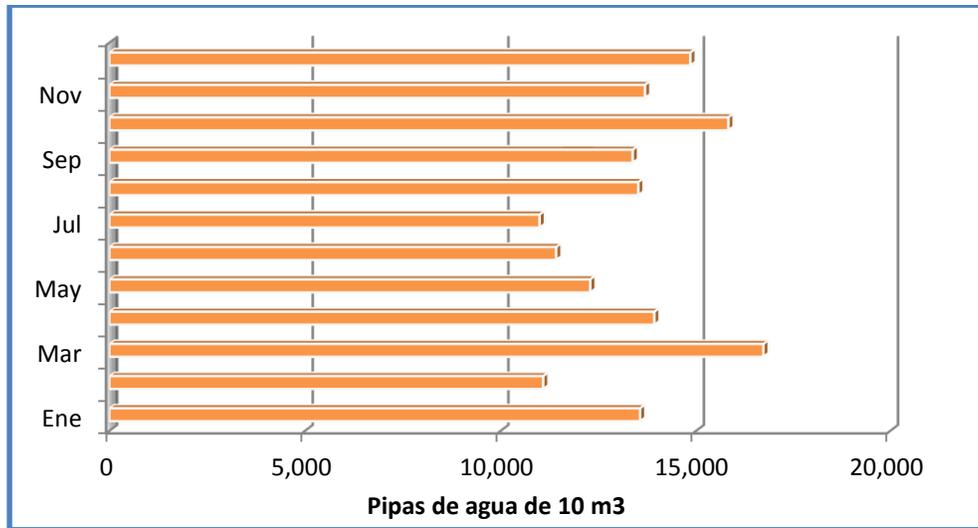


Figura III-10. Informe anual de pipas de agua en la delegación Iztapalapa (DGSU 2012)

Creada para sustituir la carga que tenía el mercado central que presentaba problemas de exceso de intermediarios, infraestructura comercial insuficiente, falta de locales para el desarrollo de las actividades y otros problemas operativos como la falta de vías de comunicación eficientes.

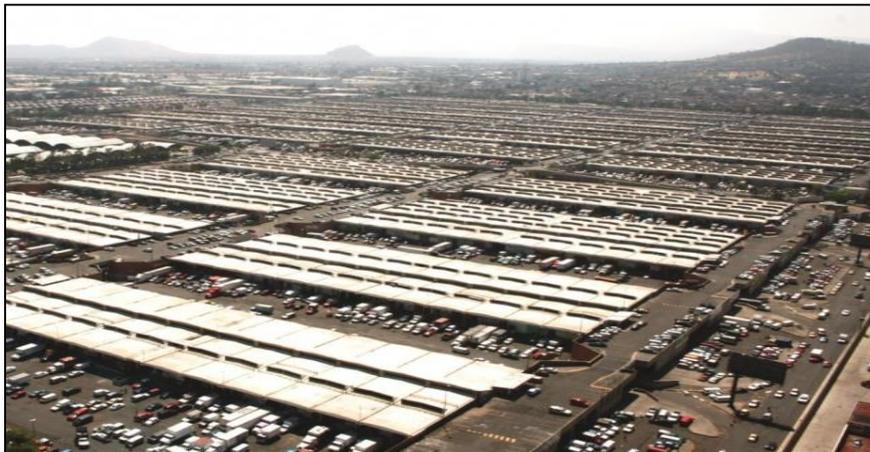


Figura III-11. Vista aérea de la Central de Abasto de la Ciudad de México (FICEDA)

Se distribuye en un área total de 327 hectáreas y es el centro mayorista más grande del mundo, con un volumen de alimentos y productos básicos de 30 mil toneladas y con capacidad de almacenaje para 122 mil toneladas, transportadas diariamente por 52 mil vehículos de diferentes capacidades. Tiene alrededor de 300 mil visitantes diarios, atendidos por unos 70 mil empleados en diversas actividades, se divide en diferentes zonas, la mayor de ellas es la de frutas y legumbres, con 1881 bodegas, seguida de la zona de abarrotes y víveres, con 338 bodegas, a las cuales se agregan 1489 locales comerciales.

III.3 Estudio Técnico y Tecnológico

El proyecto estará compuesto por los elementos necesarios para que la mayor cantidad de agua de lluvia sea tratada y distribuida; pero para hacerlo más eficiente se propone buscar una estrategia a fin de mantener los ingresos de efectivo durante la época de estiaje. Los precios utilizados para el cálculo de rubros que se desarrollan a continuación, son valores aproximados; pudiendo ser promedios del mercado actual, precios directos del distribuidor o estimaciones. Por lo que para su implementación estos deberán de recalcularse.

Nota: Los valores marcados con asterisco (), se calcularon en el Anexo A, para conocer los detalles de dicho cálculo consultar esa sección.

III.3.1 Sistema de captación

Se utilizarán los techos de las bodegas y pasillos como áreas para captar el agua pluvial, para evitar que el agua entre en contacto con contaminantes como aceites, materia orgánica y otros agentes que se encuentran a nivel de piso en la central de abasto debido a la gran cantidad de actividad que tiene.



Figura III-12. Superficies de Captación de agua pluvial, marcadas con color azul (Google Earth)

La cuantificación de las áreas de captación pluvial, se llevó a cabo apoyándose en los planos electrónicos del conjunto. Se consideraron como superficies de captación, sólo las que se muestran en la Figura III-12, tomando en cuenta la distancia a la que se encuentran del cuerpo principal y la superficie que tienen, para sólo utilizar las que sean notablemente viables en una relación de cantidad de aporte contra la longitud de conducción que debe instalarse. El total de superficie de captación resultó:

$$\text{Área de captación total} = 491,671.50 \text{ m}^2 *$$

Este sistema de captación utiliza totalmente las superficies correspondientes a la central de abasto, las cuales están concesionadas a los locatarios o son área de servicio para ellos y las administra el FICEDA, por lo tanto se deberán tomar en cuenta los permisos o concesiones necesarios para llevar a cabo este proyecto.

Datos hidrológicos

A partir de éstos, se podrá determinar la precipitación estimada para saber si es viable implementar el proyecto desde el punto de vista de la cantidad de agua susceptible a utilizar. En este caso, se debe contar con dos diferentes parámetros característicos de la lluvia del sitio, uno que nos sirva para determinar el volumen anual esperado y así saber qué cantidad de agua podrá ser captada; y el otro, es la intensidad de la lluvia que nos indicará el gasto con el cual se deberán de diseñar las tuberías y el sistema de tratamiento.

Para obtener la precipitación anual, se utilizaron los datos de la estación meteorológica núm. 9026 “Morelos 77” (SMN 2012), ubicada en la delegación Iztapalapa; las superficies de captación se encuentran dentro un radio de 1.8 kilómetros a partir de la estación, por lo cual se podrá tomar como representativa de la zona de captación. De esta estación se obtuvieron los siguientes datos de precipitación anual (Figura III-13).

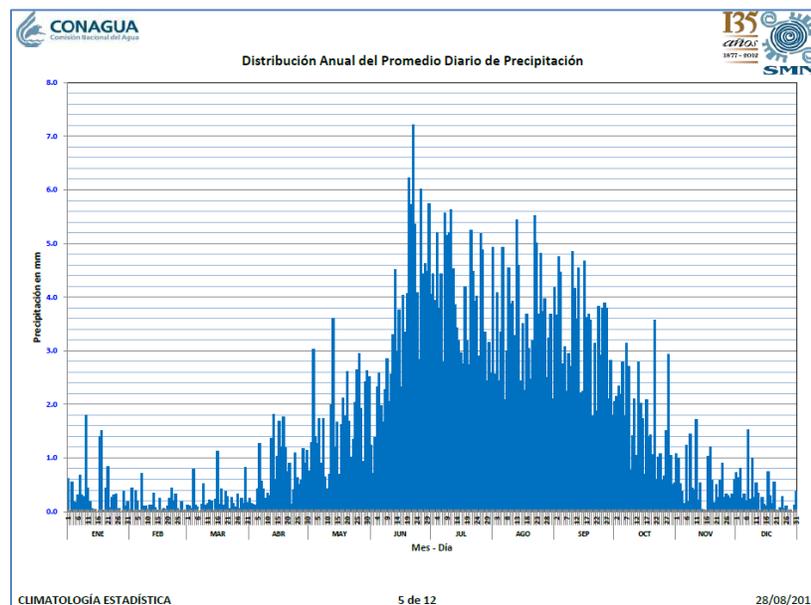


Figura III-13. Distribución Anual del Promedio Diario de Precipitación (SMN 2012)

A partir de la información proporcionada por dicha estación y recopilada de veintitrés años atrás, se obtuvo la precipitación promedio anual $\bar{p} = 619.4[mm]^*$.

Para el cálculo de la intensidad de la lluvia promedio del sitio, se usará el plano de isoyetas de la Ciudad de México, ya que se construyó a partir de los datos recopilados

de un gran número de pluviómetros en diferentes puntos de la metrópoli, durante una gran cantidad de años y por lo tanto su fiabilidad está garantizada.

Para calcular los gastos máximos y otras características, se utilizaron los datos hidrológicos que se señalan en el Anexo A.

Diseño Hidráulico

El objetivo es determinar los gastos y volúmenes para el diseño del sistema, con el propósito de elegir la infraestructura necesaria para el sistema de tratamiento y la distribución del agua.

Gasto máximo

Para el cálculo de éste se utilizó la fórmula del método racional americano y los parámetros de lluvia obtenidos anteriormente. Este gasto no se aplicará para el diseño debido a que la estructura no corre ningún riesgo en caso de alcanzarse o rebasarse el mismo.

$$Q = 7.8 \text{ m}^3/\text{s}^*$$

Gasto de diseño

Para el cálculo de éste se aplicó la fórmula del método racional americano y utilizando los parámetros de lluvia obtenidos anteriormente. Pero los datos de altura de precipitación son los correspondientes a una duración de 24 horas con un periodo de retorno de 2 años, y será el gasto suficiente para tratar el volumen captado en 24 horas con el sistema trabajando constantemente durante ese tiempo.

$$Q = 0.20 \text{ m}^3/\text{s}^*$$

Volumen de captación anual

Este volumen se obtiene con datos de precipitación normal mensual, que brinda la Comisión Nacional del Agua y que considera datos de más de 20 años. Se consideraron factores de escurrimiento propios de los materiales que forman los techos y que se captará toda el agua que precipita sobre las techumbres. El volumen de captación anual es:

$$V_{A \text{ Total}} = 278,317.2 \text{ m}^3 *$$

III.3.2 Estrategias para periodo de estiaje

Agua de pozo

Como se indicó en el estudio de localización, existe un pozo de agua en la zona de la central de abasto, es el pozo número 28 de la dirección territorial centro de la delegación Iztapalapa, denominado “San Lorenzo Tezonco”, se encuentra en el costado oriente de la estación de transferencia de basura de la central de abasto (Figura III-14), al norte del conjunto. Este pozo extraerá agua desde 2000 m de profundidad, con un gasto de 50 m³/s constante durante 10 o 15 años. Según estudios realizados al depósito, el efluente requiere ser tratado debido a que la temperatura del agua es de 48°C y no puede distribuirse a esa temperatura. Es factible utilizar el sistema de tratamiento del proyecto de aguas pluviales para potabilizar el agua, haciendo algunas adecuaciones, lo que generaría un ingreso extra para la temporada de estiaje.



Figura III-14. Pozo San Lorenzo Tezonco Ubicado a un costado de la central de Abasto (DGSU 2012)

Agua de garzas

Si existiera el caso en que se vaya a distribuir agua potable mediante pipas de agua, propias, durante la temporada de estiaje otra opción para mantener los ingresos al proyecto es utilizar estos camiones del sistema de distribución para vender agua potable comprada en las garzas (Figura III-15) de la delegación.



Figura III-15. Sistema de garzas para abastecimiento de pipas de agua (DGSU 2012)

III.3.3 Sistema de tratamiento

El tratamiento se diseñará para que el agua sea apta para consumo humano, por lo que debe de cumplir con las normas correspondientes, en este caso la NOM-127-SSA1-1994. Así se deberá de analizar el agua pluvial captada por el sistema de techumbres, en busca de los parámetros establecidos por dicha norma. Para la puesta en marcha del proyecto los parámetros del sistema de tratamiento, la calidad del agua y del tren de tratamiento en sí, deberán probarse experimentalmente, para comprobar su certeza y efectividad. El tratamiento comprenderá los procesos que se muestran a continuación, elegidos de acuerdo a lo expuesto en el Capítulo 0, considerando las condiciones del sitio en estudio.

Rejillas

La zona de bodegas de abarrotes, víveres, frutas y legumbres, que engloba al 70% de las superficies de captación cuenta con un sistema de bajadas pluviales, que utilizan canaletas laterales para recibir el agua de los techos en forma de dos aguas (Figura III-16) para conducirla hacia las alcantarillas que no permiten el paso de materiales mayores a 1 cm por las bajadas pluviales, hechas con tuberías de acero de 6 ½". Este sistema facilita la acumulación de residuos de todo tipo en las canaletas, lo que disminuye la capacidad de desagüe de las tuberías y decrece la calidad del agua captada. Por lo tanto se propone un sistema de rejillas formadas con malla de polietileno sobre las canaletas para evitar contaminación.

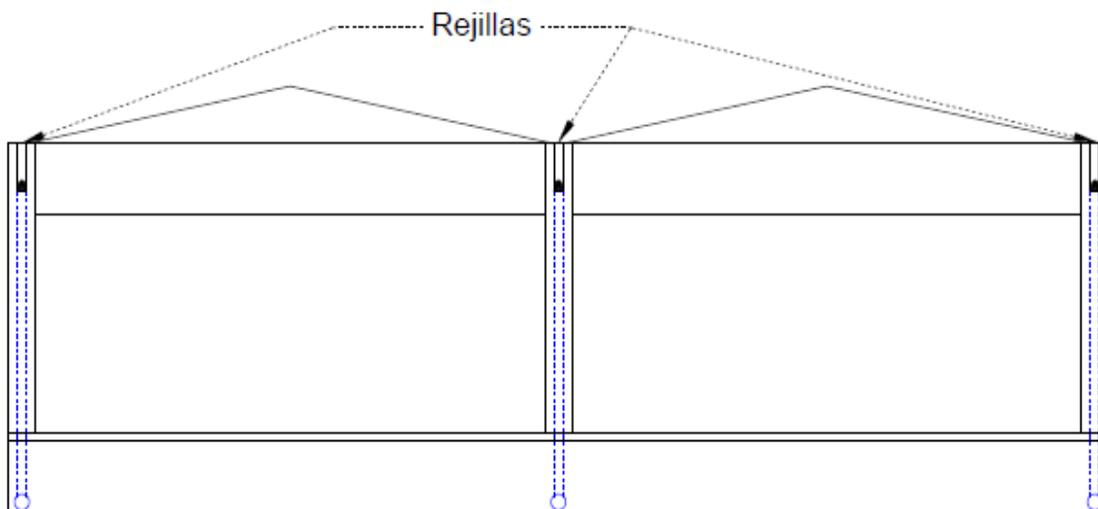


Figura III-16. Detalle de bajadas pluviales en bodegas

Total= \$ 74,800.00 pesos/10 años*

Divisor de primer flujo

Se implementarán estos sistemas a las tuberías de bajada para evitar que lleguen sedimentos al sistema de tratamiento, se instalarán en cada bajada pluvial tomando en cuenta las características de la zona de abarrotos que son del tipo de la mayoría, cada una de estas conduce el agua captada de un área de 150 m² aproximadamente; se separarán los primeros .05 mm de lluvia, que producen un volumen de 7.5 L (Figura III-17).

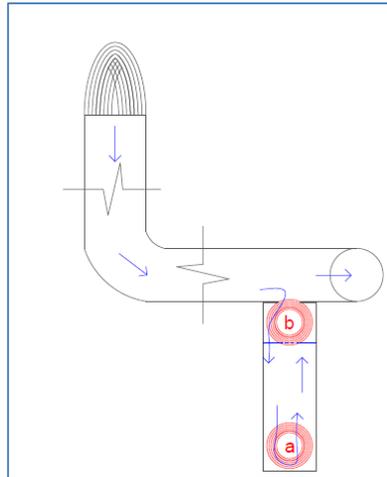


Figura III-17. Divisor de flujo, con pelota flotante de posición a hacia b

Total= \$ 312,800.00 pesos*

Conducciones

Sólo se considerarán las conducciones horizontales para trasladar el agua hacia el sistema de tratamiento, ya que la mayor parte de las edificaciones existentes cuentan con tuberías verticales de bajada de aguas pluviales, que al llegar a nivel de piso son conducidas al drenaje de aguas negras o a los patios de maniobras. Se realizó un arreglo estimado de las tuberías (Figura III-18); en caso de la implementación del proyecto se deberán de trazar de la manera más óptima y se deberán diseñar conforme a los parámetros de las normas aplicables. Como material se eligieron conducciones de polietileno de alta densidad por sus buenas características de durabilidad y precio.

Se obtiene un total por tuberías de \$ 23, 469,750.25 pesos*



Figura III-18. Acomodo de tuberías para conducción de agua pluvial

Volumen del tanque de almacenamiento de agua cruda

Este tanque se diseñará para que tenga una independencia de doce horas, por lo que se considera la precipitación promedio de 24 horas del plano de isoyetas para el periodo de retorno de 2 años. Se obtuvo un volumen de almacenamiento $V_{TR}=9,000m^3$ * con las siguientes dimensiones, 5 m de profundidad, 30 m de ancho y 60 m de largo. Se ubicará en el terreno descrito en el apartado III.1.

Total= \$ 1, 302,500.00 pesos*

Floculación y sedimentación

Se añadirá sulfato de cobre en su forma pentahidratada ($CuSO_4 \cdot 5H_2O$) antes del ingreso al tanque de almacenamiento de agua cruda, como coagulante y floculante, que también fungirá como desinfectante, pero ya que la presencia de cloro residual es necesaria también se añadirá éste último. Se deberá de diseñar la dosis a partir de datos experimentales para determinar si el Sulfato de Cobre es suficiente para desinfectar el agua, pero esto dependerá de la calidad del agua. En este análisis solo se considerará que se debe alcanzar una concentración de 0.5 mg/L.

Total= \$ 16,834.00 pesos/año*

Si se utiliza agua de pozo el total extra sería de \$ 95,380.00 pesos/año* que dependerá de qué cualidades tenga el agua extraída.

Dispositivo para almacenamiento y dosificación.

Serán tanques de poliéster reforzado con fibra de vidrio, con recubrimiento de PVC en el interior para evitar corrosión, de forma cilíndrica, y con un sistema de dosificación automática, para que la concentración final sea correcta.



- Tanque de 1 m³ → \$ 15,000 pesos.
- Tanque de 5 m³ → \$ 42,400 pesos.
- Dispositivo dosificador → \$ 5,000 pesos

Se utilizará el de 5 m³ para el hipoclorito, en caso de que se use agua del pozo, y el de 1 m³ cuando solo se trate agua pluvial y para el Sulfato de Cobre.

Volumen del tanque de almacenamiento de agua potable

Este tanque se construirá solo en el caso que la distribución de agua se realice utilizando pipas de agua y solo se propondrá un tanque con una independencia de menos de una hora con el gasto de diseño, ya que el sistema de pipas deberá de funcionar constantemente, será de $V_{TT}=500 \text{ m}^3$ con profundidad de 5 m, ancho de 10 m y largo de 10 m.

Total= \$ 200,000.00 pesos*

Filtración

Se realizará una filtración rápida por gravedad, con un filtro multimedia, compuesto por antracita, arena sílica y grava sílica; distribuidos granulométricamente según diseño. El filtro se dimensionará para el gasto de diseño, pero puede tratar un gasto menor, con una eficiencia mucho mayor. Su gasto de diseño contemplará el agua extra que brinda el agua de pozo por lo que será de 250 l/s

Total por material filtrante → \$ 361,020.41 pesos/3 años*

Total por construcción del filtro= \$ 108,250.00 pesos*

Desinfección

La desinfección se llevará a cabo por medio de la adición de Sulfato de Cobre, en manera de lo posible, pero eso deberá determinarse experimentalmente, aun con ese compuesto debe alcanzarse una concentración de Cloro residual, dentro de los límites establecidos por la Nom-127-SSA1-1994 de 0.2 a 1.5 mg/l para lo que se utilizará NaOCl Hipoclorito de Sodio, con el objetivo de alcanzar 1.5 mg/l de Cloro libre o sin reaccionar. Para este análisis se tomará en cuenta que solo se tiene que adicionar el cloro residual.

La concentración necesaria dependerá directamente de la cantidad de los contaminantes que reaccionen con el Cloro y con el Sulfato de Cobre, a parte de la efectividad de ambos. En este proceso del tren de tratamiento, por lo que esta concentración puede tener muchas variaciones a lo largo de la vida útil del sistema y para su puesta en marcha deberá de calcularse experimentalmente en condiciones iguales a las del proyecto. El tiempo de contacto de cloro se podrá regular en el tanque para almacenamiento de agua tratada.

Total= \$ 68,309.54 pesos/año*

Si se utiliza agua de pozo el total extra sería de \$ 386,584.19, pesos/año* que dependerá de qué características tenga el agua extraída.

Distribución

El sistema propuesto no se encargará de distribuir el agua a los usuarios, después del tren de tratamiento el agua pasará al tanque de almacenamiento de agua tratada y a partir de este punto la entrega dependerá del modo de venta.

Si el servicio es prestado al SACMEX, ellos se encargarán de bombear el agua desde el tanque de agua tratada hacia el consumidor final. Si el agua tratada se vende a repartidores de pipas particulares, la entrega se realizará mediante una garza que se instalará en una zona de fácil acceso para las pipas de agua.

III.4 Estudio de Mercado

III.4.1 Consumidor

Para poder conocer al consumidor y sus hábitos, se investigaron fuentes del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), para conocer los principales indicadores relacionados con el suministro de agua potable en la demarcación Iztapalapa (Tabla III-1), de los cuales sobresalieron los siguientes:

Indicadores de Vivienda y Urbanización en la delegación Iztapalapa	Fuente	
Total de viviendas particulares habitadas, 2010	460,691	INEGI
Tomas domiciliarias de agua entubada, 2010	252,975	CNA

Tabla III-1. Datos de sistema de distribución de agua en la delegación Iztapalapa (INEGI 2010)

Con los datos anteriores se puede determinar que el 54% de las viviendas particulares habitadas no cuentan con abastecimiento de la red de agua potable de la Ciudad de México, lo cual después de hacer una investigación más detallada se pudo desmentir. En la delegación Iztapalapa muchas de las casas son desarrollos irregulares, y en las casas donde existía una toma de agua individual, ahora habitan varias familias dentro del mismo predio, los habitantes no piden una toma individual por vivienda debido a los costos de regularización e instalación; prefiriendo consumir el agua de la toma con la que contaba la vivienda antes de la subdivisión (Figura III-19).



Figura III-19. División actual de lotes originales en delegación Iztapalapa.

Los indicadores de la Tabla III-1 no funcionan para determinar la demanda de los consumidores, pues como se demostró anteriormente los datos de número de tomas

contra el número de viviendas no son consistentes; sin embargo sirven para hacer notar la deficiencia del sistema de abastecimiento en la zona.

Se recurrió al departamento de agua potable de la delegación Iztapalapa, ya que cuenta con un sistema de reparto de agua con pipas de 10 m³, solicitadas directamente por los ciudadanos.

Demanda de pipas anual 10 m ³ 2012						
ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO
13565	11088	16722	13930	12293	11422	10998
AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	TOTAL	
13520	13378	15824	13693	14850	161283	

Tabla III-2. Totales del informe anual por colonias 2012 (DGSU 2012)

El total de viajes de agua con pipas (Tabla III-2), se puede considerar como demanda de agua insatisfecha por el sistema de agua potable del Distrito Federal, así se afirma que existe una demanda anual de 1,612,830 m³, cinco veces mayor que el agua cosechada por el sistema propuesto. De esta forma es coherente tomar en cuenta que toda el agua producida será demandada por la población.

La demanda indicada anteriormente es la mínima, ya que los viajes de agua comprados a particulares, y las zonas de tandeos (Figura III-20) no están consideradas pero forman parte de la demanda insatisfecha, pues no cuentan abasto constante del recurso ya que en algunas zonas solo tienen servicio una vez a la semana.

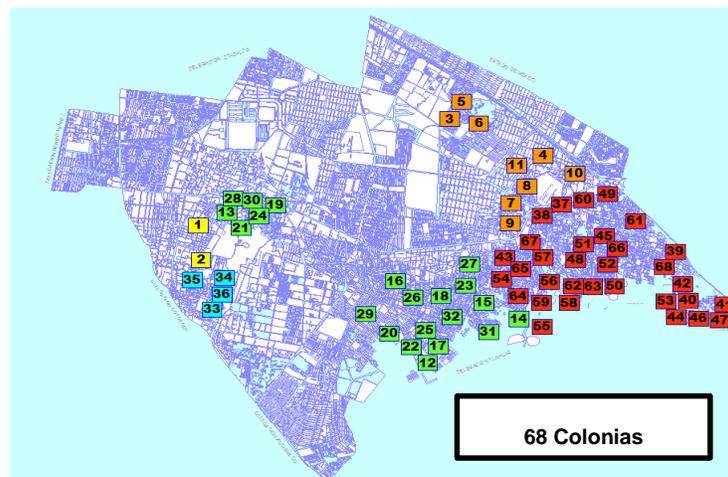


Figura III-20. Colonias abastecidas con tandeos (DGSU 2012)

III.4.2 Competencia

Actualmente la delegación Iztapalapa no abastece completamente a su población mediante el sistema de la red de agua potable por diferentes motivos, por lo que tiene que suministrar un volumen de agua potable de 1,612,830 m³ con pipas de agua que son gratuitas para el contribuyente, pero con algunos inconvenientes.

En el sistema de reparto con pipas el tiempo de espera para recibir una pipa de agua puede llegar a ser de más de dos días, ya que el sistema está saturado y reparten preferentemente a unidades habitacionales; situación que ha creado intermediarios que se encargan de pedir el servicio a la delegación, para después vender a los usuarios el agua y por lo tanto el servicio deja de ser gratuito. Adicionalmente, el sistema actual de pipas crea una gran huella de carbono por la cantidad de viajes y la poca eficiencia de las unidades.

Un inconveniente del sistema de agua potable de la delegación es que la calidad del agua distribuida no está garantizada, debido principalmente a que varios pozos que necesitan una planta potabilizadora no la tienen (Figura III-21), provocando así daños a la salud del consumidor y gran inconformidad por parte de la población.

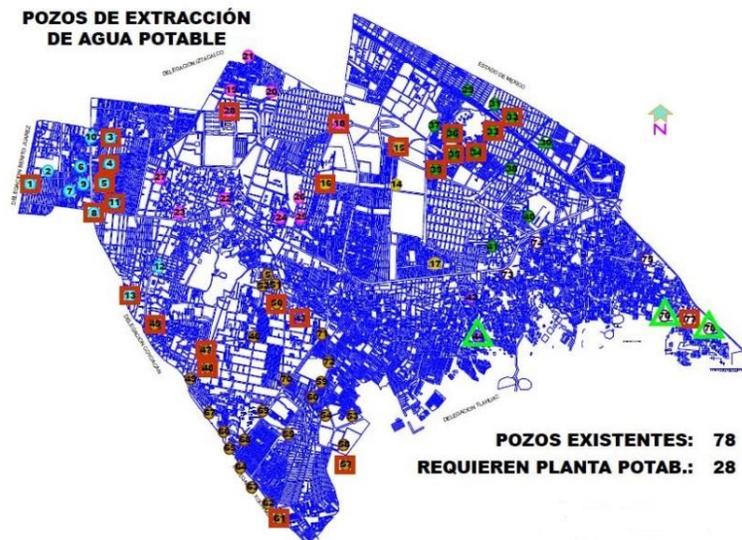


Figura III-21. Pozos de mala calidad, ■ Conectados a la red, ▲ Suspendidos por mala calidad (DGSU 2012)

En caso de vender agua potable a pipas de agua particulares, la competencia serían las garzas pertenecientes al Sistema de Aguas, los compradores para acceder a este servicio deben pertenecer al padrón del SACMEX, los afiliados deben de cumplir con el reglamento del organismo en relación a la desinfección de los vehículos, entre otras condiciones; pero tiene algunas desventajas pues aunque se puede elegir la garza que sea más conveniente teniendo en cuenta la distancia, éstas sólo laboran de 7:00 a 21:00

horas, y la atención es prioritaria para pipas oficiales por lo que el tiempo aproximado para el abastecimiento de una pipa de 10 m³ es de 3 horas.

Los problemas mencionados nos dan ventajas competitivas para el proyecto, pues si se logra mejorar las debilidades del sistema de agua potable actual, entonces el proyecto tendrá mayor probabilidad de implementarse.

III.4.3 Comercialización y distribución

El precio de mercado del agua potable depende de cómo se distribuye, y es muy variable ya que si el agua se reparte mediante la red de agua potable, el precio por metro cúbico para el usuario sin subsidios varía desde 21.71 \$/m³ para uso doméstico, hasta 38.37 \$/m³ para usos no domésticos y llegar a 46.04 \$/m³ por excedentes a la tarifa; pero el usuario paga según subsidios que van desde el 19% hasta 91% del total, según la actividad y la clasificación de la zona del inmueble (SACMEX, Tarifas de agua 2013 por los derechos de suministro de agua 2013).

Si el agua la compran los distribuidores de pipas de agua particulares al SACMEX, en alguna de las garzas para repartir agua potable, ellos deben adquirir vales por los derechos del agua con un precio de 50 \$/m³.

En la oficina de control de pipas de la delegación Iztapalapa, indicaron que el costo para el gobierno que genera cada pipa distribuida gratuitamente es de \$830.00 pesos por viaje con 10 m³, es decir 83.00 \$/m³. Por otro lado el precio en el mercado es de \$1,200.00 pesos por 10 m³, pero puede llegar a \$1,400.00 si la entrega es urgente y hasta \$2,000.00 si se distribuye entre varios consumidores. Así se pagan 120.00 \$/m³ regularmente y un máximo de 200.00 \$/m³ que implica mayor tiempo de repartición.

En este proyecto el agua puede comercializarse y distribuirse de dos maneras:

Venta al SACMEX

Se propone un proyecto de prestación de servicios de potabilización del agua de pozo y de obtención de agua pluvial, ambas organizadas por metro cúbico de agua entregada para bombeo y distribución por cuenta del SACMEX. Se determinó un precio de venta de tratamiento al sistema de aguas de 10\$/m³, y de 30\$/m³ de agua pluvial potabilizada, ambos calculados aproximadamente según los precios del mercado.

Venta a distribuidores de pipas de agua

Este esquema propone captar el agua de lluvia y después de potabilizarla, venderla a los distribuidores de pipas de agua particulares. Se determinó un precio de venta de agua potable para los distribuidores de pipas de agua particulares de 50 \$/m³ por ser el precio actual del mercado.

III.4.4 Proveedores

Los insumos no generan inestabilidad debido a que la oferta de los bienes o servicios es suficiente para la demanda actual en el Distrito Federal, por lo que difícilmente generarán problemas en el proyecto.

Elementos del sistema

Todos los materiales necesarios para implementar el tren de tratamiento planteado, desarrollar la infraestructura necesaria y los consumibles, se encuentran fácilmente en el Distrito Federal, a excepción del material filtrante que es más barato si se compra directamente en las minas, ya sea en el estado de Veracruz o Nuevo León, lo que no generará problemas ya que no es un insumo que tenga que comprarse periódicamente.

Agua potable

Si el agua para periodo de estiaje se obtiene del pozo cercano, se deberá de discutir con el SACMEX la política de prestación del servicio, para determinar el manejo del recurso.

III.5 Estudio de organización y operación

La operación comenzará con la revisión periódica de todas las instalaciones, para evitar que el sistema se obstruya con agentes infecciosos, como animales muertos, residuos o azolve, se deberán revisar las superficies de captación, canaletas, coladeras, tanques dosificadores, tanques de almacenamiento, y en su caso, las unidades de distribución. Esta revisión deberá realizarse al menos cada 20 días en temporada de estiaje, normalmente de noviembre hasta abril, y deberá ser semanalmente en época de lluvias. Deberán llevarse las acciones correctivas instantáneamente en caso de encontrar alguna irregularidad, por lo que existirá una cuadrilla de mantenimiento correctivo.

Se requiere de monitoreo constante de la calidad del agua proveniente del sistema de tratamiento, para comprobar el cumplimiento de los parámetros determinados por la norma NOM-127-SSA1-1994, siguiendo los plazos y procedimientos establecidos; es necesario verificar que los dosificadores de desinfectante y floculante-coagulante funcionen según el diseño, que el abasto de los materiales se realice según lo planeado, y que se tengan las concentraciones óptimas de estos compuestos, ya que si es muy baja o muy alta se tendrán repercusiones directas en la calidad del agua. Se debe verificar que el sistema de filtración funcione y se debe retro lavar según diseño. Debido a lo anterior, existirá una cuadrilla de operadores.

Si la venta es directa al SACMEX, la distribución estará a cargo de ellos, así como el mantenimiento y uso de las instalaciones que ocupen para la incorporación del efluente a la red de agua potable.

Se crearán oficinas (Figura III-22) en el terreno destinado al tratamiento, con un costo aproximado por construcción de infraestructura de: \$120,000.00 pesos

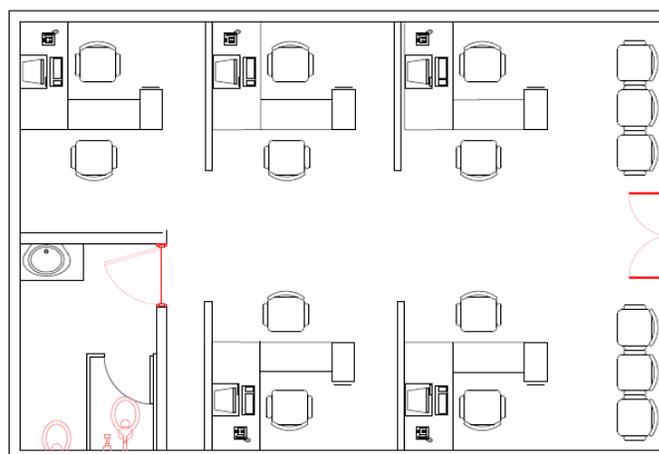


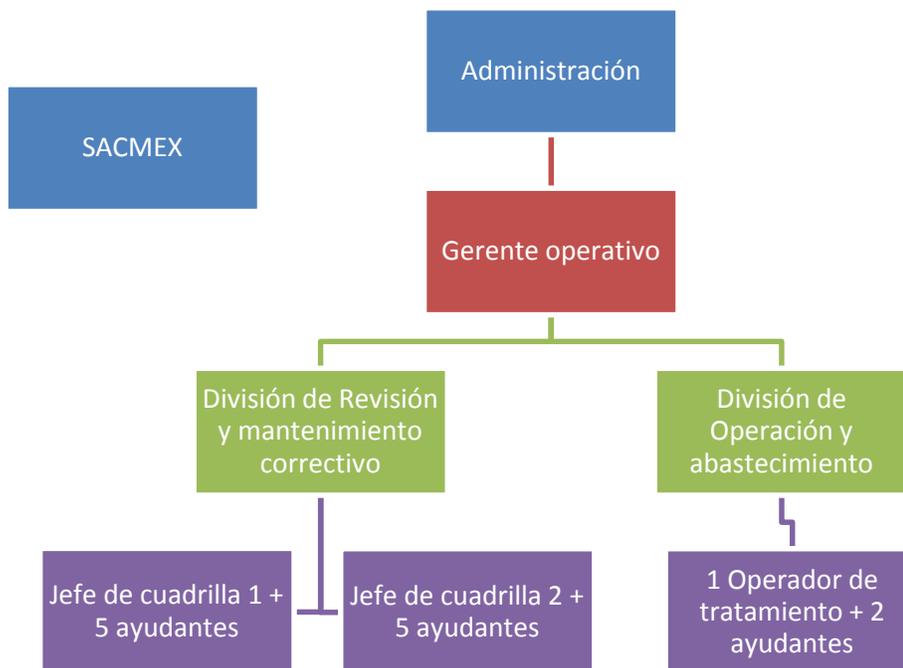
Figura III-22. Planta de oficinas

Gastos de oficina: \$ 5,000 pesos mensuales

Distribución de agua por medio de venta a pipas particulares

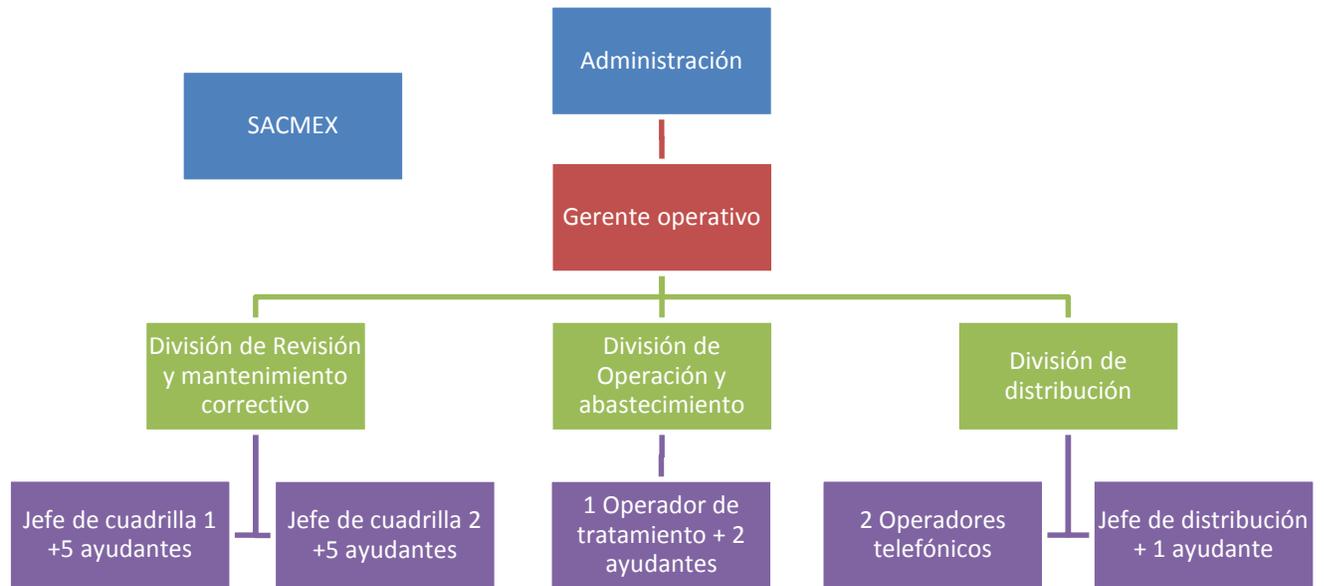
Habrá un jefe de distribución que estará encargado de llevar un registro de las ventas, verificar el estado de las unidades y ordenarlas según prioridad. Los operadores telefónicos estarán encargados de recibir pedidos, así como mantener al tanto de ellos al gerente de operación y al jefe de distribución, evitando problemas en el llenado de pipas.

- *Organigrama, para venta directa al sistema de aguas de la Ciudad de México*



Total por salarios mensuales: \$ 52,300.00 pesos

- *Organigrama, para venta a distribuidores de pipas de agua.*



Total por salarios mensuales: \$ 79,700.00 pesos

III.6 Factores de riesgo que afectan el proyecto

El proyecto se podría ver afectado por los siguientes factores:

Disminución de la demanda de pipas de agua

Si el servicio de agua potable de la red mejora de manera radical, la repartición con pipas podría dejar de ser necesaria, las ventas por medio de ese sistema podrían reducirse gradualmente hasta desaparecer, lo que reduciría los ingresos al proyecto.

Escasez de lluvia

El calentamiento global y los cambios climáticos que trae de la mano, como sequías o lluvias extremas hacen que la confiabilidad de los datos hidrológicos baje; generando problemas para los programas de operación, o en caso de sequías se reduzca el volumen anual de precipitación lo que disminuiría los ingresos del proyecto.

Fallas en el pozo

Si el proyecto utiliza como estrategia de estiaje el pozo, en caso de que existiera un evento que interrumpiera la extracción de agua el desabasto a nuestro sistema repercutiría directamente en el rendimiento y la rentabilidad del proyecto.

Aumento en el precio de los insumos

Si alguno de los insumos con los que trabaja el sistema aumenta de precio de manera sustancial, la repercusión en el proyecto debe de valorarse para definir si puede sustituirse lo que podría generar cambios en el proyecto, o si su uso es indispensable entonces afectaría los egresos y disminuiría la rentabilidad del proyecto.

III.7 Análisis Financiero

Los casos se considerarán optimistas, lo que significa que las ventas y la demanda serán las esperadas, del mismo modo los riesgos se tomarán bajos, por lo que no se aplicarán factores que cubran los efectos adversos que podrían generar. Para implementar el proyecto se deberán de analizar escenarios pesimistas y aplicar algunas estrategias que cubran los riesgos del proyecto.

III.7.1 Caso A

En este caso se considera que el efluente del pozo “San Lorenzo Tezonco”, es trasladado por el SACMEX hacia el tanque de almacenamiento de agua cruda y tratado en conjunto con el agua pluvial captada. Se cobra por volumen potabilizado al SACMEX como un proyecto de prestación de servicios, mientras que el agua captada o el volumen anual correspondiente a ésta se vende a distribuidores privados de pipas de agua potable, pero se manejará con volúmenes anuales, así en la temporada de estiaje se venderá agua tratada extraída del pozo a los distribuidores de pipas lo que se recompensará al SACMEX en temporada de lluvias cuando el gasto que se entregue sea mayor al extraído del pozo, por lo que se realizará un ajuste anual del volumen con la institución.

Ingresos

+ <i>Ingresos de Operación</i>	\$29,683,860.00	<i>Pesos / anuales</i>
--------------------------------	-----------------	------------------------

Egresos

– <i>Infraestructura necesaria</i>	\$29,528,100.25	<i>Pesos / Proyecto</i>
------------------------------------	-----------------	-------------------------

– <i>Costos de administración</i>	\$1,046,400.00	<i>Pesos / anuales</i>
-----------------------------------	----------------	------------------------

– <i>Costos de tratamiento</i>	\$687,447.87	<i>Pesos / anuales</i>
--------------------------------	--------------	------------------------

Detalle en Anexo A

Consideraciones del Caso A

Precios de venta:

- Metro cúbico de tratamiento para potabilización de agua del pozo para el SACMEX \$10.00
- Metro cúbico de agua pluvial potable para distribuidores de pipas particulares \$50.00

Periodo de análisis:

Se eligió la evaluación del proyecto a cinco años, pues es un buen plazo para observar el comportamiento del proyecto y parece que no requerirá de más tiempo para madurar porque tiene ingresos constantes debido al tratamiento del agua de pozo.

Proceso de construcción:

Se considera que la construcción del sistema de tratamiento comienza en enero y dura dos meses ya que sólo se construyen las estructuras necesarias para poder tratar el gasto del pozo, y así evitar grandes desembolsos de dinero en el inicio, al llegar al mes de julio (séptimo mes del proyecto) comienza la construcción del tanque de almacenamiento de agua cruda, sistema de tuberías y todos los elementos del sistema de captación; con el objetivo de realizar todo lo necesario en diez meses y poder comenzar a captar y tratar el agua en el inicio de la temporada de lluvias en mayo (Tabla Anexo A - 2).

Comienzo de operación:

Se tomó en cuenta que la operación inicia en el tercer periodo, con el tratamiento del agua de pozo por lo que los ingresos son sólo los obtenidos por ese rubro, los gastos de oficina y los salarios se consideran la mitad de lo calculado por no estar a toda su capacidad de trabajo y hasta que termina la construcción de los demás elementos del sistema a partir del periodo diecisiete, los gastos y las ganancias son las calculadas.

Amortización:

Se aplicó una amortización del 33% de la utilidad, pero esta podrá cambiar al implementarse el proyecto según lo que sea más económicamente óptimo. También dependerá de la preferencia del encargado del proyecto y del prestamista.

Compra de insumos:

Los insumos para el tratamiento se comprarán mensualmente, a excepción de los medios filtrantes, para los cuales el tiempo de vida es de tres años.

Pago de impuestos:

Se consideró un aproximado para el pago de impuestos del 20% de la utilidad, en caso de implementar el proyecto este cálculo deberá de ser realizado según lo establecido por la Secretaria de Hacienda y Crédito Público, y deberán de buscarse incentivos según lo establecido en la ley de Aguas del Distrito Federal; ya sea por medio de la exención de impuestos, mediante concesiones para el uso del terreno o alguna otra opción.

Préstamo:

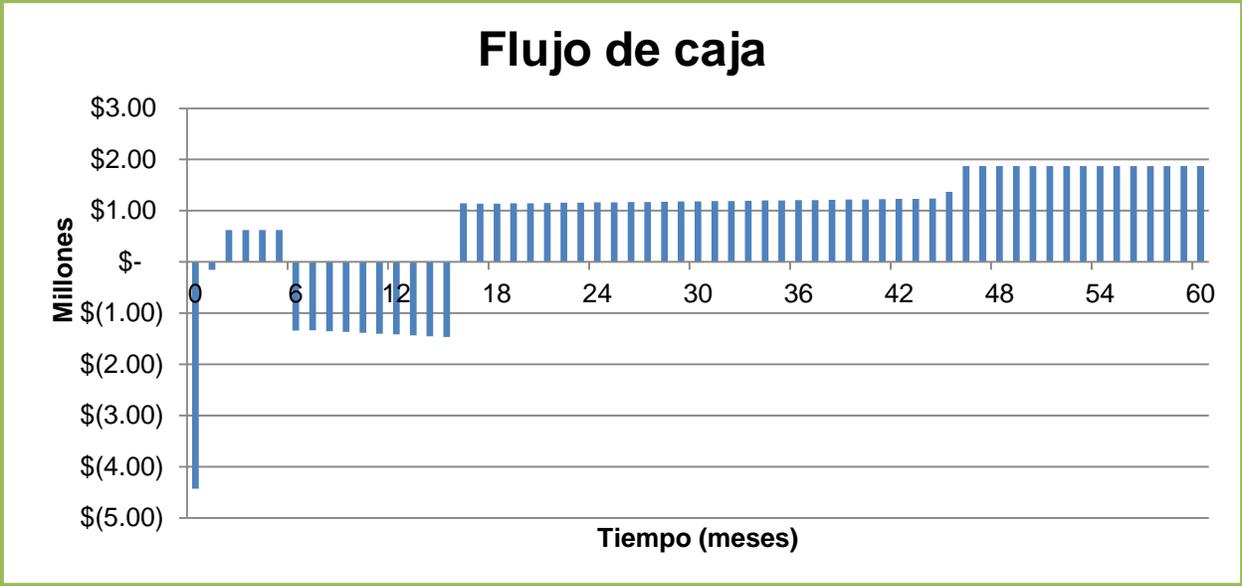
Se consideró una tasa de interés del 14% por ser una tasa común en el mercado y se propuso un programa de préstamo aproximado, mostrado en la tabla de flujo de caja del caso A (Anexo B). En caso de implementar el proyecto se deberán de confirmar los montos de préstamo y la tasa de interés, buscando que sea menor que la proyectada. Se tomó en cuenta que los intereses generados se pagan puntualmente después del periodo en el que se generaron cuando hubo utilidad de operación.

Tasa de inflación:

Se utilizó la tasa de inflación anual de 4.48, publicada por el Banco de México (BANXICO) a partir de los datos del Índice Nacional de Precios al Consumidor (INPC). Calculada en enero del 2014.

Flujo de caja

Se realizó tomando en cuenta las consideraciones antes mencionadas y con datos proporcionados por los estudios desarrollados en el presente trabajo.



*Desarrollo del flujo de caja en Anexo B

Se obtuvieron los siguientes resultados de la corrida financiera:

Monto del préstamo: \$ 18,855,000.00

Valor presente neto (VPN): \$ 37,736,472.05

Tasa interna de retorno: 5.0 %



Se observa que el punto de equilibrio del proyecto se encuentra en el periodo 30, que es a la mitad del proyecto, se encuentra un poco desplazado del inicio de proyecto debido a que la construcción de los elementos que generan mayores desembolsos terminó en el periodo 16. Se puede notar el cambio de pendiente en el periodo 46 que sucede porque se termina de amortizar el préstamo.

El VPN, resultó mayor que el monto de inversión, por lo que el proyecto es rentable. Pero el tiempo de retorno de la inversión es grande, así la Tasa Interna de Retorno (TIR) del proyecto resulta baja, pues regularmente las TIR que prefieren los inversionistas son del 12 al 15% para proyectos de infraestructura.

Se debe buscar una TIR más atractiva, mejorando las condiciones del proyecto, por ejemplo; si se consigue la concesión del terreno sin pagar, se evita el pago de mantenimiento a la FICEDA terreno como parte de un programa de apoyo del gobierno del Distrito Federal por utilizarse agua pluvial y se capta solamente el agua de las bodegas del tipo de abarrotes, que están más concentradas, reduciendo el costo de las tuberías hasta un 30%, aunque disminuyan los ingresos también en el mismo porcentaje aproximadamente, ya que representan el 70% de las superficies de captación se tendrían los siguientes resultados:

VPN: \$37,650,298.20

TIR: 15.1%

Estos resultados son más atractivos para los inversionistas y sólo requirieron de cambios en la logística y los apoyos al proyecto optimizándolo. Así para implementar el proyecto se deberán tomar en cuenta todas las oportunidades de optimizar.

III.7.2 Caso B

En este caso se considera que se trata solamente el agua pluvial captada, la mayor cantidad posible de ella se vende a distribuidores de pipas de agua particulares, que corresponde aproximadamente a 760 m³ diarios solamente en temporada de lluvia y el resto se vende al SACMEX, para ser distribuido en la central de abasto o en las colonias aledañas.

Ingresos

+ <i>Ingresos de Operación</i>	\$11,085,516.00	<i>Pesos / año</i>
--------------------------------	-----------------	--------------------

Egresos

- <i>Infraestructura necesaria</i>	\$29,528,100.25	<i>Pesos / Proyecto</i>
- <i>Costos de administración</i>	\$717,600.00	<i>Pesos / año</i>
- <i>Costos de tratamiento</i>	\$205,483.68	<i>Pesos / año</i>

Detalle en Anexo B

Consideraciones del Caso B

Precios de venta:

Metro cúbico de agua pluvial potable para el SACMEX \$30.00

Metro cúbico de agua pluvial potable para distribuidores de pipas particulares \$50.00

Periodo de análisis:

Se eligió la evaluación del proyecto a quince años, porque a comparación del Caso A en este no hay ingresos durante todo el año y eso repercute de gran manera en el tiempo de recuperación de la inversión.

Proceso de construcción:

Se considera que la construcción del sistema de tratamiento comienza en julio y dura diez meses ya que se construyen en este lapso el proyecto completo, y aunque genera grandes desembolsos de dinero en el inicio, es la única forma de llegar a tener los ingresos programados y poder comenzar a captar y tratar el agua en el inicio de la temporada de lluvias en mayo del siguiente año (Tabla Anexo A - 2).

Comienzo de operación:

Se tomó en cuenta que la operación inicia en el onceavo periodo, los gastos de oficina y los salarios se consideran completos desde el principio por estar a toda su capacidad de trabajo, los gastos y las ganancias se calculan como las partes proporcionales de lo que se captará cada mes; según la altura de precipitación promedio de cada mes (Tabla III-3).

<i>Precipitación Normal Mensual [mm]</i>	<i>Ene</i>	<i>Feb</i>	<i>Mar</i>	<i>Abr</i>	<i>Mayo</i>	<i>Jun</i>	<i>Jul</i>	<i>Ago</i>	<i>Sept</i>	<i>Oct</i>	<i>Nov</i>	<i>Dic</i>
	7.6	6.6	8.2	21	53	112.7	124.7	107.3	95.8	53.7	18.2	10.6
<i>Porcentaje del anual</i>	1.23%	1.07%	1.32%	3.39%	8.56%	18.20%	20.13%	17.32%	15.47%	8.67%	2.94%	1.71%

Tabla III-3. Porcentaje mensual del volumen anual de precipitación

Amortización:

Se aplicó una amortización del 67% de la utilidad, pero esta podrá cambiar al implementarse el proyecto según lo que sea más económicamente óptimo. También dependerá de la preferencia del encargado del proyecto y del prestamista.

Compra de insumos:

Los insumos para el tratamiento se comprarán proporcionalmente cada mes (Tabla III-3), a excepción de los medios filtrantes, para los cuales el tiempo de vida es de tres años.

Pago de impuestos:

Se consideró un aproximado para el pago de impuestos del 20% de la utilidad, en caso de implementar el proyecto este cálculo deberá de ser realizado según lo establecido por la Secretaria de Hacienda y Crédito Público, y deberán de buscarse incentivos según lo establecido en la ley de Aguas del Distrito Federal; ya sea por medio de la exención de impuestos, mediante concesiones para el uso del terreno o alguna otra ayuda.

Préstamo:

Se consideró una tasa de interés del 14% por ser una tasa común en el mercado y se propuso un programa de préstamo aproximado, mostrado en la tabla de flujo de caja del caso B (Anexo B). En caso de implementar el proyecto se deberán de confirmar los montos de préstamo y la tasa de interés, buscando que sea menor que la proyectada. Se tomó en cuenta que los intereses generados se pagan puntualmente después del periodo en el que se generaron cuando la utilidad de operación es mayor al monto de los intereses.

Tasa de inflación:

Se utilizó la tasa de inflación anual de 4.48, publicada por el Banco de México (BANXICO) a partir de los datos del Índice Nacional de Precios al Consumidor (INPC). Calculada en enero del 2014.

Flujo de caja

Se realizó tomando en cuenta las consideraciones antes mencionadas y con datos proporcionados por los estudios desarrollados en el presente trabajo.



*Desarrollo del flujo de caja en Anexo B

Se obtuvieron los siguientes resultados de la corrida financiera:

Monto del préstamo: \$ 30,998,000.00

Valor presente neto (VPN): \$ 13,354,448.20

Tasa interna de retorno: 0.74%



Se observa que el punto de equilibrio del proyecto se encuentra en el periodo 131, que es a más de dos terceras partes de la duración del proyecto. Se encuentra tan desplazado del inicio de proyecto debido a que los desembolsos de la construcción no logran pagarse antes por la gran diferencia que existe entre ingresos y egresos. Y las entradas fuertes al proyecto son solo cada seis meses, lo que provoca que el proyecto no se vea muy lucrativo,

La gráfica del flujo acumulado no tiene una tendencia lineal, y esto es debido a que los ingresos no son constantes. Se puede notar el cambio de pendiente en el periodo 120 ya que ahí se terminó de amortizar el préstamo.

El VPN, resultó menor que el monto de inversión, por lo que el proyecto no es rentable pues aunque sea mayor que cero, sería más conveniente invertir el dinero en otros proyectos que den mayor rendimiento, y que tengan menos riesgos. El tiempo de retorno de la inversión es muy grande, así la Tasa Interna de Retorno (TIR) del proyecto resulta demasiado baja como para atraer a los inversionistas.

Se debe buscar mayor rentabilidad, mejorando las condiciones, así se pueden buscar condiciones como en el caso anterior; la concesión del terreno sin pagar, captar solamente el agua de las bodegas tipo abarrotes, mejorar la tasa de interés del préstamo, reducir gastos de oficinas, bajar el volumen de almacenamiento, teniendo los siguientes resultados:

VPN: \$26,918,299.33

TIR: 1.35%

Aun con todas las modificaciones propuestas, el proyecto está muy lejos de ser llamativo para un inversionista privado, pero puede que esta opción se tome en cuenta por algún ente que analice los beneficios a la población, como el gobierno y su análisis deberá verse por un enfoque más social que financiero.

IV Conclusiones y Recomendaciones

IV.1 Conclusiones

Después de analizar la opción de implementar un sistema de aprovechamiento de agua pluvial en la Central de Abasto de la Ciudad de México, los resultados de los análisis financieros, apoyados en los estudios realizados en el presente trabajo, se determina que para implementar un sistema de captación y tratamiento de aguas pluviales en macro-edificaciones que sea rentable, económicamente autosuficiente y que funcione como proyecto de inversión, es necesario que cuente con estrategias que promuevan su uso constante durante todo el año como generador de ingresos.

Se presentó el análisis del caso en la Central de Abasto de la Ciudad de México, con el cual se obtuvo una guía práctica que puede utilizarse para desarrollar proyectos de captación pluvial en macro-edificaciones, como solución para aprovechar los recursos pluviales de cualquier sitio que cumpla con las condiciones establecidas.

En el caso de estudio, el apoyo de la administración de la Central de Abasto de la Ciudad de México, que tiene como órgano rector al FICEDA, es indispensable para mejorar la factibilidad que tiene el proyecto para ponerse en marcha. También el Sistema de Aguas de la Ciudad de México deberá de proporcionar los elementos indispensables, como la disponibilidad del efluente del pozo, para un proyecto de prestación de servicios público privados.

Se pudo demostrar que es factible implementar sistemas de captación de agua pluvial, que la tecnología existente para llevarlo a cabo no tiene complicaciones y puede desarrollarse en lugares con capacidad técnica relativamente baja. Sin embargo para obtener su rendimiento óptimo se deben de tomar en cuenta todos los factores descritos.

IV.2 Recomendaciones

Se recomienda buscar los requerimientos de agua de las industrias aledañas para diseñar el tratamiento de agua, según las necesidades y así no tener que limpiar el agua hasta un grado de consumo humano y generar un proceso de tratamiento más económico y óptimo según el uso.

Se debe de recopilar toda la información característica del agua pluvial, según los parámetros establecidos por la NOM-SSA-127-1994, para detallar el diseño del tren de tratamiento, y una vez diseñado se deberán de probar experimentalmente para determinar si el tren propuesto es el adecuado.

Se recomienda realizar un experimento detallado del tren de tratamiento propuesto para comprobar que se alcanzan satisfactoriamente los parámetros establecidos por la norma NOM-SSA-127-1994, a la salida de la planta de tratamiento.

Se sugiere analizar la posibilidad de diseñar sistemas de tratamiento no centralizados, por cada sección de captación pluvial, los cuales deberán de ser muy económicos y necesitar poco mantenimiento para notar las diferencias en el rendimiento del proyecto, también deberá de buscarse la demanda de agua puntual debajo de las zonas de captación, para evitar costos por la compra e instalación de conducciones.

Se recomienda hacer un análisis de factibilidad para determinar si es posible tratar las aguas grises o negras del lugar, ya sean provenientes de algún proceso de lavado de productos o alguna fuente que no contenga demasiados contaminantes, esto en pro de buscar fuentes de agua y modificar los procesos del sistema de tratamiento para que funcione como planta de tratamiento de aguas grises o negras provenientes del sitio y que de esta manera el proyecto no sólo funcione en temporada de lluvias.

Se recomienda revisar la relación entre el gasto de diseño del sistema de tratamiento y el tamaño de tanque de almacenamiento de agua cruda así como de las tuberías, para dimensionarlos óptimamente según parámetros de diseño más cercanos a la realidad.

Bibliografía

- Albinas hotel. Consultado el 09/01/2014, en <http://albinashotel.com/wp-content/uploads/2012/08/yere-batan-sarnici.jpg>
- Aparicio. (2010). Fundamentos de hidrología de superficie. México D.F.: Limusa.
- ARCSA, American Rainwater Catchment Systems Association (2008). Draft Rainwater Catchment Design and Installation Standards. Austin, TX.
- B. Helmreich, H. Horn. (2009). Opportunities in rainwater harvesting. Desalination (248), 118–124.
- CONAGUA, Comisión Nacional del Agua. (2009). Semblanza Histórica del Agua en México. México D.F.: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
 - (2011). Estadísticas del Agua en México.
 - (2012). Estadísticas del Agua en México.
- David B. Misstear, John P. Murtagh, Laurence W. Gill. (2012). The Effect of Dark Periods on the UV Photolytic and Photocatalytic Disinfection of Escherichia coli in a Continuous Flow Reactor. Journal of Solar Energy Engineering(135), 9 páginas
- DGCOH, Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica. (1982). Manual de hidráulica urbana. México D.F.: Departamento del Distrito Federal, Secretaria de Obras y Servicios.
- DGSU, Dirección General de Servicios Urbanos. (2012). Informes de viajes de agua potable. México D.F.: Delegación Iztapalapa.
- FICEDA, Fideicomiso de la Central de Abasto. (2013). Planta del conjunto.dwf. México D.F.: FICEDA.
- Gómez-Couso, H. (2012). Speeding up the solar water disinfection process (SODIS) against Cryptosporidium parvum by using 2.5 l static solar reactors fitted with compound parabolic concentrators (CPCs). Acta Tropica, 124, 235-242.
- INEGI, Instituto Nacional de Geografía y Estadística. (2010). México en cifras. Consultado el 08/12/2013, en <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx?e=09>

- John Gould, Erik Nissen-Petersen. (1999). Rainwater Catchment Systems for Domestic Supply: design, construction and implementation. Londres: Intermediate Technology Publications.
- Mays, Larry W. (2010). Ancient Water Technologies. Dordrecht Heidelberg London New York: Springer.
- Mechell J., B. Kniffen, B. Lesikar, D. Kingman, F. Jaber, R. Alexander, and B. Clayton. (2009). Rainwater Harvesting: System Planning. College Station, TX.: Texas AgriLife Extension Service.
- NMX-AA-164-SCFI-2013. (2013). EDIFICACIÓN SUSTENTABLE - CRITERIOS Y REQUERIMIENTOS AMBIENTALES MÍNIMOS. México D.F.: Secretaría de Economía.
- SACMEX, Sistema de Aguas de la Ciudad de México. (2010). Estudio para la elaboración del plan para la captación de agua de lluvia en techumbres de la zona urbana y recomendaciones técnicas Plano ISO-TR2 isoyetas para Tr= 2 años, d= 24 hr. México D.F.: SACMEX.
 - (2012). EL GRAN RETO DEL AGUA EN LA CIUDAD DE MÉXICO.
 - (2012). Compendio.
 - (2013). Tarifas de agua 2013 por los derechos de suministro de agua.
- Shelton, Marlyn L. (2009). Hydroclimatology: perspectives and applications. Cambridge: Cambridge University Press.
- SINIA, Sistema Nacional de Información del Agua. (2012). Atlas Digital del Agua en México. Consultado el 08/12/2013, en http://www.conagua.gob.mx/atlas/mapa/35/index_svg.html
- SMN, Sistema Meteorológico Nacional. (2012). Climatología Estadística Estación 9026. México D.F.: CONAGUA.
- UNAD. Universidad Nacional Abierta y a Distancia Colombia. Consultado el 10/01/2014, en <http://datateca.unad.edu.co/contenidos/30172/MODULO%20HIDROLOGIA/identificacin.html>

- Vincenzo Naddeo, Davide Scannapieco, Vincenzo Belgiorno. (2013). Enhanced drinking water supply through harvested rainwater treatment. *Journal of Hydrology*, 498, 287–291.
- World Bank. (2012). *World development indicators, 2012*. Washington, D.C.
 - (2012). www.app.collinsindicate.com. Consultado el 18/10/2013, en <http://www.app.collinsindicate.com/worldbankatlas-global/en-us>

Anexos

A. Cálculos del Capítulo III

Áreas de captación

Abarrotes, víveres, frutas y legumbres				
Largo constante=		138.55	m	
Concreto				
Id. Pasillo letra	# Bodegas	Longitud m	Área m2	
AB	2	66.16	18,332.94	
CD	2	70.14	19,435.79	
EF	2	87.68	24,296.13	
GH	2	80.61	22,337.03	
IJ	4	81.31	45,062.00	
KL	4	65.37	36,228.05	
MN	4	51.81	28,713.10	
OP	4	47.82	26,501.84	
QR	4	57.79	32,027.22	
ST	4	58.19	32,248.90	
UV	4	46.24	25,626.21	
WX	4	62.97	34,897.97	
Total		345,707.19	m2	

Flores y hortalizas				
Lámina				
Id. Nave id	# Bodegas Bm*	Longitud o BM* m	Ancho m	Área m2
123	3	194.63	61.34	35,815.81
4	1	318	30	9,540.00
Trapezio 1*	55	66	31	2,667.50
Trapezio 2*	69	180	66	8,487.00
Mercado Rojo	1	45	45	2,025.00
Total		58,535.31	m2	

Aves y cárnicos				
Lámina				
Id. Nave id	# Bodegas	Longitud m	Ancho m	Área m2
1	1	220	30	6,600.00
Total		6,600.00	m2	
Concreto				
Id. Nave id	# Bodegas	Longitud m	Ancho m	Área m2
2	1	160	35	5,600.00
frigorífico	3	70	18	3,780.00
Total		9,380.00	m2	

Bodegas de Transferencia				
Lámina				
Id. Zona	# Bodegas	Longitud m	Ancho m	Área m2
SCBT-M1	15	34	20	10,200.00
SCBT-M2	16	34	20	10,880.00
SCBT-M3	10	56	20	11,200.00
SCBT-M4	5 f. triangular	110	67	3,685.00
SCBT-M5	6	40	30	7,200.00
Total		43,165.00	m2	

Subastas				
Lámina				
Id. Andén	# Andenes	Longitud	Ancho	Área
	1	m	m	m2
1234	4	316	10	12,640.00
Total		12,640.00	m2	

Otras bodegas				
Lámina				
Id. Zona	# naves	Longitud	Ancho	Área
	1	m	m	m2
SCM02	1	221	54	11,934.00
SCM03	1	53	70	3,710.00
Total		15,644.00	m2	

Total de techo de lámina	136,584.31	m2
Total de techo de concreto	355,087.19	m2
Total de superficies de captación	491,671.50	m2

Tabla Anexo A - 1. Elaboración propia (plano FICEDA y Google Earth)

Precipitación promedio anual

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Precipitación Normal Mensual mm	7.6	6.6	8.2	21	53	112.7
Años con Datos	23	23	24	23	23	23

	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Precipitación Normal Mensual mm	124.7	107.3	95.8	53.7	18.2	10.6
Años con Datos	25	26	25	26	25	24

Tabla Anexo A - 2. Precipitación normal mensual estación 9026 (SMN 2012)

$$\bar{p} = \sum \bar{p} \text{ mensuales} = 619.4 \text{ mm}$$

\bar{p} : Precipitación promedio anual (mm)

Intensidad de precipitación

Longitud y pendiente

Se calcula a partir de la ubicación propuesta, mediante el uso de AutoCAD. La altura de diferencia de elevaciones se calculó con la altura promedio de las bodegas.

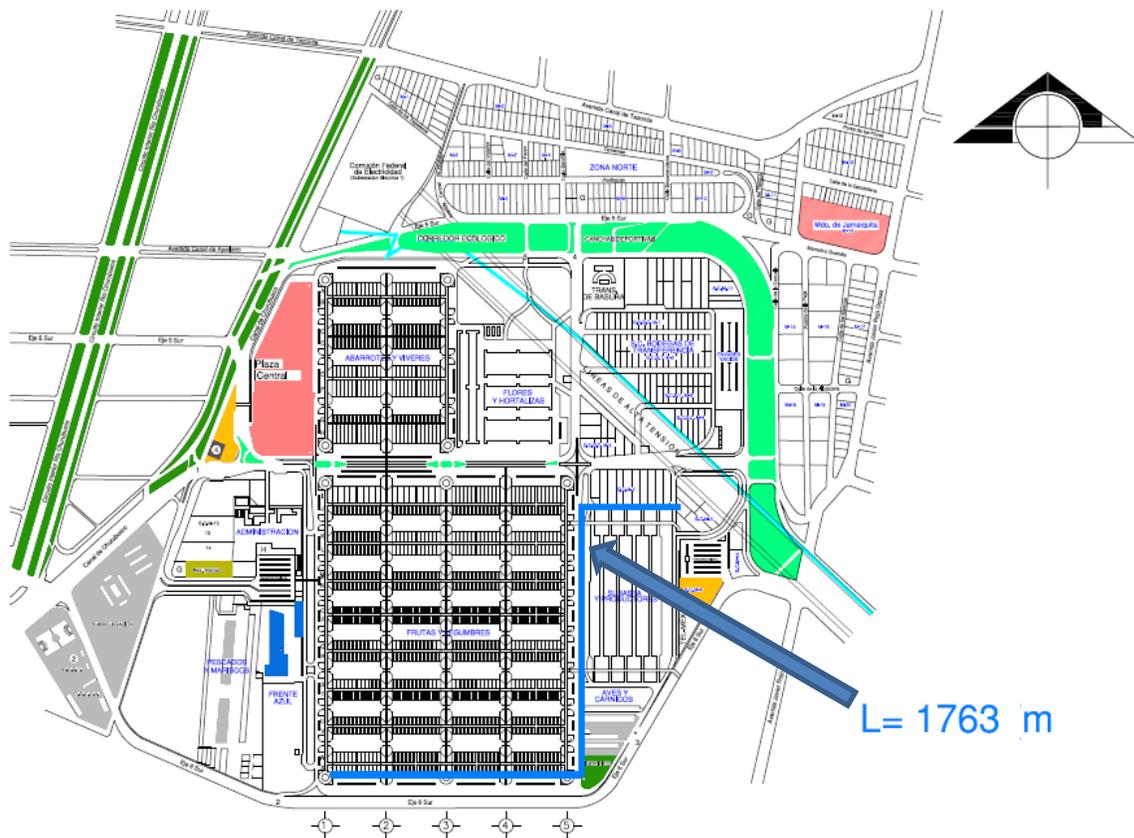


Figura Anexo A - 1. Plano de la central de abasto, con tubería de captación pluvial más larga en azul (FICEDA 2013)

$$\Delta h = 20 \text{ m}$$

$$S = \frac{\Delta h}{L} = \frac{20}{1763} = .011$$

$$L = 1763 \text{ m}$$

L: Longitud del cauce principal (m)

Δh : Diferencia de elevaciones ()

S: Pendiente (), solo se utilizará para aproximar el gasto pluvial

Altura de precipitación

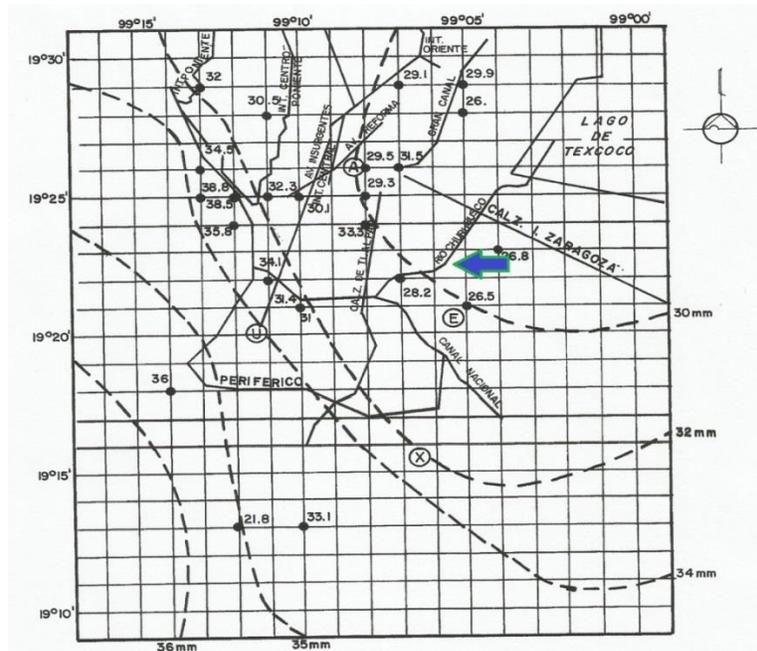


Figura Anexo A - 2. isoyetas para $d=30$ min y $T_r=5$ años, con predio ubicado (DGCOH 1982)

La isoyeta más cercana es la de 30 mm, por lo tanto será la que se usará como altura de precipitación. Pero se tendrá que revisar si es necesario ajustar por la duración o por periodo de retorno. La duración se determinará según el tiempo de concentración (t_c) del sistema, ya que así lo establece el Método Racional, en este caso resultó un tiempo de concentración $t_c=35$ min *. Se utilizará factor de corrección por duración ya que se obtuvo un t_c diferente de 30 min. El periodo de retorno será de 5 años que es el mínimo establecido por la norma NMX-AA-164-SCFI-2013. Si es superado el gasto de diseño, no se pone en riesgo ninguna estructura y solo provocaría que el gasto excedente sea expulsado del sistema hacia el drenaje existente en la central de abasto. Por lo tanto se usará la altura de precipitación obtenida del plano de isoyetas aplicando los correspondientes factores de reducción.

Tiempo de concentración

Se utiliza para obtener el factor de ajuste por duración de lluvia para el dato de intensidad de precipitación que se obtuvo del plano de isoyetas. Para un sistema de captación pluvial es:

t_c : Tiempo de concentración total (min)

t_{cs} : Tiempo de concentración en superficie (min)

t_{cc} : Tiempo de concentración en tuberías (min)

Para este caso no se ocupará la fórmula anterior debido a que ese cálculo requiere de la velocidad de flujo en las tuberías, consideración que no se llevará a cabo en el presente trabajo y por lo tanto el tiempo de concentración total se estima directamente mediante la fórmula de Kirpich (Aparicio, 2010):

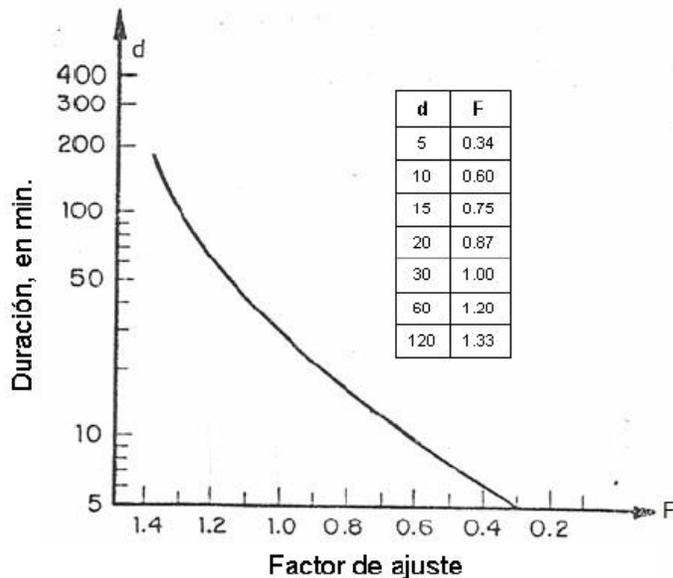
$$L = 1763 \text{ m}$$

$$S = .011$$

$$t_c = 0.000325 \cdot \frac{L^{0.77}}{S^{0.385}} = 0.000325 \cdot \frac{1763^{0.77}}{0.011^{0.385}} = .576 [\text{horas}] = 35 \text{ min}$$

t_c : Tiempo de concentración total (min)

Por lo tanto se debe de utilizar la siguiente gráfica para factor de ajuste por duración.



Para obtener el factor de ajuste para 35 min se utilizó la gráfica con dicho valor y se obtuvo $F = 1.05$

Este se deberá aplicar al valor de la altura de precipitación (hp)

Figura Anexo A - 3. Factor de ajuste por duración

Intensidad de precipitación

hp= 30 mm

Fd= 1.05

$$hp(Tr, d) = hp \cdot F_d \cdot F_{tr} \cdot F_A$$

F_{tr}=F_A=1 sin cambios.

$$hp(5,35) = 30 \cdot 1.05 \cdot 1 \cdot 1 = 31.5 \text{ mm}$$

hp(Tr,d): Altura de precipitación asociada a un periodo de retorno y una duración establecidas (mm). Obtenido de la gráfica de isoyetas (Figura Anexo A - 2).

hp: altura de precipitación (mm).

F_d: factor de ajuste por duración de lluvia diferente del plano de isoyetas.

F_{tr}: factor de ajuste por periodo de retorno diferente del plano de isoyetas.

F_A: factor de ajuste por área solo si es mayor a 10 km.

Intensidad

hp(5,35)= 30 (1.05) = 31.5 mm

t_c= 35 min

$$I = \frac{60 \cdot hp(Tr,d)}{t_c} = \frac{60 \cdot 31.5}{35} = 54 \text{ mm/hora}$$

I: Intensidad de precipitación asociada a d y Tr (mm/hora)

Volumen de captación anual

Fórmula propuesta por la norma NMX-AA-164-SCFI-2013:

$$V_A = \frac{\bar{p} A K_e}{1000}$$

V_A : volumen promedio de captación anual (m^3)

\bar{p} : Precipitación promedio anual (mm)

A: área de la proyección horizontal de las instalaciones de captación (m^2)

K_e : Coeficiente de escurrimiento de acuerdo al material de las instalaciones de captación, los valores se muestran en la B-1

Material o tipo de construcción	K_e
Cubiertas metálicas o plásticas	0.95
Techos impermeabilizados o cubiertos con materiales duros (p. ej. Tejas)	0.9
Concreto hidráulico	0.9
Calles asfaltadas	0.85
Lámina corrugada	0.8
Adoquinado o empedrado con cemento	0.75
Terrazas	0.6
Adoquín sin junta	0.6
Terracerías	0.4

Tabla Anexo A - 3. Coeficientes de escurrimiento por tipo de material (NMX-AA-164-SCFI-2013 s.f.)

$$V_{A \text{ Metálica}} = \frac{619.4 * 136,584.31 * 0.95}{1000} = 80,370.3 \text{ m}^3$$

$$V_{A \text{ Concreto}} = \frac{619.4 * 355,087.19 * 0.9}{1000} = 197,946.9 \text{ m}^3$$

$$V_{A \text{ Total}} = 278,317.2 \text{ m}^3$$

Volumen de captación máximo en 24 horas

Se obtiene la altura de precipitación asociada a una duración de 24 horas y a un periodo de retorno de 5 años del plano de isoyetas con dicho datos para la zona de estudio. En este caso de $hp(5,24)= 52 \text{ mm}$ y se realizan las siguientes operaciones.



Figura Anexo A - 4. Imágenes de Plano de isoyetas $Tr=2$ años y $d=24$ horas (S. d. SACMEX 2010)

$$V_{24h} = \frac{hp(Tr, 24) A K_e}{1000}$$

V_{24h} : volumen de captación para 24 horas y Tr de 2 años (m^3)

$hp(Tr,24)$: altura de precipitación para un periodo de retorno, duración de 24 horas(mm)

A : área de la proyección horizontal de las instalaciones de captación (m^2)

K_e : Coeficiente de escurrimiento de acuerdo al material de las instalaciones de captación, los valores se muestran en la Tabla Anexo A - 3

$$V_{24h \text{ Metálica}} = \frac{40 * 136,584.31 * 0.95}{1000} = 5,190.2 \text{ m}^3$$

$$V_{24h \text{ Concreto}} = \frac{40 * 355,087.19 * 0.9}{1000} = 12,783.1 \text{ m}^3$$

$$V_{24h \text{ Total}} = 17,973.1 \text{ m}^3$$

Gasto máximo

Este gasto está asociado a la intensidad de precipitación calculada anteriormente, y solamente se ocupará para diseñar las conducciones del agua hacia el sistema de tratamiento, esto con el objetivo de poder utilizar todas las lluvias con un periodo de retorno de 5 años y la duración antes establecida. Se utilizará el método racional americano:

$$Q = 0.278 \cdot C \cdot I \cdot A$$

C= Techados 0.75-0.95 =0.85 (Aparicio 2010)

I=54 mm/hora

A= 0.492 km²

$$Q = 0.278 \cdot 0.85 \cdot 54 \cdot 0.492 = 6.28 \text{ m}^3/\text{s}$$

Q: gasto máximo asociado a d y Tr (m³/s)

2.78: Factor de conversión de unidades

C: Coeficiente de escurrimiento

I: Intensidad de precipitación asociada a d y Tr (mm/hora)

A: Área de captación (km²)

Gasto de diseño

El gasto de diseño se considerará el suficiente para poder tratar el gasto que generará la lluvia máxima de 24 horas en ese mismo lapso, ya que con ese criterio se obtendrá un diseño más económico y más óptimo. Sólo en los casos en que se presente esta lluvia con periodo de retorno de 5 años, el sistema trabajará las 24 horas.

$$Q = \frac{V_{24h}}{86400}$$

Q: gasto de diseño (m³/s)

V_{24h}: volumen de captación para 24 horas y Tr=2 (m³)

86400: 24 horas (s)

$$Q = \frac{17,973.1}{86400} = 0.20 \text{ m}^3/\text{s}$$

Cálculo de los egresos

Rejillas

En la zona de bodegas de abarrotes, el ancho de las canaletas es de .20 m y la longitud promedio de estas canaletas es de 55 m, por cada sección de pasillo hay 17 bajadas pluviales de cada lado generando 34 bajadas por cada sección de pasillo y hay 40 secciones, por lo que se tiene el siguiente total de metros cuadrados de malla:

Malla Polietileno de alta densidad 3.5*7 mm de 3.7 m * 200 m - \$3700.00

$$\text{Bajadas Pluviales}=34*40=1360 \text{ piezas}$$

$$\text{Malla}=(0.20 [m]*55 m)*1360 \text{ piezas} =14960 \text{ m}^2$$

$$\text{Precio}= 3700/(3.7*200)=5 \text{ \$/m}^2$$

$$\text{Total de rejillas}= 14960*5= \$ 74,800 \text{ pesos/10 años}$$

Separadores de primera lluvia

Se deberán de instalar 1360 separadores de flujo, uno por cada bajada pluvial, estarán formados de tubos de polipropileno (PP) 6 ½” y de al menos 50 cm de largo para almacenar los 7.5 l, también deberá de añadirse una unión tipo “TEE”, un tapón de desagüe y una pelota flotante.

TEE de PP sanitario - \$70

Tapón de PP sanitario - \$30

Pelota flotante - \$10

Tubo de PP sanitario 50 cm - \$120

$$\text{Separadores}=34*40=1360 \text{ piezas}$$

$$\text{Precio unidad}= 70+30+10+120=230 \text{ \$/pieza}$$

$$\text{Total de separadores de primera lluvia}= 1360*230= \$ 312,800.00 \text{ pesos}$$

Conducciones

Según el acomodo mostrado en la Figura III-18, y con la ayuda de la herramienta “regla” de Google Earth y del plano de la central de abasto, se obtuvieron las longitudes de las tuberías.

Identificación	Diámetro	Diámetro	longitud	Precio	Totales
"	"	mm	m	\$/m	\$ pesos
Rojo	6	152	8890	\$290.80	\$2,585,212.00
Naranja	10	254	4720	\$762.75	\$3,600,180.00
Amarillo	14	356	3894	\$1,370.81	\$5,337,934.14
Verde	22	559	4045	\$1,884.86	\$7,624,258.70
Azul	30	762	1184	\$2,570.27	\$3,043,199.68
Morado	48	1219	311	\$4,112.43	\$1,278,965.73
		Total	23,044m		\$23,469,750.25

Tabla Anexo A - 4. Cálculo de tuberías

Volumen de tanque para almacenamiento de agua cruda

Se calculará para una independencia de 12 horas, por lo que se usará el plano de isoyetas que se muestra a continuación para una duración de 24 horas y el mismo periodo de retorno de 2 años. De este plano por la zona de estudio se obtiene una intensidad de 40 mm/día, que no se tendrá que ajustar ni por periodo de retorno, ni por duración, mediante la cual obtendremos el volumen de almacenamiento para una independencia de sólo la mitad de la precipitación ya que se considera que se contendrá el agua el tiempo suficiente para ser tratada y distribuida, que corresponderá a $h_i=20$ mm.

$$V_T = \frac{h_i A K_e}{1000}$$

V_A : volumen promedio de captación anual (m^3)

h_i : precipitación asociada al tiempo de independencia (mm)

A : área de la proyección horizontal de las instalaciones de captación (m^2)

K_e : Coeficiente de escurrimiento de acuerdo al material de las instalaciones de captación

$$V_{T \text{ Metálica}} = \frac{20 * 136,584.31 * 0.95}{1000} = 2,595.1[m^3]$$

$$V_{T \text{ Concreto}} = \frac{20 * 355,087.19 * 0.9}{1000} = 6,391.5[m^3]$$

$$VT = 8,986.6 \text{ m}^3 \rightarrow 9000 \text{ m}^3$$

Se propone de 5 m de profundidad, 30 m de ancho y 60 m de largo dando un volumen real de $V_{TR}=9,000 \text{ m}^3$.

Costo del tanque para almacenamiento de agua cruda

Muros laterales		Muros frontales	
Espesor=	0.25 m	Espesor=	0.25 m
Longitud=	30 m	Longitud=	50.5 m
Altura =	5 m	Altura =	5 m
# de muro=	2	# de muro=	2
Área=	300 m ²	Área=	505 m ²
Losa de Piso		Volumen=	651.25 m ³
Espesor=	0.25 m	Concreto	
Longitud=	60 m	armado=	\$ 2,000.00 \$/m ³
Ancho =	30 m	Total=	\$ 1,302,500.00
Área=	1800 m ²		

Volumen de tanque para almacenamiento de tratada

Se propone de 5 m de profundidad, 10 m de ancho y 10 m de largo dando un volumen real de $V_{TR}= 500 \text{ m}^3$.

Costo del tanque para almacenamiento de agua tratada

Muros laterales		Muros frontales	
Espesor=	0.25 m	Espesor=	0.25 m
Longitud=	10 m	Longitud=	10 m
Altura =	5 m	Altura =	5 m
# de muro=	2	# de muro=	2
Área=	100 m ²	Área=	100 m ²

Losas

Espesor=	0.25	m			
Longitud=	10	m	Volumen=	100.00	m ³
Ancho =	10	m	Concreto		
# de losas=	2		armado=	\$ 2,000.00	\$/m ³
Área=	200	m ²	Total=	\$ 200,000.00	

Floculación y sedimentación para agua pluvial

Se añadirá sulfato de cobre, hasta alcanzar una concentración de 0.5 mg/L.

Sulfato de Cobre pentahidratado (CuSO₄·5H₂O) 1 kg - \$76

$$CuSO_4 \text{ anual mg} = \text{vol de captación anual l} * \text{Concentración deseada} \frac{\text{mg}}{\text{l}}$$

$$CuSO_4 = 278317200 \text{ l} * 0.5 \text{ mg/l} = 139158600 \text{ mg} = 139.15 \text{ kg}$$

$$1.56 \text{ kg } CuSO_4 \cdot 5H_2O \rightarrow 1 \text{ kg } CuSO_4$$

$$\therefore CuSO_4 \cdot 5H_2O \text{ anual} = 139.15 * 1.56 = 217.07 \text{ kg}$$

$$\text{Pureza del 98\%} = 217.07 / .98 = 221.5 \text{ kg}$$

$$\text{Precio} = 76 \text{ \$/kg}$$

$$\text{Total por Sulfato de Cobre} = 221.5 * 76 = \$ 16,834 \text{ pesos/año}$$

Floculación y sedimentación para agua de pozo

Se añadirá sulfato de cobre, como coagulante y floculante, que además fungirá como desinfectante, hasta alcanzar una concentración de 0.5 mg/L.

Sulfato de Cobre pentahidratado (CuSO₄·5H₂O) 1 kg - \$76

$$CuSO_4 = 1,576,800,000 \text{ l} * 0.5 \text{ mg/l} = 788,400,000 \text{ mg} = 788.40 \text{ kg}$$

$$1.56 \text{ kg } CuSO_4 \cdot 5H_2O \rightarrow 1 \text{ kg } CuSO_4$$

$$\therefore CuSO_4 \cdot 5H_2O \text{ anual} = 788.40 * 1.56 = 1,229.9 \text{ kg}$$

$$\text{Pureza del 98\%} = 1229.9 / .98 = 1,255 \text{ kg}$$

$$\text{Precio} = 76 \text{ \$/kg}$$

$$\text{Total por Sulfato de Cobre} = 1255 * 76 = \$ 95,380 \text{ pesos/año}$$

Filtración

Se considerará un filtro que funcionará por gravedad, cuyos materiales filtrantes serán antracita 15%, arena sílica 30% y grava sílica 55%, que eliminarán sólidos mayores a 20 μm con una profundidad de lecho de 70 cm, utilizando como medio de soporte la grava sílica con capas de espesor total de 28 cm, distribuidos en secciones de 7 cm. Tendrá sistema de retro-lavado con agua, tratará el gasto de diseño del sistema de tratamiento y el gasto correspondiente a la extracción de agua del pozo, es decir 0.25 m^3/s .

Propiedades del medio filtrante	
Espesor del medio	0.70 m
Tasa de filtración	11.6 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{h}$
Precio del material	6,647.36 $\$/\text{m}^3$

Tabla Anexo A - 5. Material filtrante

$$\text{Área del filtro} = \text{Gasto } (\text{m}^3/\text{h}) / \text{Tasa de Filtración } (\text{m}^3/\text{m}^2\text{h})$$

$$\text{Área del filtro} = 900 / 11.6 = 77.58 \text{ m}^2$$

$$\text{Volumen del filtro} = 77.58 * 0.7 = 54.31 \text{ m}^3$$

$$\text{Precio} = 6,647.36 \text{ \$/m}^3$$

$$\text{Total por material filtrante} = 6647.36 * 54.31 = \$ 361,020.41 \text{ pesos}$$

El filtro se construirá con concreto reforzado, se encontrará por debajo del nivel de piso del tanque de almacenamiento de agua cruda, para que pueda funcionar por gravedad, con un espejo de agua de 12 m de largo, 6.5 m de ancho y 2 m de altura; con una losa de piso de 25 cm, muros de 25 cm a los lados y uno divisorio.

El filtro genera los siguientes volúmenes de material:

Costo del tanque para filtro

Muros laterales			Muros frontales		
Espesor=	0.25	m	Espesor=	0.25	m
Longitud=	12.5	m	Longitud=	6.5	m
Altura =	2	m	Altura =	2	m
# de muro=	2		# de muro=	3	
Área=	50	m ²	Área=	39	m ²
Losas de Piso			Volumen=	44.13	m ³
Espesor=	0.25	m	Concreto		
Longitud=	12.5	m	armado=	\$ 2,000.00	\$/m ³
Ancho =	7	m	Total=	\$ 88,250.00	\$
Área=	87.5	m ²			

Se considerarán \$20,000.00 pesos adicionales por válvulas y otros elementos del filtro

Desinfección del agua de lluvia

Se realizará la cloración, mediante Hipoclorito de sodio (NaClO), calculado para una concentración de 1.5 mg/L de cloro.

Hipoclorito de Sodio (NaClO) 3.79 L solución al 12% - \$35.40

$$\text{Cloro anual mg} = \text{vol de captación anual (l)} * \text{Concentración deseada (} \frac{\text{mg}}{\text{l}} \text{)}$$

$$\text{Cloro anual} = 278,317,200 \text{ l} * 1.5 \text{ mg/l} = 417,475,800 \text{ mg} = 417.48 \text{ kg Cl}$$

$$2.1 \text{ kg NaClO} \rightarrow 1 \text{ kg Cl}$$

$$\therefore \text{NaClO anual} = 417.48 * 2.1 = 876.7 \text{ kg}$$

$$\text{Volumen de solución al 12\%} = 876,700 / 120 = 7,305.83 \text{ L}$$

$$\text{Precio} = 9.34 \text{ \$/L}$$

$$\text{Total por hipoclorito de sodio} = 7,305.83 * 9.34 = \$ 68,309.54 \text{ pesos/año}$$

Desinfección del agua de pozo

Se realizará la cloración, mediante Hipoclorito de sodio (NaClO), calculado para una concentración de 1.5 mg/L de cloro. El gasto constante de extracción es de 50 l/s

Hipoclorito de Sodio (NaClO) 3.79 L solución al 12% - \$35.40

$$\text{Cloro anual} = 1,576,800,000 \text{ l} * 1.5 \text{ mg/l} = 2,365,200,000 \text{ mg} = 2,365.20 \text{ kg}$$

$$2.1 \text{ kg NaClO} \rightarrow 1 \text{ kg Cl}$$

$$\therefore \text{NaClO anual} = 2,365.2 * 2.1 = 4,966.82 \text{ kg}$$

$$\text{Volumen de solución al 12\%} = 4,966,820 / 120 = 41,390.17 \text{ L}$$

$$\text{Precio} = 9.34 \text{ \$/L}$$

$$\text{Total por hipoclorito de sodio} = 41,390.17 * 9.34 = \$ 386,584.19 \text{ pesos/año}$$

Salarios de operación

Distribución sin uso de pipas de agua.

Puesto	Descripción	# de personas	Periodo de trabajo (% mensual)	Salario mensual	Total mensual
Administrador	Deberá de encargarse de llevar las cuentas y hacer pagos de derechos, impuestos y salarios.	1	100%	\$10,000.00	\$ 10,000.00
Gerente de Operación	Decidir los intervalos y la prioridad de las labores de mantenimiento, determinar gasto de salida y de entrada al sistema.	1	100%	\$10,000.00	\$ 10,000.00
Operador de tratamiento	Controlar los volúmenes de entrada y salida del sistema, muestreos para calidad del agua en la entrada y la salida,	1	100%	\$ 8,000.00	\$ 8,000.00
Jefe de cuadrilla de mantenimiento	Asignar labores a los ayudantes y realizar las actividades de mantenimiento complejas	2	15%	\$ 7,500.00	\$ 2,250.00
Ayudante de mantenimiento	Realizar labores manuales de mantenimiento	10	15%	\$ 6,300.00	\$ 9,450.00
Ayudante de operación	Realizar labores manuales de operación	2	100%	\$ 6,300.00	\$ 12,600.00
Velador	Vigilar las instalaciones durante la noche	1	100%	\$ 6,000.00	\$ 6,000.00

Tabla Anexo A - 6. Resumen de salarios sin pipas de agua

Total de salarios \$52,300.00 mensuales

Distribución vendiendo pipas de agua

Puesto	Descripción	# de personas	Periodo de trabajo (% mensual)	Salario mensual	Total mensual
Administrador	Deberá de encargarse de llevar las cuentas y hacer pagos de derechos, impuestos y salarios.	1	100%	\$10,000.00	\$10,000.00
Gerente de Operación	Decidir los intervalos y la prioridad de las labores de mantenimiento, determinar gasto de salida y de entrada al sistema.	1	100%	\$10,000.00	\$10,000.00
Operador de tratamiento	Controlar los volúmenes de entrada y salida del sistema, muestreos para calidad del agua en la entrada y la salida,	1	100%	\$8,000.00	\$8,000.00
Operador telefónico	Recibir llamadas de clientes, y buscar nuevos clientes, asignar y organizar horarios de llenado de pipas	2	100%	\$6,800.00	\$13,600.00
Jefe de cuadrilla de distribución	Asignar labores a los ayudantes y ordenar proceso de llenado de pipas.	1	100%	\$7,500.00	\$7,500.00
Jefe de cuadrilla de mantenimiento	Asignar labores a los ayudantes y realizar las actividades de mantenimiento complejas	2	15%	\$7,500.00	\$2,250.00
Ayudante de mantenimiento	Realizar labores manuales de mantenimiento	10	15%	\$6,300.00	\$9,450.00
Ayudante de operación	Realizar labores manuales de operación	3	100%	\$6,300.00	\$8,900.00
Velador	Vigilar las instalaciones durante la noche	1	100%	\$6,000.00	\$6,000.00

Tabla Anexo A - 7. Resumen de salarios con pipas de agua

Total de salarios \$79,700.00 mensuales

Cálculo de los Ingresos

Venta de agua potable por metro cúbico a distribuidores de pipas de agua particulares

Caso A

Se considera que el agua pluvial tratada se vende a distribuidores de pipas de agua particulares y que es un ingreso constante durante todo el año, porque se realizará un ajuste anual con el SACMEX, ya que de otro modo no sería posible distribuir toda el agua captada durante la época de lluvias.

$$\text{Total de venta} = V_A * P_{ATP} = 278,317.2 * 50 = \$ 13,915,860.00$$

$$\text{Volumen en pipas por día} = V_A/365 = 278317.2/365 = 762.51 \text{ m}^3$$

$$\# \text{ Pipas de } 10 \text{ m}^3 = 762.51/10 = 76.25 \rightarrow 76 \text{ pipas}$$

V_A : Volumen promedio de captación anual (m^3)

P_{ATP} : Precio por metro cúbico de agua en pipas 50 ($\$/\text{m}^3$)

Se determina que vender 76 pipas de agua es factible, debido a la gran demanda de pipas de agua de la zona y se considera como volumen máximo de venta diario (V_{MD}).

$$V_{MD} = 760 \text{ m}^3$$

Caso B

En este caso, solo se venderá el agua cuando haya precipitación pluvial y ya que el volumen anual del sistema es muy grande para distribuirlo con pipas en la temporada de lluvias, se considera que solo puede venderse el máximo diario de pipas de agua establecido anteriormente durante seis meses y lo demás se venderá al SACMEX.

$$\text{Volumen anual de venta en pipas} = V_{MD} * 30 * 6 = 760 * 30 * 6 = 136,800 \text{ m}^3$$

$$\text{Total de venta} = V_{AP} * P_{ATP} = 136800 * 50 = \$ 6,840,000.00$$

V_{MD} : Volumen máximo de venta diaria (m^3)

V_{AP} : Volumen anual de venta en pipas (m^3)

P_{ATP} : Precio por metro cúbico de agua en pipas 50 ($\$/\text{m}^3$)

Venta de agua potable por metro cúbico al SACMEX

Caso A

Se considerará que el agua extraída del pozo se trata y se cobra por el tratamiento al SACMEX, como un proyecto de prestación de servicios.

$$V_{AT} = Q_E * 60 * 60 * 24 * 365 = 0.05 * 60 * 60 * 24 * 365 = 1,576,800 \text{ m}^3$$

$$\text{Total de venta} = V_{AT} * P_{AT} = 1,576,800 * 10 = \$ 15,768,000.00$$

Q_E : Gasto de extracción del pozo (dato del SACMEX) 0.05 (m³/s)

V_{AT} : Volumen de agua anual extraída del pozo tratada en el sistema (m³)

P_{AT} : Precio por tratamiento 10 (\$/m³)

Caso B

En este caso solo se vende al SACMEX, el volumen de agua que no se vendió a los distribuidores de agua potable en pipas, se considera que solo se venden 76 pipas de 10 m³ de agua diarias. Y el precio de venta aproximado se fija en 30 \$/m³.

$$\text{Volumen vendido al SACMEX} = V_A - V_{AP} = 278317.2 - 136800 = 141,517.2 \text{ m}^3$$

$$\text{Total de venta} = V_{SA} * P_A = 141517.2 * 30 = \$ 4,245,516.00$$

V_A : Volumen promedio de captación anual (m³)

V_{AP} : Volumen anual de venta en pipas (m³)

P_A : Precio por agua tratada 30 (\$/m³)

Ingresos y egresos del caso A

Egresos

Terreno	\$	3,900,000.00	Sulfato de Cobre	\$	112,214.00
Rejillas	\$	74,800.00	Hipoclorito de sodio	\$	454,853.73
Divisor de primer flujo	\$	312,800.00	Materiales filtrantes (por ser cada 3 años, 1/3)	\$	120,340.14
Conducciones	\$	23,469,750.25	Costos del tratamiento anuales	\$	687,447.87
Tanque de almacenamiento de agua cruda	\$	1,302,500.00			
Tanque de almacenamiento de agua tratada	\$	200,000.00			
Dispositivos para almacenamiento y dosificación	\$	40,000.00	Salarios	\$	956,400.00
Filtro	\$	108,250.00	Gasto de oficinas	\$	60,000.00
Costo de oficinas	\$	120,000.00	Mantenimiento FICEDA	\$	30,000.00
Infraestructura necesaria	\$	29,528,100.25	Costos de administración anuales	\$	1,046,400.00

Ingresos

Venta del tratamiento de agua al SACMEX 10\$/m3	\$	15,768,000.00
Venta de agua tratada a pipas de agua particulares 50\$/m3	\$	13,915,860.00
Ingresos de Operación anuales	\$	29,683,860.00

Ingresos y egresos del caso B

Egresos

Terreno	\$	3,900,000.00	Sulfato de Cobre	\$	16,834.00
Rejillas	\$	74,800.00	Hipoclorito de sodio	\$	68,309.54
Divisor de primer flujo	\$	312,800.00	Materiales filtrantes (por ser cada 3 años, 1/3)	\$	120,340.14
Conducciones	\$	23,469,750.25	Costos del tratamiento anuales	\$	205,483.68
Tanque de almacenamiento de agua cruda	\$	1,302,500.00			
Tanque de almacenamiento de agua tratada	\$	200,000.00			
Dispositivos para almacenamiento y dosificación	\$	40,000.00	Salarios	\$	627,600.00
Filtro	\$	77,125.00	Gasto de oficinas	\$	60,000.00
Costo de oficinas	\$	120,000.00	Mantenimiento FICEDA	\$	30,000.00
Infraestructura necesaria	\$	29,528,100.25	Costos de administración anuales	\$	717,600.00

Ingresos

Venta de agua tratada al SACMEX 30\$/m3	\$	4,245,516.00
Venta de agua tratada a pipas de agua particulares 50\$/m3	\$	6,840,000.00
Ingresos de Operación anuales	\$	11,085,516.00

B. Flujo de Caja

Caso A	1	2	3	4	5	6	7	8
Ingresos	\$ -	\$ -	\$ 1,314,000.00	\$ 1,314,000.00	\$ 1,314,000.00	\$ 1,314,000.00	\$ 1,314,000.00	\$ 1,314,000.00
Egresos	\$ 4,431,090.14	\$ 152,108.98	\$ 92,108.98	\$ 92,108.98	\$ 92,108.98	\$ 92,108.98	\$ 2,608,094.00	\$ 2,608,094.00
Intereses	\$ -	\$ -	\$ 54,882.92	\$ 57,331.55	\$ 53,729.43	\$ 50,064.33	\$ 46,387.29	\$ 42,698.71
Utilidad antes de impuestos	-\$ 4,431,090.14	-\$ 152,108.98	\$ 1,167,008.11	\$ 1,164,559.47	\$ 1,168,161.60	\$ 1,171,826.69	-\$ 1,340,481.29	-\$ 1,336,792.71
Impuestos	\$ -	\$ -	\$ 233,401.62	\$ 232,911.89	\$ 233,632.32	\$ 234,365.34	\$ -	\$ -
Utilidad después de impuestos	-\$ 4,431,090.14	-\$ 152,108.98	\$ 933,606.48	\$ 931,647.58	\$ 934,529.28	\$ 937,461.36	-\$ 1,340,481.29	-\$ 1,336,792.71
Amortización	\$ -	\$ -	\$ 311,202.16	\$ 310,549.19	\$ 311,509.76	\$ 312,487.12	\$ -	\$ -
Flujo de caja	-\$ 4,431,090.14	-\$ 152,108.98	\$ 622,404.32	\$ 621,098.38	\$ 623,019.52	\$ 624,974.24	-\$ 1,340,481.29	-\$ 1,336,792.71
Flujo de caja acumulado	-\$ 4,431,090.14	-\$ 4,583,199.11	-\$ 3,960,794.79	-\$ 3,339,696.41	-\$ 2,716,676.89	-\$ 2,091,702.65	-\$ 3,432,183.94	-\$ 4,768,976.65
Prestamo								
Monto inicial	\$ 4,650,000.00	\$ 4,704,250.00	\$ 4,914,132.92	\$ 4,605,379.39	\$ 4,291,228.07	\$ 3,976,053.21	\$ 3,659,889.06	\$ 5,006,200.47
Intereses generados	\$ 54,250.00	\$ 54,882.92	\$ 57,331.55	\$ 53,729.43	\$ 50,064.33	\$ 46,387.29	\$ 42,698.71	\$ 58,405.67
Prestamo extra	\$ -	\$ 155,000.00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 1,350,000.00	\$ 1,350,000.00
Pago de Intereses	\$ -	\$ -	\$ 54,882.92	\$ 57,331.55	\$ 53,729.43	\$ 50,064.33	\$ 46,387.29	\$ 42,698.71
Pago Capital	\$ -	\$ -	\$ 311,202.16	\$ 310,549.19	\$ 311,509.76	\$ 312,487.12	\$ -	\$ -
Monto final	\$ 4,704,250.00	\$ 4,914,132.92	\$ 4,605,379.39	\$ 4,291,228.07	\$ 3,976,053.21	\$ 3,659,889.06	\$ 5,006,200.47	\$ 6,371,907.44

VPN \$ 37,736,472.05

Monto de préstamo \$ 18,855,000.00

Impuestos 20%

TIR 5.0%

Tasa de interés anual 14%

Tasa de Inflación 4.48%

B. Flujo de Caja

Caso A	9	10	11	12	13	14	15	16
Ingresos	\$ 1,314,000.00	\$ 1,314,000.00	\$ 1,314,000.00	\$ 1,314,000.00	\$ 1,314,000.00	\$ 1,314,000.00	\$ 1,314,000.00	\$ 1,314,000.00
Egresos	\$ 2,608,094.00	\$ 2,608,094.00	\$ 2,608,094.00	\$ 2,608,094.00	\$ 2,608,094.00	\$ 2,608,094.00	\$ 2,608,094.00	\$ 2,608,094.00
Intereses	\$ 58,405.67	\$ 74,338.92	\$ 90,391.47	\$ 106,678.75	\$ 123,202.11	\$ 139,844.88	\$ 156,664.04	\$ 173,660.27
Utilidad antes de impuestos	-\$ 1,352,499.67	-\$ 1,368,432.92	-\$ 1,384,485.48	-\$ 1,400,772.76	-\$ 1,417,296.11	-\$ 1,433,938.88	-\$ 1,450,758.05	-\$ 1,467,754.27
Impuestos	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Utilidad después de impuestos	-\$ 1,352,499.67	-\$ 1,368,432.92	-\$ 1,384,485.48	-\$ 1,400,772.76	-\$ 1,417,296.11	-\$ 1,433,938.88	-\$ 1,450,758.05	-\$ 1,467,754.27
Amortización	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Flujo de caja	-\$ 1,352,499.67	-\$ 1,368,432.92	-\$ 1,384,485.48	-\$ 1,400,772.76	-\$ 1,417,296.11	-\$ 1,433,938.88	-\$ 1,450,758.05	-\$ 1,467,754.27
Flujo de caja acumulado	-\$ 6,121,476.32	-\$ 7,489,909.25	-\$ 8,874,394.72	-\$ 10,275,167.48	-\$ 11,692,463.59	-\$ 13,126,402.47	-\$ 14,577,160.52	-\$ 16,044,914.79
Prestamo								
Monto inicial	\$ 6,371,907.44	\$ 7,747,840.69	\$ 9,143,893.24	\$ 10,560,180.52	\$ 11,986,703.87	\$ 13,428,346.65	\$ 14,885,165.81	\$ 16,362,162.04
Intereses generados	\$ 74,338.92	\$ 90,391.47	\$ 106,678.75	\$ 123,202.11	\$ 139,844.88	\$ 156,664.04	\$ 173,660.27	\$ 190,891.89
Prestamo extra	\$ 1,360,000.00	\$ 1,380,000.00	\$ 1,400,000.00	\$ 1,410,000.00	\$ 1,425,000.00	\$ 1,440,000.00	\$ 1,460,000.00	\$ 1,475,000.00
Pago de Intereses	\$ 58,405.67	\$ 74,338.92	\$ 90,391.47	\$ 106,678.75	\$ 123,202.11	\$ 139,844.88	\$ 156,664.04	\$ 173,660.27
Pago Capital	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Monto final	\$ 7,747,840.69	\$ 9,143,893.24	\$ 10,560,180.52	\$ 11,986,703.87	\$ 13,428,346.65	\$ 14,885,165.81	\$ 16,362,162.04	\$ 17,854,393.66

B. Flujo de Caja

Caso A	17	18	19	20	21	22	23	24
Ingresos	\$ 2,473,655.00	\$ 2,473,655.00	\$ 2,473,655.00	\$ 2,473,655.00	\$ 2,473,655.00	\$ 2,473,655.00	\$ 2,473,655.00	\$ 2,473,655.00
Egresos	\$ 134,458.98	\$ 134,458.98	\$ 134,458.98	\$ 134,458.98	\$ 134,458.98	\$ 134,458.98	\$ 134,458.98	\$ 134,458.98
Intereses	\$ 190,891.89	\$ 208,301.26	\$ 201,820.76	\$ 195,115.70	\$ 188,387.86	\$ 181,638.90	\$ 174,868.76	\$ 168,077.37
Utilidad antes de impuestos	\$ 2,148,304.13	\$ 2,130,894.76	\$ 2,137,375.27	\$ 2,144,080.32	\$ 2,150,808.16	\$ 2,157,557.12	\$ 2,164,327.27	\$ 2,171,118.65
Impuestos	\$ 429,660.83	\$ 426,178.95	\$ 427,475.05	\$ 428,816.06	\$ 430,161.63	\$ 431,511.42	\$ 432,865.45	\$ 434,223.73
Utilidad después de impuestos	\$ 1,718,643.31	\$ 1,704,715.81	\$ 1,709,900.21	\$ 1,715,264.26	\$ 1,720,646.53	\$ 1,726,045.70	\$ 1,731,461.81	\$ 1,736,894.92
Amortización	\$ 572,881.10	\$ 568,238.60	\$ 569,966.74	\$ 571,754.75	\$ 573,548.84	\$ 575,348.57	\$ 577,153.94	\$ 578,964.97
Flujo de caja	\$ 1,145,762.20	\$ 1,136,477.21	\$ 1,139,933.48	\$ 1,143,509.51	\$ 1,147,097.69	\$ 1,150,697.13	\$ 1,154,307.87	\$ 1,157,929.95
Flujo de caja acumulado	-\$ 14,899,152.58	-\$ 13,762,675.38	-\$ 12,622,741.90	-\$ 11,479,232.40	-\$ 10,332,134.71	-\$ 9,181,437.58	-\$ 8,027,129.70	-\$ 6,869,199.76
Prestamo								
Monto inicial	\$ 17,854,393.66	\$ 17,298,921.93	\$ 16,724,202.82	\$ 16,147,531.02	\$ 15,569,048.43	\$ 14,988,750.63	\$ 14,406,631.92	\$ 13,822,686.60
Intereses generados	\$ 208,301.26	\$ 201,820.76	\$ 195,115.70	\$ 188,387.86	\$ 181,638.90	\$ 174,868.76	\$ 168,077.37	\$ 161,264.68
Prestamo extra	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Pago de Intereses	\$ 190,891.89	\$ 208,301.26	\$ 201,820.76	\$ 195,115.70	\$ 188,387.86	\$ 181,638.90	\$ 174,868.76	\$ 168,077.37
Pago Capital	\$ 572,881.10	\$ 568,238.60	\$ 569,966.74	\$ 571,754.75	\$ 573,548.84	\$ 575,348.57	\$ 577,153.94	\$ 578,964.97
Monto final	\$ 17,298,921.93	\$ 16,724,202.82	\$ 16,147,531.02	\$ 15,569,048.43	\$ 14,988,750.63	\$ 14,406,631.92	\$ 13,822,686.60	\$ 13,236,908.93

B. Flujo de Caja

Caso A	25	26	27	28	29	30	31	32
Ingresos	\$ 2,473,655.00	\$ 2,473,655.00	\$ 2,473,655.00	\$ 2,473,655.00	\$ 2,473,655.00	\$ 2,473,655.00	\$ 2,473,655.00	\$ 2,473,655.00
Egresos	\$ 134,458.98	\$ 134,458.98	\$ 134,458.98	\$ 134,458.98	\$ 134,458.98	\$ 134,458.98	\$ 134,458.98	\$ 134,458.98
Intereses	\$ 161,264.68	\$ 154,430.60	\$ 147,575.09	\$ 140,698.06	\$ 133,799.45	\$ 126,879.19	\$ 119,937.22	\$ 112,973.47
Utilidad antes de impuestos	\$ 2,177,931.35	\$ 2,184,765.42	\$ 2,191,620.94	\$ 2,198,497.96	\$ 2,205,396.57	\$ 2,212,316.83	\$ 2,219,258.80	\$ 2,226,222.55
Impuestos	\$ 435,586.27	\$ 436,953.08	\$ 438,324.19	\$ 439,699.59	\$ 441,079.31	\$ 442,463.37	\$ 443,851.76	\$ 445,244.51
Utilidad después de impuestos	\$ 1,742,345.08	\$ 1,747,812.33	\$ 1,753,296.75	\$ 1,758,798.37	\$ 1,764,317.26	\$ 1,769,853.46	\$ 1,775,407.04	\$ 1,780,978.04
Amortización	\$ 580,781.69	\$ 582,604.11	\$ 584,432.25	\$ 586,266.12	\$ 588,105.75	\$ 589,951.15	\$ 591,802.35	\$ 593,659.35
Flujo de caja	\$ 1,161,563.38	\$ 1,165,208.22	\$ 1,168,864.50	\$ 1,172,532.25	\$ 1,176,211.51	\$ 1,179,902.31	\$ 1,183,604.69	\$ 1,187,318.69
Flujo de caja acumulado	-\$ 5,707,636.37	-\$ 4,542,428.15	-\$ 3,373,563.65	-\$ 2,201,031.40	-\$ 1,024,819.90	\$ 155,082.41	\$ 1,338,687.11	\$ 2,526,005.80
Prestamo								
Monto inicial	\$ 13,236,908.93	\$ 12,649,293.16	\$ 12,059,833.54	\$ 11,468,524.26	\$ 10,875,359.52	\$ 10,280,333.52	\$ 9,683,440.39	\$ 9,084,674.29
Intereses generados	\$ 154,430.60	\$ 147,575.09	\$ 140,698.06	\$ 133,799.45	\$ 126,879.19	\$ 119,937.22	\$ 112,973.47	\$ 105,987.87
Prestamo extra	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Pago de Intereses	\$ 161,264.68	\$ 154,430.60	\$ 147,575.09	\$ 140,698.06	\$ 133,799.45	\$ 126,879.19	\$ 119,937.22	\$ 112,973.47
Pago Capital	\$ 580,781.69	\$ 582,604.11	\$ 584,432.25	\$ 586,266.12	\$ 588,105.75	\$ 589,951.15	\$ 591,802.35	\$ 593,659.35
Monto final	\$ 12,649,293.16	\$ 12,059,833.54	\$ 11,468,524.26	\$ 10,875,359.52	\$ 10,280,333.52	\$ 9,683,440.39	\$ 9,084,674.29	\$ 8,484,029.34

B. Flujo de Caja

Caso A	33	34	35	36	37	38	39	40
Ingresos	\$ 2,473,655.00	\$ 2,473,655.00	\$ 2,473,655.00	\$ 2,473,655.00	\$ 2,473,655.00	\$ 2,473,655.00	\$ 2,473,655.00	\$ 2,473,655.00
Egresos	\$ 134,458.98	\$ 134,458.98	\$ 134,458.98	\$ 134,458.98	\$ 134,458.98	\$ 134,458.98	\$ 134,458.98	\$ 134,458.98
Intereses	\$ 105,987.87	\$ 98,980.34	\$ 91,950.83	\$ 84,899.26	\$ 77,825.56	\$ 70,729.67	\$ 63,611.51	\$ 56,471.01
Utilidad antes de impuestos	\$ 2,233,208.16	\$ 2,240,215.68	\$ 2,247,245.19	\$ 2,254,296.76	\$ 2,261,370.46	\$ 2,268,466.36	\$ 2,275,584.52	\$ 2,282,725.01
Impuestos	\$ 446,641.63	\$ 448,043.14	\$ 449,449.04	\$ 450,859.35	\$ 452,274.09	\$ 453,693.27	\$ 455,116.90	\$ 456,545.00
Utilidad después de impuestos	\$ 1,786,566.52	\$ 1,792,172.54	\$ 1,797,796.15	\$ 1,803,437.41	\$ 1,809,096.37	\$ 1,814,773.08	\$ 1,820,467.61	\$ 1,826,180.01
Amortización	\$ 595,522.17	\$ 597,390.85	\$ 599,265.38	\$ 601,145.80	\$ 603,032.12	\$ 604,924.36	\$ 606,822.54	\$ 608,726.67
Flujo de caja	\$ 1,191,044.35	\$ 1,194,781.70	\$ 1,198,530.77	\$ 1,202,291.61	\$ 1,206,064.25	\$ 1,209,848.72	\$ 1,213,645.08	\$ 1,217,453.34
Flujo de caja acumulado	\$ 3,717,050.15	\$ 4,911,831.84	\$ 6,110,362.61	\$ 7,312,654.22	\$ 8,518,718.47	\$ 9,728,567.19	\$ 10,942,212.27	\$ 12,159,665.61
Prestamo								
Monto inicial	\$ 8,484,029.34	\$ 7,881,499.64	\$ 7,277,079.28	\$ 6,670,762.33	\$ 6,062,542.82	\$ 5,452,414.81	\$ 4,840,372.28	\$ 4,226,409.25
Intereses generados	\$ 98,980.34	\$ 91,950.83	\$ 84,899.26	\$ 77,825.56	\$ 70,729.67	\$ 63,611.51	\$ 56,471.01	\$ 49,308.11
Prestamo extra	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Pago de Intereses	\$ 105,987.87	\$ 98,980.34	\$ 91,950.83	\$ 84,899.26	\$ 77,825.56	\$ 70,729.67	\$ 63,611.51	\$ 56,471.01
Pago Capital	\$ 595,522.17	\$ 597,390.85	\$ 599,265.38	\$ 601,145.80	\$ 603,032.12	\$ 604,924.36	\$ 606,822.54	\$ 608,726.67
Monto final	\$ 7,881,499.64	\$ 7,277,079.28	\$ 6,670,762.33	\$ 6,062,542.82	\$ 5,452,414.81	\$ 4,840,372.28	\$ 4,226,409.25	\$ 3,610,519.68

B. Flujo de Caja

Caso A	41	42	43	44	45	46	47	48
Ingresos	\$ 2,473,655.00	\$ 2,473,655.00	\$ 2,473,655.00	\$ 2,473,655.00	\$ 2,473,655.00	\$ 2,473,655.00	\$ 2,473,655.00	\$ 2,473,655.00
Egresos	\$ 134,458.98	\$ 134,458.98	\$ 134,458.98	\$ 134,458.98	\$ 134,458.98	\$ 134,458.98	\$ 134,458.98	\$ 134,458.98
Intereses	\$ 49,308.11	\$ 42,122.73	\$ 34,914.80	\$ 27,684.26	\$ 20,431.03	\$ 13,155.04	\$ -	\$ -
Utilidad antes de impuestos	\$ 2,289,887.91	\$ 2,297,073.29	\$ 2,304,281.22	\$ 2,311,511.76	\$ 2,318,764.99	\$ 2,326,040.98	\$ 2,339,196.02	\$ 2,339,196.02
Impuestos	\$ 457,977.58	\$ 459,414.66	\$ 460,856.24	\$ 462,302.35	\$ 463,753.00	\$ 465,208.20	\$ 467,839.20	\$ 467,839.20
Utilidad después de impuestos	\$ 1,831,910.33	\$ 1,837,658.63	\$ 1,843,424.97	\$ 1,849,209.41	\$ 1,855,011.99	\$ 1,860,832.79	\$ 1,871,356.82	\$ 1,871,356.82
Amortización	\$ 610,636.78	\$ 612,552.88	\$ 614,474.99	\$ 616,403.14	\$ 618,337.33	\$ 494,662.67	\$ -	\$ -
Flujo de caja	\$ 1,221,273.55	\$ 1,225,105.76	\$ 1,228,949.98	\$ 1,232,806.27	\$ 1,236,674.66	\$ 1,366,170.11	\$ 1,871,356.82	\$ 1,871,356.82
Flujo de caja acumulado	\$ 13,380,939.16	\$ 14,606,044.92	\$ 15,834,994.90	\$ 17,067,801.17	\$ 18,304,475.84	\$ 19,670,645.95	\$ 21,542,002.77	\$ 23,413,359.58
Prestamo								
Monto inicial	\$ 3,610,519.68	\$ 2,992,697.52	\$ 2,372,936.72	\$ 1,751,231.19	\$ 1,127,574.82	\$ 501,961.50	\$ -	\$ -
Intereses generados	\$ 42,122.73	\$ 34,914.80	\$ 27,684.26	\$ 20,431.03	\$ 13,155.04	\$ 5,856.22	\$ -	\$ -
Prestamo extra	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Pago de Intereses	\$ 49,308.11	\$ 42,122.73	\$ 34,914.80	\$ 27,684.26	\$ 20,431.03	\$ 13,155.04	\$ -	\$ -
Pago Capital	\$ 610,636.78	\$ 612,552.88	\$ 614,474.99	\$ 616,403.14	\$ 618,337.33	\$ 494,662.67	\$ -	\$ -
Monto final	\$ 2,992,697.52	\$ 2,372,936.72	\$ 1,751,231.19	\$ 1,127,574.82	\$ 501,961.50	\$ -	\$ -	\$ -

B. Flujo de Caja

Caso A	49	50	51	52	53	54	55	56
Ingresos	\$ 2,473,655.00	\$ 2,473,655.00	\$ 2,473,655.00	\$ 2,473,655.00	\$ 2,473,655.00	\$ 2,473,655.00	\$ 2,473,655.00	\$ 2,473,655.00
Egresos	\$ 134,458.98	\$ 134,458.98	\$ 134,458.98	\$ 134,458.98	\$ 134,458.98	\$ 134,458.98	\$ 134,458.98	\$ 134,458.98
Intereses	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Utilidad antes de impuestos	\$ 2,339,196.02	\$ 2,339,196.02	\$ 2,339,196.02	\$ 2,339,196.02	\$ 2,339,196.02	\$ 2,339,196.02	\$ 2,339,196.02	\$ 2,339,196.02
Impuestos	\$ 467,839.20	\$ 467,839.20	\$ 467,839.20	\$ 467,839.20	\$ 467,839.20	\$ 467,839.20	\$ 467,839.20	\$ 467,839.20
Utilidad después de impuestos	\$ 1,871,356.82	\$ 1,871,356.82	\$ 1,871,356.82	\$ 1,871,356.82	\$ 1,871,356.82	\$ 1,871,356.82	\$ 1,871,356.82	\$ 1,871,356.82
Amortización	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Flujo de caja	\$ 1,871,356.82	\$ 1,871,356.82	\$ 1,871,356.82	\$ 1,871,356.82	\$ 1,871,356.82	\$ 1,871,356.82	\$ 1,871,356.82	\$ 1,871,356.82
Flujo de caja acumulado	\$ 25,284,716.40	\$ 27,156,073.22	\$ 29,027,430.04	\$ 30,898,786.86	\$ 32,770,143.67	\$ 34,641,500.49	\$ 36,512,857.31	\$ 38,384,214.13
Prestamo								
Monto inicial	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Intereses generados	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Prestamo extra	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Pago de Intereses	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Pago Capital	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Monto final	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -

B. Flujo de Caja

Caso A

	57	58	59	60
Ingresos	\$ 2,473,655.00	\$ 2,473,655.00	\$ 2,473,655.00	\$ 2,473,655.00
Egresos	\$ 134,458.98	\$ 134,458.98	\$ 134,458.98	\$ 134,458.98
Intereses	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Utilidad antes de impuestos	\$ 2,339,196.02	\$ 2,339,196.02	\$ 2,339,196.02	\$ 2,339,196.02
Impuestos	\$ 467,839.20	\$ 467,839.20	\$ 467,839.20	\$ 467,839.20
Utilidad después de impuestos	\$ 1,871,356.82	\$ 1,871,356.82	\$ 1,871,356.82	\$ 1,871,356.82
Amortización	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Flujo de caja	\$ 1,871,356.82	\$ 1,871,356.82	\$ 1,871,356.82	\$ 1,871,356.82
Flujo de caja acumulado	\$ 40,255,570.95	\$ 42,126,927.76	\$ 43,998,284.58	\$ 45,869,641.40
Prestamo				
Monto inicial	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Intereses generados	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Prestamo extra	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Pago de Intereses	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Pago Capital	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Monto final	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -

B. Flujo de Caja

Caso B

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Egresos	\$ 6,947,075.16	\$ 2,578,485.03	\$ 2,518,485.03	\$ 2,518,485.03	\$ 2,518,485.03	\$ 2,518,485.03	\$ 2,518,485.03	\$ 2,518,485.03	\$ 2,518,485.03	\$ 2,518,485.03
Intereses	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Utilidad antes de impuestos	-\$ 6,947,075.16	-\$ 2,578,485.03	-\$ 2,518,485.03	-\$ 2,518,485.03	-\$ 2,518,485.03	-\$ 2,518,485.03	-\$ 2,518,485.03	-\$ 2,518,485.03	-\$ 2,518,485.03	-\$ 2,518,485.03
Impuestos	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Utilidad después de impuestos	-\$ 6,947,075.16	-\$ 2,578,485.03	-\$ 2,518,485.03	-\$ 2,518,485.03	-\$ 2,518,485.03	-\$ 2,518,485.03	-\$ 2,518,485.03	-\$ 2,518,485.03	-\$ 2,518,485.03	-\$ 2,518,485.03
Amortización	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Flujo de caja	-\$ 6,947,075.16	-\$ 2,578,485.03	-\$ 2,518,485.03	-\$ 2,518,485.03	-\$ 2,518,485.03	-\$ 2,518,485.03	-\$ 2,518,485.03	-\$ 2,518,485.03	-\$ 2,518,485.03	-\$ 2,518,485.03
Flujo de caja acumulado	-\$ 6,947,075.16	-\$ 9,525,560.19	-\$ 12,044,045.21	-\$ 14,562,530.24	-\$ 17,081,015.26	-\$ 19,599,500.29	-\$ 22,117,985.31	-\$ 24,636,470.34	-\$ 27,154,955.36	-\$ 29,673,440.39
Prestamo										
Monto inicial	\$ 7,200,000.00	\$ 7,284,000.00	\$ 10,004,980.00	\$ 12,697,704.77	\$ 15,441,844.66	\$ 18,236,999.51	\$ 21,084,764.50	\$ 23,985,753.42	\$ 26,940,587.21	\$ 29,949,894.06
Intereses generados	\$ 84,000.00	\$ 84,980.00	\$ 116,724.77	\$ 148,139.89	\$ 180,154.85	\$ 212,764.99	\$ 245,988.92	\$ 279,833.79	\$ 314,306.85	\$ 349,415.43
Prestamo extra	\$ -	\$ 2,636,000.00	\$ 2,576,000.00	\$ 2,596,000.00	\$ 2,615,000.00	\$ 2,635,000.00	\$ 2,655,000.00	\$ 2,675,000.00	\$ 2,695,000.00	\$ 2,715,000.00
Pago de Intereses	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Pago Capital	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Monto final	\$ 7,284,000.00	\$ 10,004,980.00	\$ 12,697,704.77	\$ 15,441,844.66	\$ 18,236,999.51	\$ 21,084,764.50	\$ 23,985,753.42	\$ 26,940,587.21	\$ 29,949,894.06	\$ 33,014,309.49

VPN \$ 13,354,448.20

Monto de préstamo \$ 30,998,000.00

Impuestos 20%

TIR 0.74%

Tasa de interés anual 14%

B. Flujo de Caja

Caso B

	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Ingresos	\$ 1,503,274.70	\$ 1,912,472.80	\$ 1,994,723.68	\$ 1,875,459.91	\$ 1,796,636.15	\$ 1,508,072.67	\$ 124,747.16	\$ 72,654.94	\$ 52,092.22	\$ 45,237.98
Egresos	\$ 68,621.10	\$ 143,100.90	\$ 158,071.71	\$ 136,364.03	\$ 122,017.00	\$ 69,494.39	\$ 25,205.74	\$ 15,724.22	\$ 11,981.52	\$ 10,733.95
Intereses	\$ 349,415.43	\$ 385,166.94	\$ 378,831.45	\$ 370,144.71	\$ 360,972.48	\$ 352,347.55	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Utilidad antes de impuestos	\$ 1,085,238.17	\$ 1,384,204.96	\$ 1,457,820.51	\$ 1,368,951.17	\$ 1,313,646.67	\$ 1,086,230.72	\$ 99,541.43	\$ 56,930.72	\$ 40,110.71	\$ 34,504.03
Impuestos	\$ 217,047.63	\$ 276,840.99	\$ 291,564.10	\$ 273,790.23	\$ 262,729.33	\$ 217,246.14	\$ 19,908.29	\$ 11,386.14	\$ 8,022.14	\$ 6,900.81
Utilidad después de impuestos	\$ 868,190.54	\$ 1,107,363.97	\$ 1,166,256.41	\$ 1,095,160.93	\$ 1,050,917.34	\$ 868,984.58	\$ 79,633.14	\$ 45,544.58	\$ 32,088.56	\$ 27,603.23
Amortización	\$ 578,793.69	\$ 738,242.64	\$ 777,504.27	\$ 730,107.29	\$ 700,611.56	\$ 579,323.05	\$ 53,088.76	\$ 30,363.05	\$ 21,392.38	\$ 18,402.15
Flujo de caja	\$ 289,396.85	\$ 369,121.32	\$ 388,752.14	\$ 365,053.64	\$ 350,305.78	\$ 289,661.53	\$ 26,544.38	\$ 15,181.53	\$ 10,696.19	\$ 9,201.08
Flujo de caja acumulado	-\$ 29,384,043.54	-\$ 29,014,922.22	-\$ 28,626,170.08	-\$ 28,261,116.44	-\$ 27,910,810.66	-\$ 27,621,149.13	-\$ 27,594,604.75	-\$ 27,579,423.23	-\$ 27,568,727.04	-\$ 27,559,525.96
Prestamo										
Monto inicial	\$ 33,014,309.49	\$ 32,471,267.32	\$ 31,726,689.18	\$ 30,940,498.16	\$ 30,201,218.65	\$ 29,491,982.16	\$ 28,904,384.68	\$ 29,188,513.74	\$ 29,498,683.35	\$ 29,821,442.28
Intereses generados	\$ 385,166.94	\$ 378,831.45	\$ 370,144.71	\$ 360,972.48	\$ 352,347.55	\$ 344,073.13	\$ 337,217.82	\$ 340,532.66	\$ 344,151.31	\$ 347,916.83
Prestamo extra	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Pago de Intereses	\$ 349,415.43	\$ 385,166.94	\$ 378,831.45	\$ 370,144.71	\$ 360,972.48	\$ 352,347.55	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Pago Capital	\$ 578,793.69	\$ 738,242.64	\$ 777,504.27	\$ 730,107.29	\$ 700,611.56	\$ 579,323.05	\$ 53,088.76	\$ 30,363.05	\$ 21,392.38	\$ 18,402.15
Monto final	\$ 32,471,267.32	\$ 31,726,689.18	\$ 30,940,498.16	\$ 30,201,218.65	\$ 29,491,982.16	\$ 28,904,384.68	\$ 29,188,513.74	\$ 29,498,683.35	\$ 29,821,442.28	\$ 30,150,956.96

B. Flujo de Caja

Caso B

	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Ingresos	\$ 56,204.76	\$ 143,939.03	\$ 1,503,274.70	\$ 1,912,472.80	\$ 1,994,723.68	\$ 1,875,459.91	\$ 1,796,636.15	\$ 1,508,072.67	\$ 124,747.16	\$ 72,654.94
Egresos	\$ 12,730.06	\$ 28,698.93	\$ 68,621.10	\$ 143,100.90	\$ 158,071.71	\$ 136,364.03	\$ 122,017.00	\$ 69,494.39	\$ 25,205.74	\$ 15,724.22
Intereses	\$ -	\$ -	\$ 355,594.54	\$ 359,026.09	\$ 352,351.98	\$ 343,498.63	\$ 334,159.70	\$ 325,367.02	\$ -	\$ -
Utilidad antes de impuestos	\$ 43,474.71	\$ 115,240.11	\$ 1,079,059.07	\$ 1,410,345.81	\$ 1,484,299.98	\$ 1,395,597.25	\$ 1,340,459.46	\$ 1,113,211.25	\$ 99,541.43	\$ 56,930.72
Impuestos	\$ 8,694.94	\$ 23,048.02	\$ 215,811.81	\$ 282,069.16	\$ 296,860.00	\$ 279,119.45	\$ 268,091.89	\$ 222,642.25	\$ 19,908.29	\$ 11,386.14
Utilidad después de impuestos	\$ 34,779.77	\$ 92,192.08	\$ 863,247.25	\$ 1,128,276.65	\$ 1,187,439.99	\$ 1,116,477.80	\$ 1,072,367.56	\$ 890,569.00	\$ 79,633.14	\$ 45,544.58
Amortización	\$ 23,186.51	\$ 61,461.39	\$ 575,498.17	\$ 752,184.43	\$ 791,626.66	\$ 744,318.53	\$ 714,911.71	\$ 593,712.66	\$ 53,088.76	\$ 30,363.05
Flujo de caja	\$ 11,593.26	\$ 30,730.69	\$ 287,749.08	\$ 376,092.22	\$ 395,813.33	\$ 372,159.27	\$ 357,455.85	\$ 296,856.33	\$ 26,544.38	\$ 15,181.53
Flujo de caja acumulado	-\$ 27,547,932.71	-\$ 27,517,202.01	-\$ 27,229,452.93	-\$ 26,853,360.71	-\$ 26,457,547.38	-\$ 26,085,388.12	-\$ 25,727,932.26	-\$ 25,431,075.93	-\$ 25,404,531.55	-\$ 25,389,350.03
Prestamo										
Monto inicial	\$ 30,150,956.96	\$ 30,479,531.61	\$ 30,773,664.76	\$ 30,201,598.14	\$ 29,442,739.60	\$ 28,642,259.59	\$ 27,888,602.13	\$ 27,164,897.75	\$ 26,562,741.86	\$ 26,819,551.76
Intereses generados	\$ 351,761.16	\$ 355,594.54	\$ 359,026.09	\$ 352,351.98	\$ 343,498.63	\$ 334,159.70	\$ 325,367.02	\$ 316,923.81	\$ 309,898.66	\$ 312,894.77
Prestamo extra	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Pago de Intereses	\$ -	\$ -	\$ 355,594.54	\$ 359,026.09	\$ 352,351.98	\$ 343,498.63	\$ 334,159.70	\$ 325,367.02	\$ -	\$ -
Pago Capital	\$ 23,186.51	\$ 61,461.39	\$ 575,498.17	\$ 752,184.43	\$ 791,626.66	\$ 744,318.53	\$ 714,911.71	\$ 593,712.66	\$ 53,088.76	\$ 30,363.05
Monto final	\$ 30,479,531.61	\$ 30,773,664.76	\$ 30,201,598.14	\$ 29,442,739.60	\$ 28,642,259.59	\$ 27,888,602.13	\$ 27,164,897.75	\$ 26,562,741.86	\$ 26,819,551.76	\$ 27,102,083.48

B. Flujo de Caja

Caso B

	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Ingresos	\$ 52,092.22	\$ 45,237.98	\$ 56,204.76	\$ 143,939.03	\$ 1,503,274.70	\$ 1,912,472.80	\$ 1,994,723.68	\$ 1,875,459.91	\$ 1,796,636.15	\$ 1,508,072.67
Egresos	\$ 11,981.52	\$ 10,733.95	\$ 12,730.06	\$ 28,698.93	\$ 68,621.10	\$ 174,084.68	\$ 158,071.71	\$ 136,364.03	\$ 122,017.00	\$ 69,494.39
Intereses	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 326,644.13	\$ 329,737.93	\$ 322,879.74	\$ 314,034.80	\$ 304,512.58	\$ 295,534.44
Utilidad antes de impuestos	\$ 40,110.71	\$ 34,504.03	\$ 43,474.71	\$ 115,240.11	\$ 1,108,009.47	\$ 1,408,650.19	\$ 1,513,772.22	\$ 1,425,061.08	\$ 1,370,106.57	\$ 1,143,043.83
Impuestos	\$ 8,022.14	\$ 6,900.81	\$ 8,694.94	\$ 23,048.02	\$ 221,601.89	\$ 281,730.04	\$ 302,754.44	\$ 285,012.22	\$ 274,021.31	\$ 228,608.77
Utilidad después de impuestos	\$ 32,088.56	\$ 27,603.23	\$ 34,779.77	\$ 92,192.08	\$ 886,407.58	\$ 1,126,920.15	\$ 1,211,017.78	\$ 1,140,048.86	\$ 1,096,085.26	\$ 914,435.07
Amortización	\$ 21,392.38	\$ 18,402.15	\$ 23,186.51	\$ 61,461.39	\$ 590,938.38	\$ 751,280.10	\$ 807,345.18	\$ 760,032.58	\$ 730,723.51	\$ 609,623.38
Flujo de caja	\$ 10,696.19	\$ 9,201.08	\$ 11,593.26	\$ 30,730.69	\$ 295,469.19	\$ 375,640.05	\$ 403,672.59	\$ 380,016.29	\$ 365,361.75	\$ 304,811.69
Flujo de caja acumulado	-\$ 25,378,653.84	-\$ 25,369,452.76	-\$ 25,357,859.51	-\$ 25,327,128.81	-\$ 25,031,659.62	-\$ 24,656,019.57	-\$ 24,252,346.98	-\$ 23,872,330.69	-\$ 23,506,968.94	-\$ 23,202,157.25
Prestamo										
Monto inicial	\$ 27,102,083.48	\$ 27,396,882.08	\$ 27,698,110.22	\$ 27,998,068.33	\$ 28,263,251.07	\$ 27,675,406.48	\$ 26,917,268.19	\$ 26,101,078.06	\$ 25,331,523.27	\$ 24,591,821.62
Intereses generados	\$ 316,190.97	\$ 319,630.29	\$ 323,144.62	\$ 326,644.13	\$ 329,737.93	\$ 322,879.74	\$ 314,034.80	\$ 304,512.58	\$ 295,534.44	\$ 286,904.59
Prestamo extra	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Pago de Intereses	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 326,644.13	\$ 329,737.93	\$ 322,879.74	\$ 314,034.80	\$ 304,512.58	\$ 295,534.44
Pago Capital	\$ 21,392.38	\$ 18,402.15	\$ 23,186.51	\$ 61,461.39	\$ 590,938.38	\$ 751,280.10	\$ 807,345.18	\$ 760,032.58	\$ 730,723.51	\$ 609,623.38
Monto final	\$ 27,396,882.08	\$ 27,698,110.22	\$ 27,998,068.33	\$ 28,263,251.07	\$ 27,675,406.48	\$ 26,917,268.19	\$ 26,101,078.06	\$ 25,331,523.27	\$ 24,591,821.62	\$ 23,973,568.39

B. Flujo de Caja

Caso B

	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
Ingresos	\$ 124,747.16	\$ 72,654.94	\$ 52,092.22	\$ 45,237.98	\$ 56,204.76	\$ 143,939.03	\$ 1,503,274.70	\$ 1,912,472.80	\$ 1,994,723.68	\$ 1,875,459.91
Egresos	\$ 25,205.74	\$ 15,724.22	\$ 11,981.52	\$ 10,733.95	\$ 12,730.06	\$ 28,698.93	\$ 68,621.10	\$ 143,100.90	\$ 158,071.71	\$ 136,364.03
Intereses	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 294,633.43	\$ 297,353.77	\$ 290,292.05	\$ 281,050.44
Utilidad antes de impuestos	\$ 99,541.43	\$ 56,930.72	\$ 40,110.71	\$ 34,504.03	\$ 43,474.71	\$ 115,240.11	\$ 1,140,020.17	\$ 1,472,018.13	\$ 1,546,359.91	\$ 1,458,045.43
Impuestos	\$ 19,908.29	\$ 11,386.14	\$ 8,022.14	\$ 6,900.81	\$ 8,694.94	\$ 23,048.02	\$ 228,004.03	\$ 294,403.63	\$ 309,271.98	\$ 291,609.09
Utilidad después de impuestos	\$ 79,633.14	\$ 45,544.58	\$ 32,088.56	\$ 27,603.23	\$ 34,779.77	\$ 92,192.08	\$ 912,016.13	\$ 1,177,614.50	\$ 1,237,087.93	\$ 1,166,436.35
Amortización	\$ 53,088.76	\$ 30,363.05	\$ 21,392.38	\$ 18,402.15	\$ 23,186.51	\$ 61,461.39	\$ 608,010.76	\$ 785,076.34	\$ 824,725.29	\$ 777,624.23
Flujo de caja	\$ 26,544.38	\$ 15,181.53	\$ 10,696.19	\$ 9,201.08	\$ 11,593.26	\$ 30,730.69	\$ 304,005.38	\$ 392,538.17	\$ 412,362.64	\$ 388,812.12
Flujo de caja acumulado	-\$ 23,175,612.87	-\$ 23,160,431.34	-\$ 23,149,735.15	-\$ 23,140,534.08	-\$ 23,128,940.82	-\$ 23,098,210.13	-\$ 22,794,204.75	-\$ 22,401,666.58	-\$ 21,989,303.94	-\$ 21,600,491.82
Prestamo										
Monto inicial	\$ 23,973,568.39	\$ 24,200,171.26	\$ 24,452,143.54	\$ 24,716,026.17	\$ 24,985,977.66	\$ 25,254,294.22	\$ 25,487,466.27	\$ 24,882,175.85	\$ 24,090,037.79	\$ 23,256,070.90
Intereses generados	\$ 279,691.63	\$ 282,335.33	\$ 285,275.01	\$ 288,353.64	\$ 291,503.07	\$ 294,633.43	\$ 297,353.77	\$ 290,292.05	\$ 281,050.44	\$ 271,320.83
Prestamo extra	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Pago de Intereses	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 294,633.43	\$ 297,353.77	\$ 290,292.05	\$ 281,050.44
Pago Capital	\$ 53,088.76	\$ 30,363.05	\$ 21,392.38	\$ 18,402.15	\$ 23,186.51	\$ 61,461.39	\$ 608,010.76	\$ 785,076.34	\$ 824,725.29	\$ 777,624.23
Monto final	\$ 24,200,171.26	\$ 24,452,143.54	\$ 24,716,026.17	\$ 24,985,977.66	\$ 25,254,294.22	\$ 25,487,466.27	\$ 24,882,175.85	\$ 24,090,037.79	\$ 23,256,070.90	\$ 22,468,717.05

B. Flujo de Caja

Caso B

	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
Ingresos	\$ 1,796,636.15	\$ 1,508,072.67	\$ 124,747.16	\$ 72,654.94	\$ 52,092.22	\$ 45,237.98	\$ 56,204.76	\$ 143,939.03	\$ 1,503,274.70	\$ 1,912,472.80
Egresos	\$ 122,017.00	\$ 69,494.39	\$ 25,205.74	\$ 15,724.22	\$ 11,981.52	\$ 10,733.95	\$ 12,730.06	\$ 28,698.93	\$ 68,621.10	\$ 143,100.90
Intereses	\$ 271,320.83	\$ 262,135.03	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 258,795.50	\$ 261,097.73
Utilidad antes de impuestos	\$ 1,403,298.32	\$ 1,176,443.24	\$ 99,541.43	\$ 56,930.72	\$ 40,110.71	\$ 34,504.03	\$ 43,474.71	\$ 115,240.11	\$ 1,175,858.10	\$ 1,508,274.17
Impuestos	\$ 280,659.66	\$ 235,288.65	\$ 19,908.29	\$ 11,386.14	\$ 8,022.14	\$ 6,900.81	\$ 8,694.94	\$ 23,048.02	\$ 235,171.62	\$ 301,654.83
Utilidad después de impuestos	\$ 1,122,638.66	\$ 941,154.59	\$ 79,633.14	\$ 45,544.58	\$ 32,088.56	\$ 27,603.23	\$ 34,779.77	\$ 92,192.08	\$ 940,686.48	\$ 1,206,619.34
Amortización	\$ 748,425.77	\$ 627,436.39	\$ 53,088.76	\$ 30,363.05	\$ 21,392.38	\$ 18,402.15	\$ 23,186.51	\$ 61,461.39	\$ 627,124.32	\$ 804,412.89
Flujo de caja	\$ 374,212.89	\$ 313,718.20	\$ 26,544.38	\$ 15,181.53	\$ 10,696.19	\$ 9,201.08	\$ 11,593.26	\$ 30,730.69	\$ 313,562.16	\$ 402,206.45
Flujo de caja acumulado	-\$ 21,226,278.94	-\$ 20,912,560.74	-\$ 20,886,016.36	-\$ 20,870,834.83	-\$ 20,860,138.65	-\$ 20,850,937.57	-\$ 20,839,344.32	-\$ 20,808,613.62	-\$ 20,495,051.46	-\$ 20,092,845.01
Prestamo										
Monto inicial	\$ 22,468,717.05	\$ 21,711,105.48	\$ 21,074,830.29	\$ 21,267,614.55	\$ 21,485,373.67	\$ 21,714,643.98	\$ 21,949,579.35	\$ 22,182,471.26	\$ 22,379,805.37	\$ 21,754,983.28
Intereses generados	\$ 262,135.03	\$ 253,296.23	\$ 245,873.02	\$ 248,122.17	\$ 250,662.69	\$ 253,337.51	\$ 256,078.43	\$ 258,795.50	\$ 261,097.73	\$ 253,808.14
Prestamo extra	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Pago de Intereses	\$ 271,320.83	\$ 262,135.03	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 258,795.50	\$ 261,097.73
Pago Capital	\$ 748,425.77	\$ 627,436.39	\$ 53,088.76	\$ 30,363.05	\$ 21,392.38	\$ 18,402.15	\$ 23,186.51	\$ 61,461.39	\$ 627,124.32	\$ 804,412.89
Monto final	\$ 21,711,105.48	\$ 21,074,830.29	\$ 21,267,614.55	\$ 21,485,373.67	\$ 21,714,643.98	\$ 21,949,579.35	\$ 22,182,471.26	\$ 22,379,805.37	\$ 21,754,983.28	\$ 20,943,280.80

B. Flujo de Caja

Caso B

	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
Ingresos	\$ 1,994,723.68	\$ 1,875,459.91	\$ 1,796,636.15	\$ 1,508,072.67	\$ 124,747.16	\$ 72,654.94	\$ 52,092.22	\$ 45,237.98	\$ 56,204.76	\$ 143,939.03
Egresos	\$ 158,071.71	\$ 136,364.03	\$ 122,017.00	\$ 69,494.39	\$ 25,205.74	\$ 15,724.22	\$ 11,981.52	\$ 10,733.95	\$ 12,730.06	\$ 28,698.93
Intereses	\$ 253,808.14	\$ 244,338.28	\$ 234,378.99	\$ 224,962.08	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Utilidad antes de impuestos	\$ 1,582,843.82	\$ 1,494,757.60	\$ 1,440,240.16	\$ 1,213,616.19	\$ 99,541.43	\$ 56,930.72	\$ 40,110.71	\$ 34,504.03	\$ 43,474.71	\$ 115,240.11
Impuestos	\$ 316,568.76	\$ 298,951.52	\$ 288,048.03	\$ 242,723.24	\$ 19,908.29	\$ 11,386.14	\$ 8,022.14	\$ 6,900.81	\$ 8,694.94	\$ 23,048.02
Utilidad después de impuestos	\$ 1,266,275.06	\$ 1,195,806.08	\$ 1,152,192.13	\$ 970,892.95	\$ 79,633.14	\$ 45,544.58	\$ 32,088.56	\$ 27,603.23	\$ 34,779.77	\$ 92,192.08
Amortización	\$ 844,183.37	\$ 797,204.05	\$ 768,128.09	\$ 647,261.97	\$ 53,088.76	\$ 30,363.05	\$ 21,392.38	\$ 18,402.15	\$ 23,186.51	\$ 61,461.39
Flujo de caja	\$ 422,091.69	\$ 398,602.03	\$ 384,064.04	\$ 323,630.98	\$ 26,544.38	\$ 15,181.53	\$ 10,696.19	\$ 9,201.08	\$ 11,593.26	\$ 30,730.69
Flujo de caja acumulado	-\$ 19,670,753.33	-\$ 19,272,151.30	-\$ 18,888,087.26	-\$ 18,564,456.27	-\$ 18,537,911.89	-\$ 18,522,730.37	-\$ 18,512,034.18	-\$ 18,502,833.10	-\$ 18,491,239.85	-\$ 18,460,509.15
Prestamo										
Monto inicial	\$ 20,943,280.80	\$ 20,089,627.56	\$ 19,282,464.22	\$ 18,504,919.23	\$ 17,848,585.90	\$ 18,003,730.64	\$ 18,183,411.12	\$ 18,374,158.54	\$ 18,570,121.57	\$ 18,763,586.48
Intereses generados	\$ 244,338.28	\$ 234,378.99	\$ 224,962.08	\$ 215,890.72	\$ 208,233.50	\$ 210,043.52	\$ 212,139.80	\$ 214,365.18	\$ 216,651.42	\$ 218,908.51
Prestamo extra	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Pago de Intereses	\$ 253,808.14	\$ 244,338.28	\$ 234,378.99	\$ 224,962.08	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Pago Capital	\$ 844,183.37	\$ 797,204.05	\$ 768,128.09	\$ 647,261.97	\$ 53,088.76	\$ 30,363.05	\$ 21,392.38	\$ 18,402.15	\$ 23,186.51	\$ 61,461.39
Monto final	\$ 20,089,627.56	\$ 19,282,464.22	\$ 18,504,919.23	\$ 17,848,585.90	\$ 18,003,730.64	\$ 18,183,411.12	\$ 18,374,158.54	\$ 18,570,121.57	\$ 18,763,586.48	\$ 18,921,033.60

B. Flujo de Caja

Caso B

	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
Ingresos	\$ 1,503,274.70	\$ 1,912,472.80	\$ 1,994,723.68	\$ 1,875,459.91	\$ 1,796,636.15	\$ 1,508,072.67	\$ 124,747.16	\$ 72,654.94	\$ 52,092.22	\$ 45,237.98
Egresos	\$ 68,621.10	\$ 174,084.68	\$ 158,071.71	\$ 136,364.03	\$ 122,017.00	\$ 69,494.39	\$ 25,205.74	\$ 15,724.22	\$ 11,981.52	\$ 10,733.95
Intereses	\$ 218,908.51	\$ 220,745.39	\$ 213,202.19	\$ 203,671.07	\$ 193,458.41	\$ 183,785.51	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Utilidad antes de impuestos	\$ 1,215,745.09	\$ 1,517,642.73	\$ 1,623,449.78	\$ 1,535,424.80	\$ 1,481,160.74	\$ 1,254,792.76	\$ 99,541.43	\$ 56,930.72	\$ 40,110.71	\$ 34,504.03
Impuestos	\$ 243,149.02	\$ 303,528.55	\$ 324,689.96	\$ 307,084.96	\$ 296,232.15	\$ 250,958.55	\$ 19,908.29	\$ 11,386.14	\$ 8,022.14	\$ 6,900.81
Utilidad después de impuestos	\$ 972,596.07	\$ 1,214,114.18	\$ 1,298,759.82	\$ 1,228,339.84	\$ 1,184,928.59	\$ 1,003,834.21	\$ 79,633.14	\$ 45,544.58	\$ 32,088.56	\$ 27,603.23
Amortización	\$ 648,397.38	\$ 809,409.46	\$ 865,839.88	\$ 818,893.23	\$ 789,952.39	\$ 669,222.81	\$ 53,088.76	\$ 30,363.05	\$ 21,392.38	\$ 18,402.15
Flujo de caja	\$ 324,198.69	\$ 404,704.73	\$ 432,919.94	\$ 409,446.61	\$ 394,976.20	\$ 334,611.40	\$ 26,544.38	\$ 15,181.53	\$ 10,696.19	\$ 9,201.08
Flujo de caja acumulado	-\$ 18,136,310.46	-\$ 17,731,605.74	-\$ 17,298,685.79	-\$ 16,889,239.18	-\$ 16,494,262.98	-\$ 16,159,651.58	-\$ 16,133,107.20	-\$ 16,117,925.67	-\$ 16,107,229.49	-\$ 16,098,028.41
Prestamo										
Monto inicial	\$ 18,921,033.60	\$ 18,274,473.10	\$ 17,457,520.44	\$ 16,582,149.44	\$ 15,753,043.55	\$ 14,953,418.25	\$ 14,274,866.49	\$ 14,388,317.83	\$ 14,525,818.49	\$ 14,673,894.00
Intereses generados	\$ 220,745.39	\$ 213,202.19	\$ 203,671.07	\$ 193,458.41	\$ 183,785.51	\$ 174,456.55	\$ 166,540.11	\$ 167,863.71	\$ 169,467.88	\$ 171,195.43
Prestamo extra	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Pago de Intereses	\$ 218,908.51	\$ 220,745.39	\$ 213,202.19	\$ 203,671.07	\$ 193,458.41	\$ 183,785.51	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Pago Capital	\$ 648,397.38	\$ 809,409.46	\$ 865,839.88	\$ 818,893.23	\$ 789,952.39	\$ 669,222.81	\$ 53,088.76	\$ 30,363.05	\$ 21,392.38	\$ 18,402.15
Monto final	\$ 18,274,473.10	\$ 17,457,520.44	\$ 16,582,149.44	\$ 15,753,043.55	\$ 14,953,418.25	\$ 14,274,866.49	\$ 14,388,317.83	\$ 14,525,818.49	\$ 14,673,894.00	\$ 14,826,687.28

B. Flujo de Caja

Caso B

	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
Ingresos	\$ 56,204.76	\$ 143,939.03	\$ 1,503,274.70	\$ 1,912,472.80	\$ 1,994,723.68	\$ 1,875,459.91	\$ 1,796,636.15	\$ 1,508,072.67	\$ 124,747.16	\$ 72,654.94
Egresos	\$ 12,730.06	\$ 28,698.93	\$ 68,621.10	\$ 143,100.90	\$ 158,071.71	\$ 136,364.03	\$ 122,017.00	\$ 69,494.39	\$ 25,205.74	\$ 15,724.22
Intereses	\$ -	\$ -	\$ 174,725.59	\$ 176,047.00	\$ 168,222.87	\$ 158,217.56	\$ 147,719.50	\$ 137,760.44	\$ -	\$ -
Utilidad antes de impuestos	\$ 43,474.71	\$ 115,240.11	\$ 1,259,928.02	\$ 1,593,324.90	\$ 1,668,429.10	\$ 1,580,878.31	\$ 1,526,899.65	\$ 1,300,817.83	\$ 99,541.43	\$ 56,930.72
Impuestos	\$ 8,694.94	\$ 23,048.02	\$ 251,985.60	\$ 318,664.98	\$ 333,685.82	\$ 316,175.66	\$ 305,379.93	\$ 260,163.57	\$ 19,908.29	\$ 11,386.14
Utilidad después de impuestos	\$ 34,779.77	\$ 92,192.08	\$ 1,007,942.41	\$ 1,274,659.92	\$ 1,334,743.28	\$ 1,264,702.65	\$ 1,221,519.72	\$ 1,040,654.26	\$ 79,633.14	\$ 45,544.58
Amortización	\$ 23,186.51	\$ 61,461.39	\$ 671,961.61	\$ 849,773.28	\$ 889,828.85	\$ 843,135.10	\$ 814,346.48	\$ 693,769.51	\$ 53,088.76	\$ 30,363.05
Flujo de caja	\$ 11,593.26	\$ 30,730.69	\$ 335,980.80	\$ 424,886.64	\$ 444,914.43	\$ 421,567.55	\$ 407,173.24	\$ 346,884.75	\$ 26,544.38	\$ 15,181.53
Flujo de caja acumulado	-\$ 16,086,435.16	-\$ 16,055,704.46	-\$ 15,719,723.66	-\$ 15,294,837.02	-\$ 14,849,922.59	-\$ 14,428,355.04	-\$ 14,021,181.80	-\$ 13,674,297.05	-\$ 13,647,752.67	-\$ 13,632,571.14
Prestamo										
Monto inicial	\$ 14,826,687.28	\$ 14,976,478.78	\$ 15,089,742.98	\$ 14,419,102.79	\$ 13,561,505.37	\$ 12,661,671.22	\$ 11,808,038.05	\$ 10,983,732.52	\$ 10,280,346.11	\$ 10,347,194.72
Intereses generados	\$ 172,978.02	\$ 174,725.59	\$ 176,047.00	\$ 168,222.87	\$ 158,217.56	\$ 147,719.50	\$ 137,760.44	\$ 128,143.55	\$ 119,937.37	\$ 120,717.27
Prestamo extra	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Pago de Intereses	\$ -	\$ -	\$ 174,725.59	\$ 176,047.00	\$ 168,222.87	\$ 158,217.56	\$ 147,719.50	\$ 137,760.44	\$ -	\$ -
Pago Capital	\$ 23,186.51	\$ 61,461.39	\$ 671,961.61	\$ 849,773.28	\$ 889,828.85	\$ 843,135.10	\$ 814,346.48	\$ 693,769.51	\$ 53,088.76	\$ 30,363.05
Monto final	\$ 14,976,478.78	\$ 15,089,742.98	\$ 14,419,102.79	\$ 13,561,505.37	\$ 12,661,671.22	\$ 11,808,038.05	\$ 10,983,732.52	\$ 10,280,346.11	\$ 10,347,194.72	\$ 10,437,548.94

B. Flujo de Caja

Caso B

	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
Ingresos	\$ 52,092.22	\$ 45,237.98	\$ 56,204.76	\$ 143,939.03	\$ 1,503,274.70	\$ 1,912,472.80	\$ 1,994,723.68	\$ 1,875,459.91	\$ 1,796,636.15	\$ 1,508,072.67
Egresos	\$ 11,981.52	\$ 10,733.95	\$ 12,730.06	\$ 28,698.93	\$ 68,621.10	\$ 143,100.90	\$ 158,071.71	\$ 136,364.03	\$ 122,017.00	\$ 69,494.39
Intereses	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 125,340.18	\$ 126,085.43	\$ 117,947.29	\$ 107,627.45	\$ 96,812.89	\$ 86,535.36
Utilidad antes de impuestos	\$ 40,110.71	\$ 34,504.03	\$ 43,474.71	\$ 115,240.11	\$ 1,309,313.42	\$ 1,643,286.47	\$ 1,718,704.68	\$ 1,631,468.43	\$ 1,577,806.26	\$ 1,352,042.91
Impuestos	\$ 8,022.14	\$ 6,900.81	\$ 8,694.94	\$ 23,048.02	\$ 261,862.68	\$ 328,657.29	\$ 343,740.94	\$ 326,293.69	\$ 315,561.25	\$ 270,408.58
Utilidad después de impuestos	\$ 32,088.56	\$ 27,603.23	\$ 34,779.77	\$ 92,192.08	\$ 1,047,450.74	\$ 1,314,629.18	\$ 1,374,963.74	\$ 1,305,174.74	\$ 1,262,245.01	\$ 1,081,634.33
Amortización	\$ 21,392.38	\$ 18,402.15	\$ 23,186.51	\$ 61,461.39	\$ 698,300.49	\$ 876,419.45	\$ 916,642.49	\$ 870,116.49	\$ 841,496.67	\$ 721,089.55
Flujo de caja	\$ 10,696.19	\$ 9,201.08	\$ 11,593.26	\$ 30,730.69	\$ 349,150.25	\$ 438,209.73	\$ 458,321.25	\$ 435,058.25	\$ 420,748.34	\$ 360,544.78
Flujo de caja acumulado	-\$ 13,621,874.95	-\$ 13,612,673.88	-\$ 13,601,080.62	-\$ 13,570,349.93	-\$ 13,221,199.68	-\$ 12,782,989.96	-\$ 12,324,668.71	-\$ 11,889,610.46	-\$ 11,468,862.12	-\$ 11,108,317.35
Prestamo										
Monto inicial	\$ 10,437,548.94	\$ 10,537,927.97	\$ 10,642,468.31	\$ 10,743,443.93	\$ 10,807,322.72	\$ 10,109,767.48	\$ 9,225,209.89	\$ 8,298,247.56	\$ 7,417,316.50	\$ 6,565,542.30
Intereses generados	\$ 121,771.40	\$ 122,942.49	\$ 124,162.13	\$ 125,340.18	\$ 126,085.43	\$ 117,947.29	\$ 107,627.45	\$ 96,812.89	\$ 86,535.36	\$ 76,597.99
Prestamo extra	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Pago de Intereses	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 125,340.18	\$ 126,085.43	\$ 117,947.29	\$ 107,627.45	\$ 96,812.89	\$ 86,535.36
Pago Capital	\$ 21,392.38	\$ 18,402.15	\$ 23,186.51	\$ 61,461.39	\$ 698,300.49	\$ 876,419.45	\$ 916,642.49	\$ 870,116.49	\$ 841,496.67	\$ 721,089.55
Monto final	\$ 10,537,927.97	\$ 10,642,468.31	\$ 10,743,443.93	\$ 10,807,322.72	\$ 10,109,767.48	\$ 9,225,209.89	\$ 8,298,247.56	\$ 7,417,316.50	\$ 6,565,542.30	\$ 5,834,515.38

B. Flujo de Caja

Caso B

	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110
Ingresos	\$ 124,747.16	\$ 72,654.94	\$ 52,092.22	\$ 45,237.98	\$ 56,204.76	\$ 143,939.03	\$ 1,503,274.70	\$ 1,912,472.80	\$ 1,994,723.68	\$ 1,875,459.91
Egresos	\$ 25,205.74	\$ 15,724.22	\$ 11,981.52	\$ 10,733.95	\$ 12,730.06	\$ 28,698.93	\$ 68,621.10	\$ 143,100.90	\$ 158,071.71	\$ 136,364.03
Intereses	\$ 76,597.99	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 69,399.11	\$ 69,938.25	\$ 69,659.31	\$ 61,164.49	\$ 50,489.40
Utilidad antes de impuestos	\$ 22,943.43	\$ 56,930.72	\$ 40,110.71	\$ 34,504.03	\$ 43,474.71	\$ 45,841.00	\$ 1,364,715.35	\$ 1,699,712.59	\$ 1,775,487.47	\$ 1,688,606.48
Impuestos	\$ 4,588.69	\$ 11,386.14	\$ 8,022.14	\$ 6,900.81	\$ 8,694.94	\$ 9,168.20	\$ 272,943.07	\$ 339,942.52	\$ 355,097.49	\$ 337,721.30
Utilidad después de impuestos	\$ 18,354.75	\$ 45,544.58	\$ 32,088.56	\$ 27,603.23	\$ 34,779.77	\$ 36,672.80	\$ 1,091,772.28	\$ 1,359,770.07	\$ 1,420,389.97	\$ 1,350,885.18
Amortización	\$ 12,236.50	\$ 30,363.05	\$ 21,392.38	\$ 18,402.15	\$ 23,186.51	\$ 24,448.53	\$ 727,848.18	\$ 906,513.38	\$ 946,926.65	\$ 900,590.12
Flujo de caja	\$ 6,118.25	\$ 15,181.53	\$ 10,696.19	\$ 9,201.08	\$ 11,593.26	\$ 12,224.27	\$ 363,924.09	\$ 453,256.69	\$ 473,463.32	\$ 450,295.06
Flujo de caja acumulado	-\$ 11,102,199.10	-\$ 11,087,017.57	-\$ 11,076,321.39	-\$ 11,067,120.31	-\$ 11,055,527.06	-\$ 11,043,302.79	-\$ 10,679,378.70	-\$ 10,226,122.01	-\$ 9,752,658.68	-\$ 9,302,363.62
Prestamo										
Monto inicial	\$ 5,834,515.38	\$ 5,813,750.24	\$ 5,851,214.27	\$ 5,898,086.06	\$ 5,948,494.91	\$ 5,994,707.51	\$ 5,970,798.13	\$ 5,242,671.00	\$ 4,327,662.80	\$ 3,370,061.05
Intereses generados	\$ 68,069.35	\$ 67,827.09	\$ 68,264.17	\$ 68,811.00	\$ 69,399.11	\$ 69,938.25	\$ 69,659.31	\$ 61,164.49	\$ 50,489.40	\$ 39,317.38
Prestamo extra	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Pago de Intereses	\$ 76,597.99	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 69,399.11	\$ 69,938.25	\$ 69,659.31	\$ 61,164.49	\$ 50,489.40
Pago Capital	\$ 12,236.50	\$ 30,363.05	\$ 21,392.38	\$ 18,402.15	\$ 23,186.51	\$ 24,448.53	\$ 727,848.18	\$ 906,513.38	\$ 946,926.65	\$ 900,590.12
Monto final	\$ 5,813,750.24	\$ 5,851,214.27	\$ 5,898,086.06	\$ 5,948,494.91	\$ 5,994,707.51	\$ 5,970,798.13	\$ 5,242,671.00	\$ 4,327,662.80	\$ 3,370,061.05	\$ 2,458,298.91

B. Flujo de Caja

Caso B

	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120
Ingresos	\$ 1,796,636.15	\$ 1,508,072.67	\$ 124,747.16	\$ 72,654.94	\$ 52,092.22	\$ 45,237.98	\$ 56,204.76	\$ 143,939.03	\$ 1,503,274.70	\$ 1,912,472.80
Egresos	\$ 122,017.00	\$ 69,494.39	\$ 25,205.74	\$ 15,724.22	\$ 11,981.52	\$ 10,733.95	\$ 12,730.06	\$ 28,698.93	\$ 68,621.10	\$ 143,100.90
Intereses	\$ 39,317.38	\$ 28,680.15	\$ 18,380.84	\$ 9,487.98	\$ 8,879.23	\$ 8,576.93	\$ 8,379.08	\$ 8,215.44	\$ 7,995.16	\$ -
Utilidad antes de impuestos	\$ 1,635,301.77	\$ 1,409,898.12	\$ 81,160.58	\$ 47,442.74	\$ 31,231.47	\$ 25,927.10	\$ 35,095.63	\$ 107,024.66	\$ 1,426,658.44	\$ 1,769,371.90
Impuestos	\$ 327,060.35	\$ 281,979.62	\$ 16,232.12	\$ 9,488.55	\$ 6,246.29	\$ 5,185.42	\$ 7,019.13	\$ 21,404.93	\$ 285,331.69	\$ 353,874.38
Utilidad después de impuestos	\$ 1,308,241.42	\$ 1,127,918.49	\$ 64,928.47	\$ 37,954.19	\$ 24,985.18	\$ 20,741.68	\$ 28,076.50	\$ 85,619.73	\$ 1,141,326.75	\$ 1,415,497.52
Amortización	\$ 872,160.94	\$ 751,945.66	\$ 43,285.64	\$ 25,302.79	\$ 16,656.78	\$ 13,827.79	\$ 18,717.67	\$ 57,079.82	\$ 627,331.09	\$ -
Flujo de caja	\$ 436,080.47	\$ 375,972.83	\$ 21,642.82	\$ 12,651.40	\$ 8,328.39	\$ 6,913.89	\$ 9,358.83	\$ 28,539.91	\$ 513,995.66	\$ 1,415,497.52
Flujo de caja acumulado	-\$ 8,866,283.15	-\$ 8,490,310.32	-\$ 8,468,667.50	-\$ 8,456,016.10	-\$ 8,447,687.71	-\$ 8,440,773.81	-\$ 8,431,414.98	-\$ 8,402,875.07	-\$ 7,888,879.41	-\$ 6,473,381.89
Prestamo										
Monto inicial	\$ 2,458,298.91	\$ 1,575,500.74	\$ 813,255.77	\$ 761,077.27	\$ 735,165.73	\$ 718,206.64	\$ 704,181.00	\$ 685,299.70	\$ 627,999.59	\$ -
Intereses generados	\$ 28,680.15	\$ 18,380.84	\$ 9,487.98	\$ 8,879.23	\$ 8,576.93	\$ 8,379.08	\$ 8,215.44	\$ 7,995.16	\$ 7,326.66	\$ -
Prestamo extra	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Pago de Intereses	\$ 39,317.38	\$ 28,680.15	\$ 18,380.84	\$ 9,487.98	\$ 8,879.23	\$ 8,576.93	\$ 8,379.08	\$ 8,215.44	\$ 7,995.16	\$ -
Pago Capital	\$ 872,160.94	\$ 751,945.66	\$ 43,285.64	\$ 25,302.79	\$ 16,656.78	\$ 13,827.79	\$ 18,717.67	\$ 57,079.82	\$ 627,331.09	\$ -
Monto final	\$ 1,575,500.74	\$ 813,255.77	\$ 761,077.27	\$ 735,165.73	\$ 718,206.64	\$ 704,181.00	\$ 685,299.70	\$ 627,999.59	\$ -	\$ -

B. Flujo de Caja

Caso B

	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130
Ingresos	\$ 1,994,723.68	\$ 1,875,459.91	\$ 1,796,636.15	\$ 1,508,072.67	\$ 124,747.16	\$ 72,654.94	\$ 52,092.22	\$ 45,237.98	\$ 56,204.76	\$ 143,939.03
Egresos	\$ 158,071.71	\$ 136,364.03	\$ 122,017.00	\$ 69,494.39	\$ 25,205.74	\$ 15,724.22	\$ 11,981.52	\$ 10,733.95	\$ 12,730.06	\$ 28,698.93
Intereses	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Utilidad antes de impuestos	\$ 1,836,651.96	\$ 1,739,095.87	\$ 1,674,619.15	\$ 1,438,578.27	\$ 99,541.43	\$ 56,930.72	\$ 40,110.71	\$ 34,504.03	\$ 43,474.71	\$ 115,240.11
Impuestos	\$ 367,330.39	\$ 347,819.17	\$ 334,923.83	\$ 287,715.65	\$ 19,908.29	\$ 11,386.14	\$ 8,022.14	\$ 6,900.81	\$ 8,694.94	\$ 23,048.02
Utilidad después de impuestos	\$ 1,469,321.57	\$ 1,391,276.70	\$ 1,339,695.32	\$ 1,150,862.62	\$ 79,633.14	\$ 45,544.58	\$ 32,088.56	\$ 27,603.23	\$ 34,779.77	\$ 92,192.08
Amortización	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Flujo de caja	\$ 1,469,321.57	\$ 1,391,276.70	\$ 1,339,695.32	\$ 1,150,862.62	\$ 79,633.14	\$ 45,544.58	\$ 32,088.56	\$ 27,603.23	\$ 34,779.77	\$ 92,192.08
Flujo de caja acumulado	-\$ 5,004,060.32	-\$ 3,612,783.62	-\$ 2,273,088.30	-\$ 1,122,225.68	-\$ 1,042,592.54	-\$ 997,047.97	-\$ 964,959.40	-\$ 937,356.18	-\$ 902,576.41	-\$ 810,384.32
Prestamo										
Monto inicial	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Intereses generados	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Prestamo extra	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Pago de Intereses	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Pago Capital	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Monto final	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -

B. Flujo de Caja

Caso B

	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140
Ingresos	\$ 1,503,274.70	\$ 1,912,472.80	\$ 1,994,723.68	\$ 1,875,459.91	\$ 1,796,636.15	\$ 1,508,072.67	\$ 124,747.16	\$ 72,654.94	\$ 52,092.22	\$ 45,237.98
Egresos	\$ 68,621.10	\$ 143,100.90	\$ 158,071.71	\$ 136,364.03	\$ 122,017.00	\$ 69,494.39	\$ 25,205.74	\$ 15,724.22	\$ 11,981.52	\$ 10,733.95
Intereses	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Utilidad antes de impuestos	\$ 1,434,653.60	\$ 1,769,371.90	\$ 1,836,651.96	\$ 1,739,095.87	\$ 1,674,619.15	\$ 1,438,578.27	\$ 99,541.43	\$ 56,930.72	\$ 40,110.71	\$ 34,504.03
Impuestos	\$ 286,930.72	\$ 353,874.38	\$ 367,330.39	\$ 347,819.17	\$ 334,923.83	\$ 287,715.65	\$ 19,908.29	\$ 11,386.14	\$ 8,022.14	\$ 6,900.81
Utilidad después de impuestos	\$ 1,147,722.88	\$ 1,415,497.52	\$ 1,469,321.57	\$ 1,391,276.70	\$ 1,339,695.32	\$ 1,150,862.62	\$ 79,633.14	\$ 45,544.58	\$ 32,088.56	\$ 27,603.23
Amortización	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Flujo de caja	\$ 1,147,722.88	\$ 1,415,497.52	\$ 1,469,321.57	\$ 1,391,276.70	\$ 1,339,695.32	\$ 1,150,862.62	\$ 79,633.14	\$ 45,544.58	\$ 32,088.56	\$ 27,603.23
Flujo de caja acumulado	\$ 337,338.56	\$ 1,752,836.08	\$ 3,222,157.65	\$ 4,613,434.35	\$ 5,953,129.67	\$ 7,103,992.29	\$ 7,183,625.43	\$ 7,229,170.00	\$ 7,261,258.57	\$ 7,288,861.79
Prestamo										
Monto inicial	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Intereses generados	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Prestamo extra	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Pago de Intereses	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Pago Capital	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Monto final	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -

B. Flujo de Caja

Caso B

	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150
Ingresos	\$ 56,204.76	\$ 143,939.03	\$ 1,503,274.70	\$ 1,912,472.80	\$ 1,994,723.68	\$ 1,875,459.91	\$ 1,796,636.15	\$ 1,508,072.67	\$ 124,747.16	\$ 72,654.94
Egresos	\$ 12,730.06	\$ 28,698.93	\$ 68,621.10	\$ 143,100.90	\$ 158,071.71	\$ 136,364.03	\$ 122,017.00	\$ 69,494.39	\$ 25,205.74	\$ 15,724.22
Intereses	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Utilidad antes de impuestos	\$ 43,474.71	\$ 115,240.11	\$ 1,434,653.60	\$ 1,769,371.90	\$ 1,836,651.96	\$ 1,739,095.87	\$ 1,674,619.15	\$ 1,438,578.27	\$ 99,541.43	\$ 56,930.72
Impuestos	\$ 8,694.94	\$ 23,048.02	\$ 286,930.72	\$ 353,874.38	\$ 367,330.39	\$ 347,819.17	\$ 334,923.83	\$ 287,715.65	\$ 19,908.29	\$ 11,386.14
Utilidad después de impuestos	\$ 34,779.77	\$ 92,192.08	\$ 1,147,722.88	\$ 1,415,497.52	\$ 1,469,321.57	\$ 1,391,276.70	\$ 1,339,695.32	\$ 1,150,862.62	\$ 79,633.14	\$ 45,544.58
Amortización	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Flujo de caja	\$ 34,779.77	\$ 92,192.08	\$ 1,147,722.88	\$ 1,415,497.52	\$ 1,469,321.57	\$ 1,391,276.70	\$ 1,339,695.32	\$ 1,150,862.62	\$ 79,633.14	\$ 45,544.58
Flujo de caja acumulado	\$ 7,323,641.56	\$ 7,415,833.64	\$ 8,563,556.52	\$ 9,979,054.05	\$ 11,448,375.62	\$ 12,839,652.32	\$ 14,179,347.64	\$ 15,330,210.25	\$ 15,409,843.39	\$ 15,455,387.97
Prestamo										
Monto inicial	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Intereses generados	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Prestamo extra	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Pago de Intereses	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Pago Capital	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Monto final	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -

B. Flujo de Caja

Caso B

	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160
Ingresos	\$ 52,092.22	\$ 45,237.98	\$ 56,204.76	\$ 143,939.03	\$ 1,503,274.70	\$ 1,912,472.80	\$ 1,994,723.68	\$ 1,875,459.91	\$ 1,796,636.15	\$ 1,508,072.67
Egresos	\$ 11,981.52	\$ 10,733.95	\$ 12,730.06	\$ 28,698.93	\$ 68,621.10	\$ 143,100.90	\$ 158,071.71	\$ 136,364.03	\$ 122,017.00	\$ 69,494.39
Intereses	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Utilidad antes de impuestos	\$ 40,110.71	\$ 34,504.03	\$ 43,474.71	\$ 115,240.11	\$ 1,434,653.60	\$ 1,769,371.90	\$ 1,836,651.96	\$ 1,739,095.87	\$ 1,674,619.15	\$ 1,438,578.27
Impuestos	\$ 8,022.14	\$ 6,900.81	\$ 8,694.94	\$ 23,048.02	\$ 286,930.72	\$ 353,874.38	\$ 367,330.39	\$ 347,819.17	\$ 334,923.83	\$ 287,715.65
Utilidad después de impuestos	\$ 32,088.56	\$ 27,603.23	\$ 34,779.77	\$ 92,192.08	\$ 1,147,722.88	\$ 1,415,497.52	\$ 1,469,321.57	\$ 1,391,276.70	\$ 1,339,695.32	\$ 1,150,862.62
Amortización	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Flujo de caja	\$ 32,088.56	\$ 27,603.23	\$ 34,779.77	\$ 92,192.08	\$ 1,147,722.88	\$ 1,415,497.52	\$ 1,469,321.57	\$ 1,391,276.70	\$ 1,339,695.32	\$ 1,150,862.62
Flujo de caja acumulado	\$ 15,487,476.53	\$ 15,515,079.76	\$ 15,549,859.53	\$ 15,642,051.61	\$ 16,789,774.49	\$ 18,205,272.01	\$ 19,674,593.58	\$ 21,065,870.28	\$ 22,405,565.60	\$ 23,556,428.22
Prestamo										
Monto inicial	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Intereses generados	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Prestamo extra	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Pago de Intereses	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Pago Capital	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Monto final	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -

B. Flujo de Caja

Caso B

	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170
Ingresos	\$ 124,747.16	\$ 72,654.94	\$ 52,092.22	\$ 45,237.98	\$ 56,204.76	\$ 143,939.03	\$ 1,503,274.70	\$ 1,912,472.80	\$ 1,994,723.68	\$ 1,875,459.91
Egresos	\$ 25,205.74	\$ 15,724.22	\$ 11,981.52	\$ 10,733.95	\$ 12,730.06	\$ 28,698.93	\$ 68,621.10	\$ 143,100.90	\$ 158,071.71	\$ 136,364.03
Intereses	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Utilidad antes de impuestos	\$ 99,541.43	\$ 56,930.72	\$ 40,110.71	\$ 34,504.03	\$ 43,474.71	\$ 115,240.11	\$ 1,434,653.60	\$ 1,769,371.90	\$ 1,836,651.96	\$ 1,739,095.87
Impuestos	\$ 19,908.29	\$ 11,386.14	\$ 8,022.14	\$ 6,900.81	\$ 8,694.94	\$ 23,048.02	\$ 286,930.72	\$ 353,874.38	\$ 367,330.39	\$ 347,819.17
Utilidad después de impuestos	\$ 79,633.14	\$ 45,544.58	\$ 32,088.56	\$ 27,603.23	\$ 34,779.77	\$ 92,192.08	\$ 1,147,722.88	\$ 1,415,497.52	\$ 1,469,321.57	\$ 1,391,276.70
Amortización	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Flujo de caja	\$ 79,633.14	\$ 45,544.58	\$ 32,088.56	\$ 27,603.23	\$ 34,779.77	\$ 92,192.08	\$ 1,147,722.88	\$ 1,415,497.52	\$ 1,469,321.57	\$ 1,391,276.70
Flujo de caja acumulado	\$ 23,636,061.36	\$ 23,681,605.94	\$ 23,713,694.50	\$ 23,741,297.73	\$ 23,776,077.49	\$ 23,868,269.58	\$ 25,015,992.46	\$ 26,431,489.98	\$ 27,900,811.55	\$ 29,292,088.25
Prestamo										
Monto inicial	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Intereses generados	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Prestamo extra	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Pago de Intereses	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Pago Capital	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Monto final	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -

B. Flujo de Caja

Caso B

	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180
Ingresos	\$ 1,796,636.15	\$ 1,508,072.67	\$ 124,747.16	\$ 72,654.94	\$ 52,092.22	\$ 45,237.98	\$ 56,204.76	\$ 143,939.03	\$ 1,503,274.70	\$ 1,912,472.80
Egresos	\$ 122,017.00	\$ 69,494.39	\$ 25,205.74	\$ 15,724.22	\$ 11,981.52	\$ 10,733.95	\$ 12,730.06	\$ 28,698.93	\$ 68,621.10	\$ 143,100.90
Intereses	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Utilidad antes de impuestos	\$ 1,674,619.15	\$ 1,438,578.27	\$ 99,541.43	\$ 56,930.72	\$ 40,110.71	\$ 34,504.03	\$ 43,474.71	\$ 115,240.11	\$ 1,434,653.60	\$ 1,769,371.90
Impuestos	\$ 334,923.83	\$ 287,715.65	\$ 19,908.29	\$ 11,386.14	\$ 8,022.14	\$ 6,900.81	\$ 8,694.94	\$ 23,048.02	\$ 286,930.72	\$ 353,874.38
Utilidad después de impuestos	\$ 1,339,695.32	\$ 1,150,862.62	\$ 79,633.14	\$ 45,544.58	\$ 32,088.56	\$ 27,603.23	\$ 34,779.77	\$ 92,192.08	\$ 1,147,722.88	\$ 1,415,497.52
Amortización	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Flujo de caja	\$ 1,339,695.32	\$ 1,150,862.62	\$ 79,633.14	\$ 45,544.58	\$ 32,088.56	\$ 27,603.23	\$ 34,779.77	\$ 92,192.08	\$ 1,147,722.88	\$ 1,415,497.52
Flujo de caja acumulado	\$ 30,631,783.57	\$ 31,782,646.19	\$ 31,862,279.33	\$ 31,907,823.91	\$ 31,939,912.47	\$ 31,967,515.70	\$ 32,002,295.46	\$ 32,094,487.55	\$ 33,242,210.43	\$ 34,657,707.95
Prestamo										
Monto inicial	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Intereses generados	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Prestamo extra	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Pago de Intereses	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Pago Capital	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Monto final	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -