



TECNOLÓGICO DE ESTUDIOS SUPERIORES DE COACALCO

Diseño de un Sistema de Captación de Agua
Pluvial y Distribución en el Centro
Ecoturístico de Educación Ambiental Sierra
de Guadalupe

Informe Técnico de Residencias
Profesionales

Nombre del asesor: ING. ARQ.
Enrique Perea Juárez

INGENIERÍA AMBIENTAL

Especialidad
Sustentabilidad y Tecnologías del agua.

Presenta(n):

Areli Soto Rojas

Matricula: 201920633

Calificación: 94

Coacalco de Berriozábal, Diciembre/ 2024

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecerle al Ing. Juan Gerardo Valverde Nieto Delegado Regional en Tultitlan por aceptarme en el Centro Ecoturístico de Educación Ambiental y permitirme trabajar en este proyecto junto a mi asesor el Mtro. Luis Gerardo Hernández Fernández que me ha apoyado bastante con datos esenciales para este proyecto, me ha guiado en la realización de este y fue una parte fundamental para tener ese pensamiento ingenieril impulsando el desarrollo de mis habilidades.

También quiero agradecerle al Ing. Israel Zermeño Caballero por guiarme en esta etapa y ayudarme a adquirir permiso para realizar unas prácticas en el laboratorio de química ambiental y también quiero darle las gracias a la encargada del laboratorio la Ing. Diana Escamilla Camargo por si darme el permiso y apoyarme cuando tenía dudas al realizar las prácticas al igual que algunos cálculos de estas.

Quiero agradecerle al Ing. Arq. Enrique Perea Juárez por el apoyo que me a impartido durante el proyecto ya sea con datos esenciales como apoyo moral y por ayudarme a impulsar mi desarrollo en mis habilidades.

Y, por último, quiero agradecerle a mi mamá y hermano ya que me ayudaron a salir adelante, sin ellos no podría llegar hasta donde estoy ahora, al igual que algunas amistades que me apoyaron durante toda la carrera, pero en especial durante la pandemia que me ayudaban emocionalmente, sin su ayuda, yo creo que, si hubiera desistido a seguir estudiando, pero gracias a ellos logre rebasar ese obstáculo y salir adelante.

RESUMEN

El siguiente trabajo tiene como propósito poder abastecer de agua al Centro Ecoturístico de Educación Ambiental cuando haya escasez de agua y/o sequías aprovechando el agua pluvial de los meses en los cuales haya precipitaciones.

Para lograr lo anterior se tiene que diseñar un sistema de captación de agua pluvial, el cual va a ser a través de canaletas (en la Sierra de Guadalupe hay un camino para subir el cual ya tiene una canaleta, pero el punto de escurrimiento se encuentra un poco más arriba del límite de ese camino, entonces se tiene que diseñar una ruta que vaya del punto de escurrimiento a la canaleta ya colocada), también se tiene que realizar un estudio de la precipitación promedio anual que hay en la Sierra de Guadalupe, para poder realizar cálculos con base a el diseño, por ejemplo, ¿cuánta agua se gasta al día en la Coordinación?, ¿cuál es el coeficiente de escurrimiento que hay en la Sierra de Guadalupe?, para ver si el agua que se va a captar va a ser vasta en la Coordinación General de Conservación Ecológica y cálculos para implementar un diseño de una planta de tratamiento con sus debidos procesos.

Las principales limitaciones que se tendrían al realizar este trabajo, es el presupuesto que se utilizaría, ya que al agua pluvial le tenemos que realizar análisis fisicoquímicos, para observar que clase de patógenos posee, con base a las respuestas de los análisis aplicarle un tratamiento para que el agua tenga la calidad y pueda ser usada por las personas, esto podría representar una afectación presupuestaria para la Coordinación General de Conservación Ecológica de Coacalco, ya que al cavar para trazar la nueva ruta hacia la canaleta ya colocada va a ocuparse algo de dinero, aparte se tiene que colocar una planta de tratamiento, para que de la planta de tratamiento el agua sea dirigida a un tanque superficial que ya se encuentra en la Sierra de Guadalupe a través de tubería (la tubería también se tendría que colocar de preferencia subterráneamente, para que esta no tenga tantos daños de corrosión, roturas y/o fisuras por la fauna que se encuentra ahí, etc., para esto se tiene que hacer un estudio topográfico, para observar si el suelo es apto para este trabajo), realizando un análisis de impacto ambiental, para analizar los pros y contras que tendría si se lleva a cabo la construcción de la planta con su tubería y la disposición final sería el Centro Ecoturístico de Educación Ambiental.

En relación con lo anterior, al observar las precipitaciones que hay en la Sierra de Guadalupe se podrá analizar si es factible o no colocar una nueva ruta y la planta de tratamiento, dependiendo del agua que se pueda captar, si es una cantidad vasta si es factible llevar a cabo el proyecto, pero si se capta muy poca agua no sería conveniente realizar el proyecto.

ÍNDICE

GENERALIDADES DEL PROYECTO.....	6
INTRODUCCIÓN	7
DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA.....	9
DESCRIPCIÓN DEL PUESTO O ÁREA DE TRABAJO (opcional).....	11
PROBLEMA A RESOLVER.....	12
OBJETIVOS	22
JUSTIFICACIÓN.....	23
MARCO TEÓRICO	24
DESARROLLO	27
RESULTADOS	46
CONCLUSIONES	50
COMPETENCIAS DESARROLLADAS.....	51
FUENTES DE INFORMACIÓN.....	51
ANEXOS.....	51

CAPITULO I

GENERALIDADES DEL PROYECTO

INTRODUCCIÓN

El propósito de este proyecto es analizar y ver la factibilidad de llevar a cabo un sistema de captación de agua pluvial, implementando tubería, rutas de canaletas y una planta de tratamiento para obtener la calidad necesaria para el consumo de actividades humanas en las cuales se ocupe agua potable y riego al jardín polinizador en el Centro Ecoturístico de Educación Ambiental en la Sierra de Guadalupe.

Con la finalidad de aprovechar el agua de lluvia mediante el factor técnico, observando la oferta y la demanda del agua pluvial, esto se hará realizando un análisis de las precipitaciones que hay en la Sierra de Guadalupe a su vez, la demanda es el agua que ocupan en el Centro Ecoturístico, que principalmente es en los sanitarios, en las llaves para lavarse las manos, limpieza en las instalaciones y para el riego del jardín polinizador. También se verá reflejado mediante el factor económico que está ligado con la oferta y demanda que se explicó con anterioridad, ya que en el Centro Ecoturístico de Educación Ambiental se abastecen llenando su tanque superficial a través de pipas de agua de SAPASAC que de acuerdo con la página de Servicios de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento del Municipio de Coacalco (SAPASAC) estas son gratuitas, tal vez no inviertan en las pipas, pero si se muestra un gran inconveniente en los camiones cisternas por la gasolina al suministrar agua potable, entonces al implementar una planta de tratamiento, el agua ya tratada va a ser redireccionada a el tanque superficial, esta es la que abastecerá al Centro Ecoturístico y ya no habrá necesidad de suministrar el tanque superficial de la Sierra de Guadalupe con pipas. Y por último también implica el factor social, ya que habrá factores que pueden afectar la sostenibilidad, por ejemplo en la Sierra de Guadalupe ya hay canaletas y también ya está colocado el tanque superficial, sin embargo se tendría que implementar una planta de tratamiento, al realizar esto se tendría que talar algunos árboles y aplanar la zona, esto causaría muchas controversias ya que es un área protegida donde hay diversidad de flora y fauna, al evaluar el impacto ambiental ese serian el contra, pero los pros es que se va a sanear el agua de lluvia y va a ser suministrada en el Centro Ecoturístico.

Este proyecto está pensado debido a la escasez de agua, aun cuando hay suficiente agua dulce en el planeta para satisfacer las necesidades de una población mundial de cerca de siete mil millones de personas, su distribución es desigual tanto en el tiempo como en el espacio, y mucha de ella es desperdiciada, contaminada y manejada de manera insostenible (UNESCO, 2015). Cerca de una quinta parte (1,200 millones) de la población mundial de 6 mil millones de personas, habita en áreas que enfrentan escasez de agua, y otro cuarto de la población mundial (1,600 millones) enfrenta recortes en el suministro de agua debido a que carecen de la infraestructura necesaria para tomar agua de los ríos y acuíferos (ONU, 2005). La escasez de agua representa para muchos países el desafío más acuciante para el desarrollo socioeconómico y humano en general.

Se implementará una nueva ruta de canaleta que vaya del punto de escurrimiento hacia el límite de la canaleta que se encuentra en las palapas que son 117m, este va a tener un desvío a los 185,873m que va a estar dirigido a la planta de tratamiento, para juntarlos se implementaran otros 10m de canaleta que conecten la planta con la canaleta ya colocada. A

través del Servicio Meteorológico Nacional de CONAGUA se observará las precipitaciones que hubo del año 2007 al 2017 en la Estación Climatológica de Ecatepec de Morelos, una vez sabiendo el dato se calculara la precipitación promedio anual, también se calculara el gasto de agua que hay en el Centro Ecoturístico de Educación Ambiental.

Se obtendrá una muestra de agua pluvial para realizarle análisis fisicoquímicos, para realizarle un debido tratamiento.

Se calculará el caudal para que el agua sea transportada a través de tubería a el tanque superficial de la Sierra de Guadalupe y esta sea bombeada a el Centro Ecoturístico.

DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

Nombre, razón social

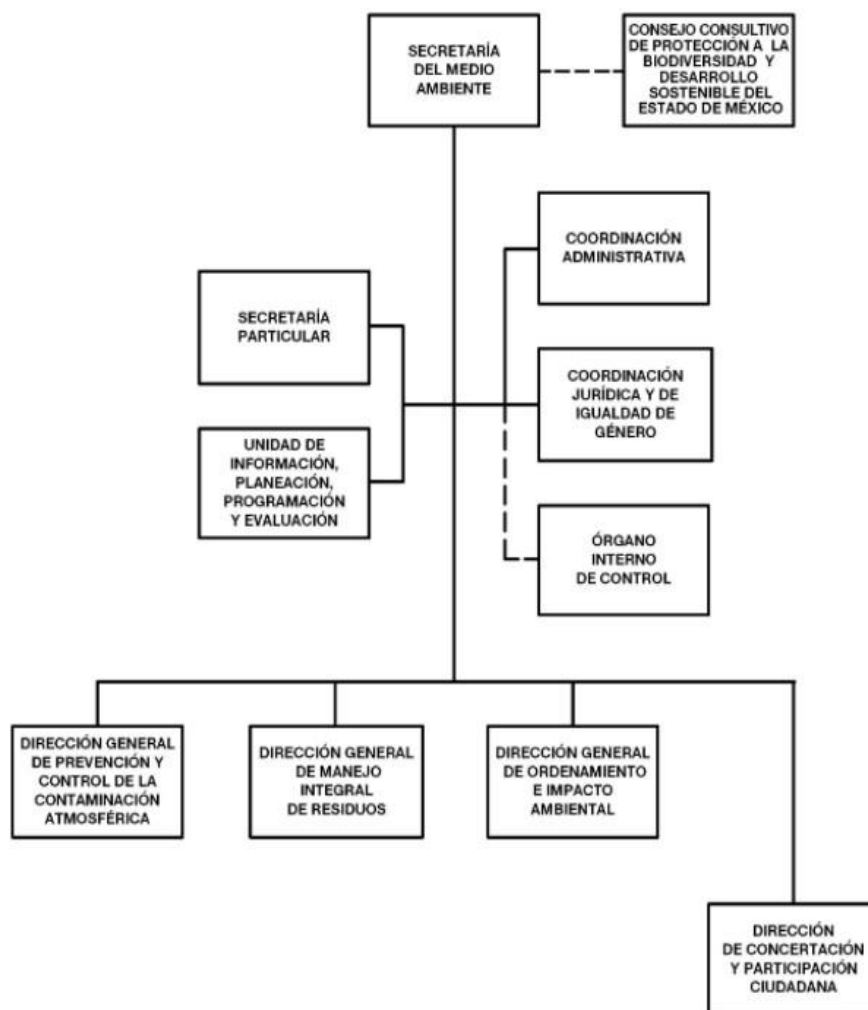
Coordinación General de Conservación Ecológica.

Ubicación

Av. del Parque 469, Parque Residencial Coacalco, 55719 San Francisco Coacalco, Méx.

Organigrama

SECRETARÍA DEL MEDIO AMBIENTE ORGANIGRAMA SIMPLIFICADO



Sector productivo de la empresa

Misión, Visión, Filosofía y/o Valores

Objetivo: Conservar y proteger las Áreas Naturales Protegidas (ANP's) y parques urbanos, mediante la ejecución e implementación de acciones y obras en materia de conservación ecológica e infraestructura ambiental. Promover la educación ambiental no formal y el incremento de la cobertura vegetal mediante la creación y rehabilitación de áreas verdes urbanas en coordinación con los municipios de la entidad.

MISIÓN: Contribuir en la preservación del medio ambiente, a través del manejo adecuado de las áreas naturales protegidas para la recuperación de áreas verdes urbanas y la incrementación de infraestructura ambiental Fortalecer la cultura ecológica, mediante la educación ambiental no formal para lograr una sustentabilidad ambiental, aminorar los efectos del cambio climático y mejorar la calidad de vida de los mexiquenses.

VISIÓN: Se una dependencia recolectora en materia de conservación ecológica dentro de un marco normativo actualizado, adecuado a los planes y programas estratégicos sustentados en estándares y normas nacionales e internacionales, dedicada al cuidado y la preservación del ambiente, integrada por personal altamente capacitado, responsable.

Breve historia de la empresa.

Que, mediante Decreto del Ejecutivo del Estado, publicado en la Gaceta del Gobierno, en fecha 10 de agosto de 1976, se creó el Parque Estatal Sierra de Guadalupe, ubicado en los municipios de Ecatepec, Tlalnepantla, Coacalco y Tultitlán, Estado de México, estableciendo como causas de utilidad que justifican la creación del Parque, entre otras, las siguientes: forestación, recreación, mejoramiento del ambiente, control de escurrimientos pluviales, incremento de la absorción de agua, prevención de inundaciones y erosiones del suelo y prevención de asentamientos humanos en esa zona. Que la Coordinación General de Conservación Ecológica se creó el 12 de abril de 1996, como Órgano Administrativo Desconcentrado del Poder Ejecutivo, adscrito sectorialmente a la Secretaría de Ecología, ahora Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Estado de México y que mediante Convenio de transferencia administrativa de fecha 22 de noviembre de 1996, la Comisión Estatal de Parques Naturales y de la Fauna (CEPENAF) otorgó a la Coordinación General la administración y representación jurídica del Parque Estatal "Sierra de Guadalupe". Que, para lograr el manejo sustentable del Parque en los ámbitos social, ambiental y económico, el 9 de febrero de 1999 se publicó en la Gaceta del Gobierno del Estado de México, el Programa de Manejo del Parque Estatal "Sierra de Guadalupe", considerando entre sus objetivos particulares evitar la urbanización de sitios inadecuados, controlar los accesos y evitar las invasiones.

DESCRIPCIÓN DEL PUESTO O ÁREA DE TRABAJO (opcional)

- Delegación regional Tultitlán que pertenece a la coordinación general de conservación ecológica de la secretaria del medio ambiente del gobierno del Estado de México
- Dónde se sitúa el rol dentro del equipo, departamento y toda la empresa: Componente de protección y vigilancia del Parque Sierra de Guadalupe
- Bajo el rol de trabajo del área a cargo del ingeniero Cesar Anselmo Pérez Cedillo, encargado de protección y vigilancia

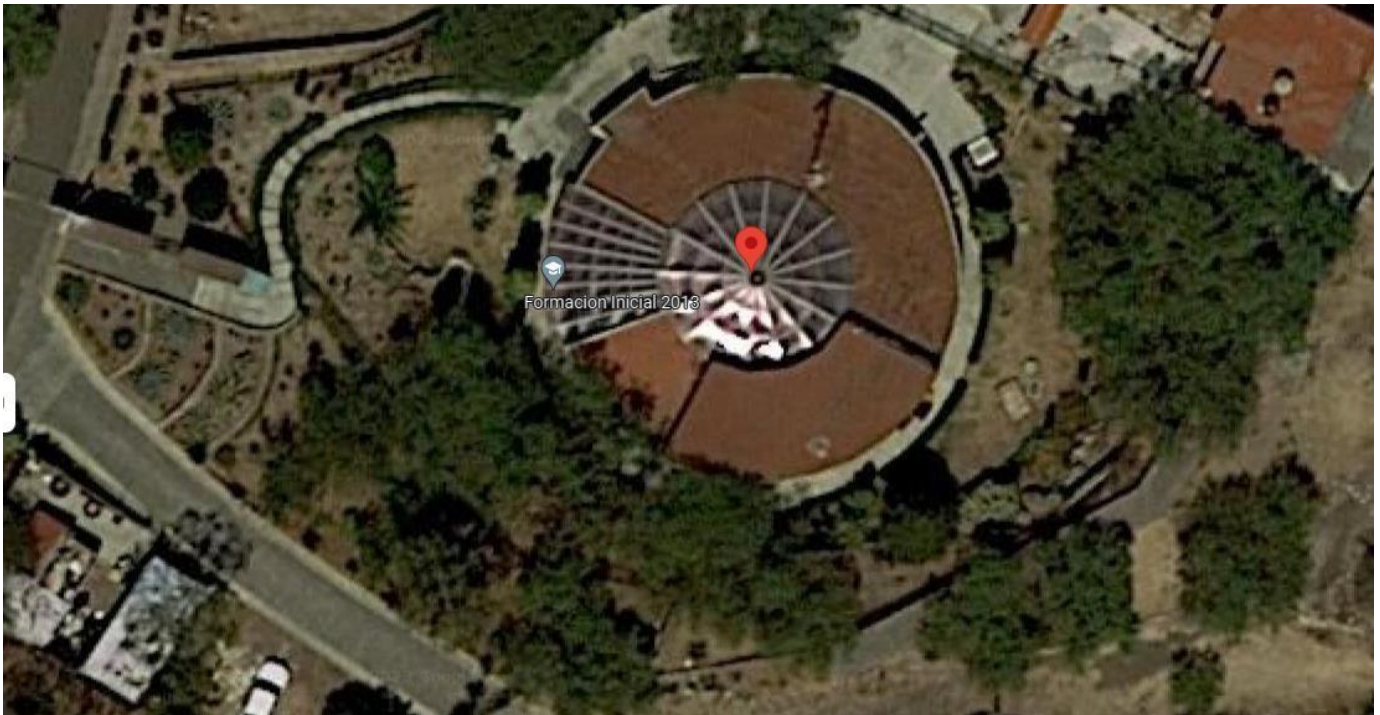
PROBLEMA A RESOLVER

• Ubicación

Av. del Parque 469, Parque Residencial Coacalco, 55719 San Francisco Coacalco, Méx.
La Sierra de Guadalupe es un espacio de conservación y de las últimas áreas naturales ubicada en el Estado de México, que de acuerdo con el Plan de Manejo de la Sierra Estatal de Guadalupe; cuenta con una superficie 5,306.75 ha, de las cuáles 1,174.13 ha representan la faja de amortiguamiento, que siendo parte del parque tiene la función de controlar y mitigar los impactos de los usos de suelo de las colindancias, y 4,132.62 ha el área central del parque. En el interior de la cuenca de México, la sierra representa el centro y comparte sus territorios con los municipios de Tlanepantla, Ecatepec, Coacalco y Tultitlán, además que está conectada con las carreteras que unen a los estados de Querétaro e Hidalgo y colinda con el Norte del Estado de México con el Distrito Federal Proyecto de Conservación Ecológica de la Zona Metropolitana del Valle de México (Pedro Antonio de los Santos, Ed.). Diaaproy S.A de C.V.



	Fecha de creación 1923 – Zona de Protección Forestal 1976 – Área Natural Protegida
	Categoría de ANP Parque Estatal
	Condiciones por las cuales fue decretado ANP Este Parque fue decretado con propósitos de control de escurrimientos pluviales, incremento de la absorción de aguas pluviales y prevención de asentamientos humanos en zonas inadecuadas.
	Superficie 5,293.4049 ha
	Altitud De los 2,730 a los 3,055 msnm.
	Vegetación dominante Bosque de Encino, Matorral Xerófilo, Pastizal y Bosque Inducido.
	Tenencia de la tierra La tenencia de tierra del ANP es de carácter ejidal, bienes comunales, propiedad privada, propiedad federal, propiedad estatal y propiedad municipal.
	Infraestructura del ANP Círculo Vial de 34.68 km. 6 Arcos de acceso. 3 Torres de observación. 11 Casetas de vigilancia. 1 Sistema telemático de monitoreo ambiental. 2 Centros de Educación y Cultura Ambiental.
	Ubicación Sur: Alcaldía Gustavo A. Madero, Zona de Conservación Ecológica La Armella y Zona Sujeta a Conservación Ecológica Sierra de Guadalupe (Ciudad de México) Este: Ecatepec (Estado de México) Oeste: Tultitlán y Tlanepantla (Estado de México) Norte: Coacalco (Estado de México)



- **Propuesta y necesidad de implantación**

Como ya se había mencionado con anterioridad, ya hay una canaleta colocada en la Sierra de Guadalupe, pero esta tiene un límite hasta donde hay unas palapas, se propone implementar 117m de las palapas al punto de escurrimiento.



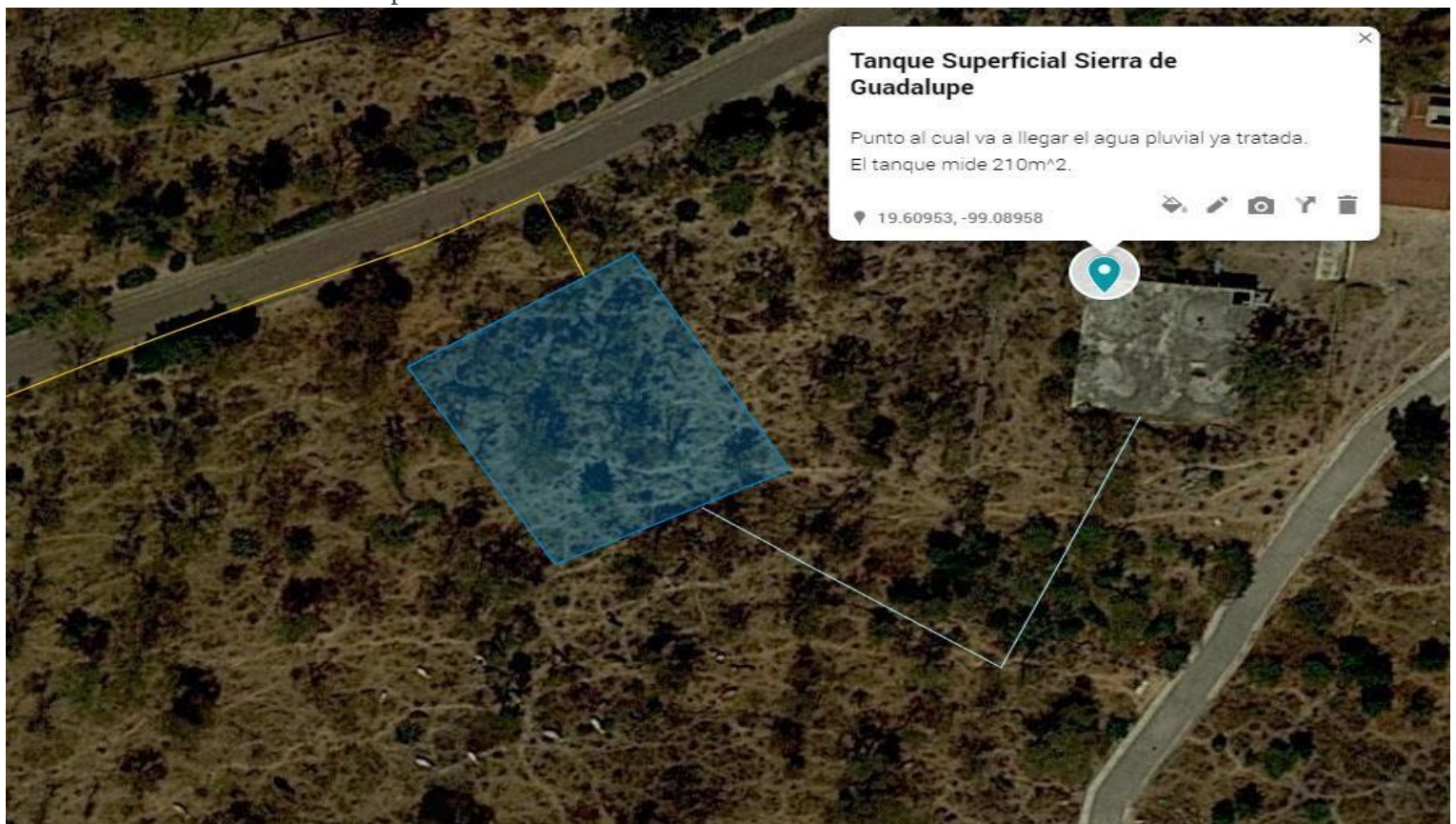
Una vez implementando esos 117m el flujo del agua pluvial va a seguir en la canaleta ya colocada y de longitud de esa canaleta es de 185,873m.



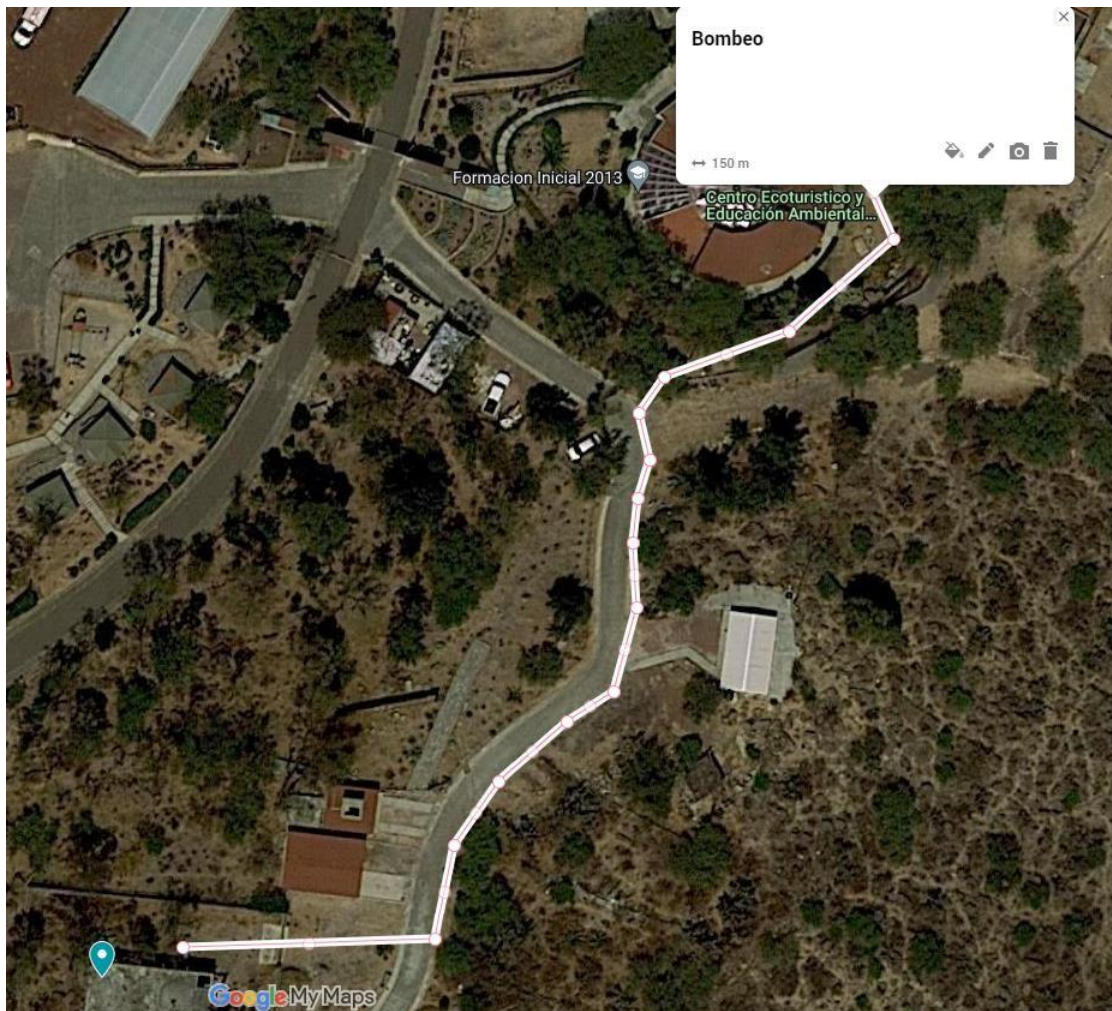
Además, se colocarán otros 10m de canaleta para que el agua sea dirigida a una planta de tratamiento el total de la canaleta es de 186.000m (1,86km).



Una vez tratada el agua a través de tubería subterránea, para evitar corrosión prematura y evitar que la fauna nativa averíe la tubería, será dirigida hacia el tanque superficial de la Sierra de Guadalupe.



Con ayuda del tanque superficial, se bombeará el agua hacia unos tinacos que hay por esa zona y abastecer de agua al Centro Ecoturístico de Educación Ambiental que va a ser el punto en el cual va a llegar el agua, para usarla, esta se va a usar especialmente para sanitarios (inodoros y lavado de manos), limpieza de la instalación, además de regar el jardín polinizador.



- **Consecuencias de no aplicarse la propuesta;**

Sequias en temporadas donde haya ausencia de precipitaciones.

Una sequía se define como la disminución o ausencia de precipitaciones respecto al índice pluvial anual. Es un evento recurrente que se presenta de forma cíclica en todo el mundo, aunque con mayor intensidad y recurrencia en zonas áridas y semiáridas, como es el caso de México. Cuando se presentan provocan un desbalance, pues la disponibilidad del recurso es insuficiente para satisfacer las necesidades de los seres vivos. Una sequía puede durar en

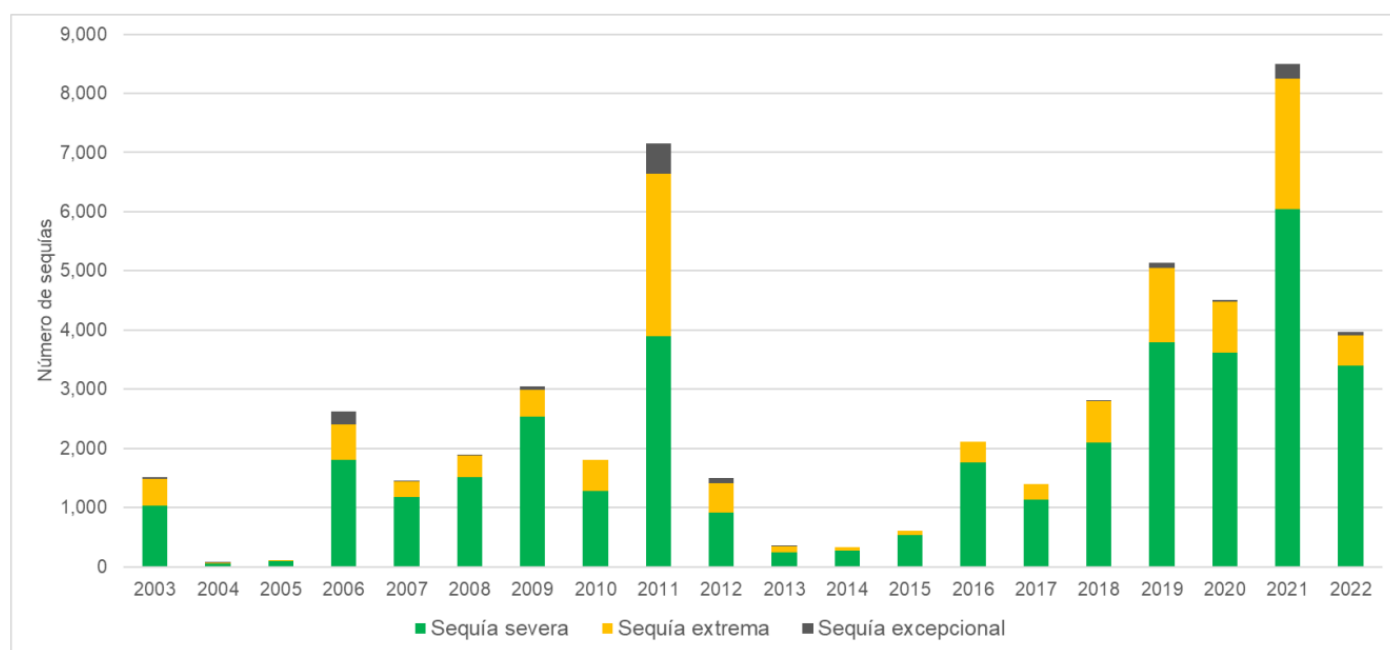
promedio de uno a tres años y termina cuando las lluvias regresan y se recupera el índice normal de precipitación.

Si bien las sequías son fenómenos recurrentes en México, la tendencia de la última década muestra que han aumentado en duración y se han hecho más intensas a través del tiempo (gráfica 1).

En las últimas dos décadas, el país ha experimentado episodios de sequía con impactos severos. En particular, en 2011 se registraron las peores sequías desde 1941 y casi todo el territorio nacional padeció en algún grado este fenómeno, siendo las zonas norte y centro las más afectadas.

Un segundo año con sequías muy importantes fue 2021 con 71% de sequías severas, que representaron un riesgo de pérdidas en cultivos; 26% fueron sequías extremas, caracterizadas por pérdidas mayores en cultivos, y riesgo de incendios forestales. Por último, 3% fueron sequías excepcionales, con las que hay riesgos con mayores impactos como pérdidas generalizadas de cultivos o pastos, riesgo mayor de incendios, escasez total de agua en embalses, arroyos y pozos, y alta probabilidad de una situación de emergencia debido a la ausencia de agua.

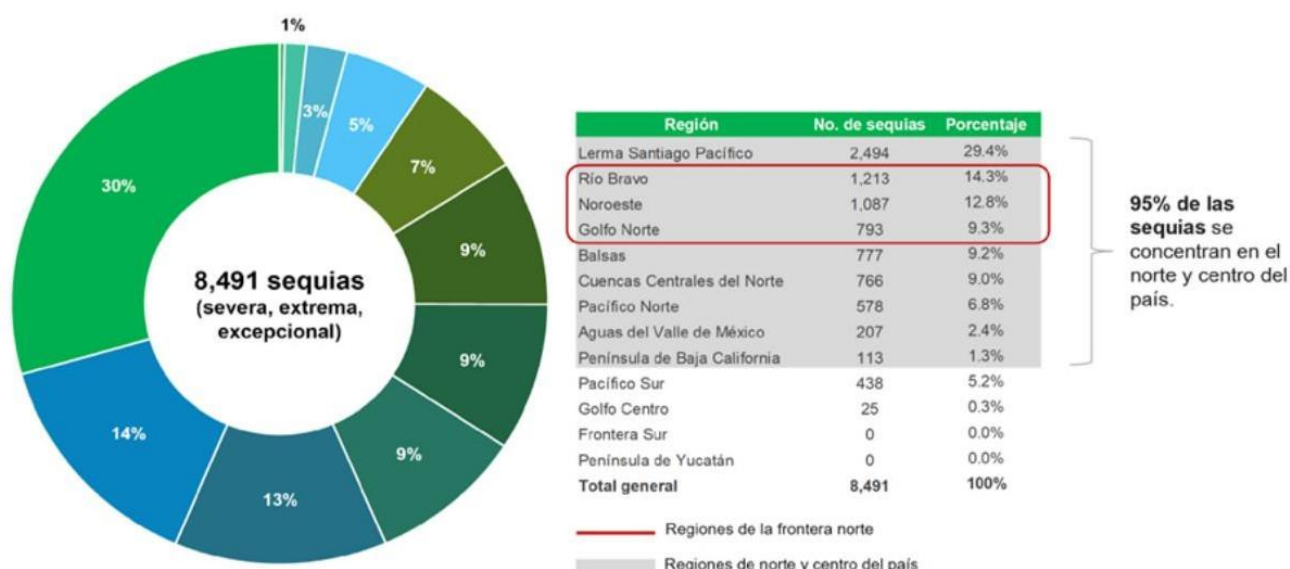
Gráfica 1 . Evolución de las sequías en México de 2012 a 2022 (número de sequías al año)



Fuente: Elaborado por el IMCO con información de CONAGUA, Monitor de Sequía en México (MSM), 2022

El 95% de las sequías se concentran en el norte y centro de México, lo que pone en riesgo a 46% del total del agua subterránea del país. De acuerdo con el atlas de riesgo hídrico elaborado por el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) y el World Resources Institute (WRI), dos terceras partes del país están marcadas como áreas de estrés hídrico. Estas se ubican en las zonas norte y centro, en donde reside la mayor parte de la población y se concentran las principales actividades productivas.

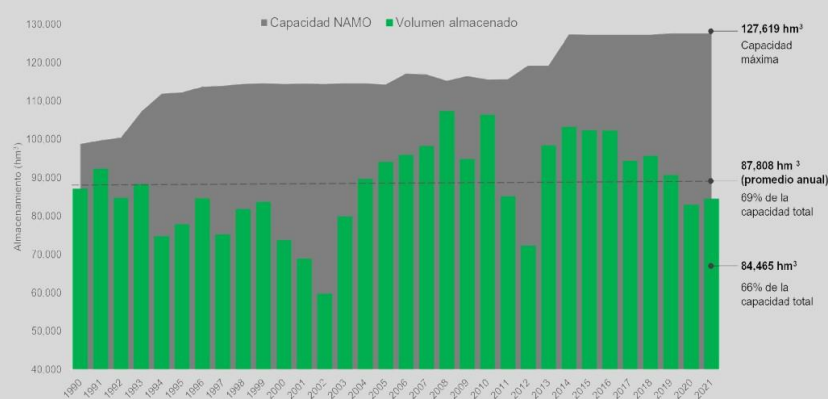
Gráfica 2. Sequías (severa, extrema y excepcional) por región en México durante 2021



Fuente: Elaborado por el IMCO con información CONAGUA, Monitor de Sequía en México (MSM), 2022.

En México, existen más de 5 mil presas y bordos; de estas, 209 representan 82% de la capacidad de almacenamiento total de agua. La presa de mayor capacidad es la Belisario Domínguez ubicada en el estado de Chiapas, le sigue Netzahualcóyotl localizada en la misma entidad (ver Anexo III). Aunque la capacidad máxima de las principales presas a nivel nacional es de 127.6 mil hm³, el promedio anual de volumen almacenado representa apenas 69% de este nivel 42 (gráfica 3). Durante 2021, debido a las sequías, las principales presas del país presentaron niveles por debajo del 66% de su capacidad. La región norte presentó los niveles más bajos de volumen almacenado con 40%.

Gráfica 3 Capacidad y almacenamiento de las principales presas a nivel nacional



Nota: Capacidad de nivel de aguas máximas ordinarias (NAMO). Máximo nivel con que se puede operar la presa para satisfacer las demandas totales.

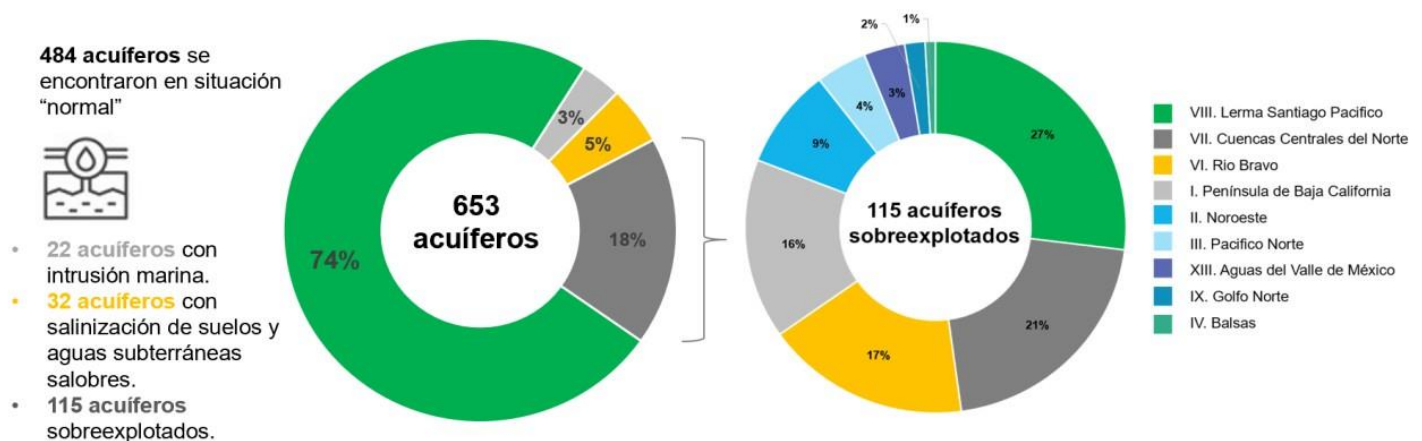
Fuente: Elaborado por el IMCO con información del SINA, 2021.

Las regiones Lerma-Santiago-Pacífico y Aguas del Valle de México abastecen a la zona centro del país, donde se ubica el 17% de la población nacional, con una tasa de crecimiento anual del 4%.

Por su parte, la región Lerma-Santiago-Pacífico, es la de mayor consumo del agua en México, con el 20% del agua, y solo dispone con el 2% del agua renovable de las cuencas del país. También es la región con mayor número de cuencas sobreexplotadas con 27%, y es una de las más afectadas por las sequías con el 30% a nivel nacional.

El Sistema Cutzamala (ubicado en la cuenca Lerma-Santiago-Pacífico), que abastece agua a parte de la Ciudad de México y del Estado de México, se encontró en su menor nivel de los últimos 10 años durante junio en 2021, con únicamente 35% de su nivel máximo.

Gráfica 4 Situación de los acuíferos en México durante 2018



Nota: Los datos disponibles más recientes sobre la situación de los acuíferos en México son del 2018.

Fuente: Elaborado por el IMCO con información de SEMARNAT, 2018.

Del total de acuíferos sobreexplotados, 31 se ubican en la región Lerma-Santiago-Pacífico (cuenca que alimenta a la región centro del país), 24 en las Cuencas Centrales del Norte, 20 en la región Río Bravo y 18 en la Península de Baja California (estas últimas tres alimentan la frontera del país).

Como se observa en la gráfica 4, la sobreexplotación de los acuíferos ha evolucionado a través del tiempo, al pasar de 102 acuíferos sobreexplotados en 2003 a 115 acuíferos en 2018, lo cual se puede agravar con la mala gestión del recurso.

Gráfica 5 Evolución de la sobreexplotación de los acuíferos en México de 2003 a 2018



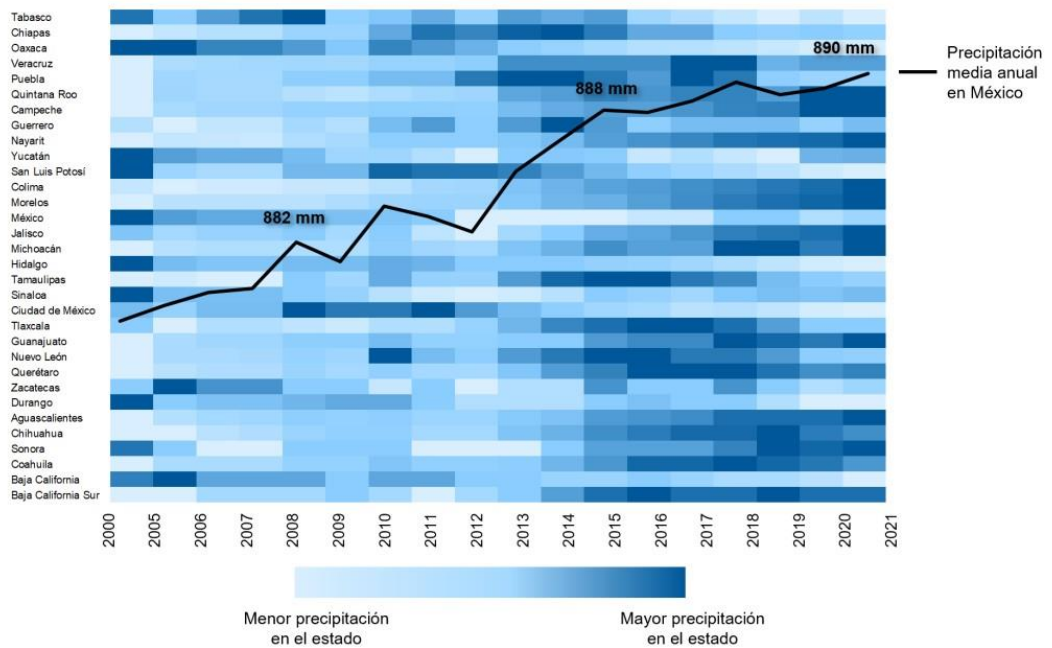
Fuente: Elaborado por el IMCO con información de SEMARNAT, 2018.

La recarga de acuíferos depende de las condiciones de la cuenca hidráulica, del suelo y de las precipitaciones, y se ve afectada por el aumento de sequías. Dicho aumento es uno de los efectos del cambio climático, y aunque en el país se tiene la presencia de inundaciones, el aumento de dichas sequías dificulta el almacenamiento de agua en acuíferos por la rápida evaporación del líquido.

En promedio México recibe alrededor de 1.5 millones de hm³ de agua al año en forma de precipitación. Del total, 67% cae entre junio y septiembre, en su mayoría en la región sur-sureste -donde tiene lugar el 50% de las lluvias-. De acuerdo con datos de la SEMARNAT, la precipitación promedio anual a nivel nacional ha aumentado a través del tiempo, presumiblemente debido al cambio climático, fenómeno que también incrementa la temperatura en el país.

Sin embargo, este fenómeno no se ha presentado en todas las entidades federativas con la misma intensidad. Tal es el caso de la Ciudad de México, donde la precipitación se ha reducido 13 mm de, en el Estado de México ha disminuido 28 mm (reducción dada de 2000 a 2021). Las entidades que han tenido un aumento drástico de sus precipitaciones durante este mismo periodo son Chiapas con 27mm, Quintana Roo con 32 mm, Campeche con 71 mm, Veracruz con 32 mm, Guanajuato con 29 mm, Chihuahua con 11 mm, y Coahuila con 22 mm.

Gráfica 6 Precipitación promedio en México a través de tiempo de 2000 a 2021 (mm)



Fuente: Elaborado por el IMCO con información de la SEMARNAT, 2021.

El cambio en la variación e intensidad de lluvias en México, sumado a la presencia de sequías dificulta la captación de agua tanto en cuerpos de agua superficiales como subterráneos e inclusive en presas. Esto debe tomarse en cuenta para la gestión, regulación e implementación de infraestructura.

Lo antes mencionado nos lleva, implícitamente, a basarnos en el estudio de las precipitaciones que hay en el municipio de Ecatepec de Morelos ya que esa es la red climatológica que hay más cerca de Coacalco, al igual que el estudio de topografía que hay en la Sierra de Guadalupe basándonos en el área del Centro Ecoturístico, esto nos ayudará a captar agua pluvial, almacenarla y usarla en tiempos de sequía y/o escasez de agua.

((S/f). Org.mx. Recuperado el 10 de noviembre de 2023, de <https://imco.org.mx/wp-content/uploads/2023/02/Situacion-del-agua-en-Mexico-1.pdf>)

Al estar un clima bastante cálido puede provocar incendios y en temporadas de lluvias puede causar inundaciones.

OBJETIVOS

Objetivo general

Realizar un diseño de captación de agua pluvial para poder abastecer al Centro Ecoturístico de Educación Ambiental en la Sierra de Guadalupe en tiempos de escasez de agua.

Objetivos específicos

- Realizar un análisis de la precipitación promedio anual que hay en la Sierra de Guadalupe.
- Observar un área determinada de escurrimiento superficial que haya en la sierra y redireccionar esa agua a través de canaletas hacia un tanque que hay en la misma, para poder distribuirla en el Centro Ecoturístico.
- Realizar análisis fisicoquímicos para determinar que parámetros tiene elevados el agua pluvial, basándose en la norma NOM-127-SSA-2021. Esta Norma establece los límites permisibles de calidad que debe cumplir el agua para uso y consumo humano.
- Realizar una propuesta de una planta de tratamiento para el agua pluvial.
- Realizar una propuesta de infraestructura hidráulica para que el agua pluvial tratada sea dirigida hacia el Centro Ecoturístico de Educación Ambiental.

JUSTIFICACIÓN

La captación de agua de lluvia es un medio fácil de obtener agua para uso y consumo humano. En lugares donde no se dispone de agua en cantidad y calidad necesaria para consumo humano, se recurre al agua de lluvia como fuente de abastecimiento a nivel domiciliario. Si se captara toda la lluvia a través de estos sistemas, se podría ahorrar de un 10 % a un 15 % del agua que se consume en los hogares.

Aunque a pesar de no ser agua potable, el agua pluvial es de gran calidad, pues se caracteriza por una muy baja concentración de contaminantes y es útil para una gran cantidad de usos domésticos: en lavavajillas, en lavadoras, WC, riego de cultivo y hasta para el ganado.

En México, sólo una parte mínima de las lluvias es utilizada. Los especialistas señalan que el rezago de podría traducirse en abastecimiento de agua en el país si se aprovecharan los métodos de captación de agua de lluvia, además de que, en muchas partes del país, la lluvia no es escasa, sino que incluso genera inundaciones.

Si tan sólo se utilizara el 3 por ciento de la lluvia que cae cada año en México, esta cantidad sería suficiente para suministrar de agua no potable para usos como limpieza o sanitaria a 13 millones de personas, alcanzaría para que 50 millones de animales pudieran beber agua o regar 18 millones de hectáreas de cultivo.

Este es el panorama de la distribución del volumen total de agua de lluvia en la CDMX:

30 % se evapora

40 % va al acuífero

20 % se pierde en el drenaje

10 % se queda en sistemas ahorradores urbanos.

¿Cuáles son las **ventajas** que se tienen con la **captación de aguas pluviales**?

- Utilización de un recurso gratuito y ecológico.
- Contribución a la sostenibilidad y protección del medio ambiente.
- Lavar nuestra ropa con este tipo de agua, que es mucho más blanda que la de la llave, ahorramos hasta en un 50 por ciento de detergentes.
- Disposición de agua en períodos cada vez más frecuentes de restricción.
- Una buena instalación de recogida de agua es sencilla y, por esto existen riesgos mínimos de averías de poco mantenimiento.
- Mitigan el efecto de erosionar las avenidas de aguas por la actividad pluvial.

(Josephine. (2018, febrero 26). *¿Cuáles son los beneficios de la captación de aguas pluviales?* Com.mx. <https://greendates.com.mx/cuales-son-los-beneficios-de-la-captacion-de-aguas-pluviales/>)

(De, S., & Vivienda, N. (s/f). *SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA A NIVEL VIVIENDA*. Gob.mx. Recuperado el 23 de noviembre de 2023, de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/791594/LINEAMIENTOS_TECNICOS_SISTEMA_DE_CAPTACION_DE_AGUA_DE_LLUVIA.pdf)

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

El gobierno de Ecatepec planea construir un sistema de captación de agua en la Sierra de Guadalupe. Busca aprovechar los escurrimientos en época de lluvia y prevenir inundaciones en las partes bajas del municipio.

El planteamiento lo hizo el alcalde Fernando Vilchis durante una reunión con Enrique Guevara Ortiz, director del Centro Nacional de Prevención de Desastres (Cenapred), y otros especialistas.

El edil indicó que se trata de un proyecto que permitirá la administración, mantenimiento y concentración del agua pluvial. También propuso convertirlo en regional con la participación de los gobiernos municipal, estatal y federal.

La precipitación al igual que la temperatura ha manifestado cambios a través del tiempo y para esto basta con conocer las tendencias históricas sobre los milímetros de lluvia. Como puedes ver del año 1951 al 2010 la lluvia promedio fue de 695 mm, cambiando a 712 mm del 2001 al 2015 y para el año 2039, la precipitación promedio anual podría ser de 694 mm a 688 mm (lo anterior bajo el mismo escenario HADGEM 8.5). Esta diferencia en la cantidad de precipitación se ha percibido de una manera muy acelerada en los últimos años, esto quiere decir que las lluvias se puedan presentar anualmente por periodos muy cortos, de maneras torrenciales o en su defecto, que pase mucho tiempo sin que llueva.

Ante estas situaciones de temperatura y precipitación lo que podemos hacer es adoptar nuevos patrones de producción y de consumo para reducir los efectos y adaptarnos al cambio climático.

¿Cómo afecta esto a los ecosistemas?

Los cambios en los patrones de lluvia y el aumento en la temperatura tienen implicaciones directas en los ecosistemas como: sequía, lluvias torrenciales e incendios.

Resultados de esto:

Mayor combustible disponible en el bosque (Favoreciendo incendios forestales).

Incremento en plagas y enfermedades en el ecosistema y en la producción de planta forestal.

Inaccesibilidad en caminos para la atención de siniestros y actividades de conservación y restauración.

Incremento en la mortalidad de reforestaciones Aumento de la erosión hídrica.

Desde 2011 a 2021 se han presentado un total de 595 incendios forestales, lo cual ha supuesto una afectación de 2332 hectáreas en el Parque Estatal Sierra de Guadalupe.

Obras de conservación de suelo y agua.

Consiste en la plantación de maguey y nopal. Se realiza a curvas de nivel con el fin de controlar la erosión hídrica de tipo laminar, interceptando los escurrimientos pluviales y favoreciendo una mayor retención de humedad para el establecimiento de las especies plantadas, propiciando condiciones para el crecimiento de vegetación.

Resultado de adaptación: A través de la retención y conservación del suelo y agua, se ha mantenido y mejorado la provisión de servicios ecosistémicos de soporte y regulación para el desarrollo de los medios de vida dentro del parque, así como el sustento ambiental y cultural de la población colindante ante los efectos del cambio climático.

México, P., Agradece El Apoyo, A. C., Gobierno, D., & Estado, D. (s/f). *¡Gracias! Org.mx*. Recuperado el 27 de noviembre de 2023, de https://pronatura.org.mx/pdf/AbE/Sierra_Guadalupe.pdf

CAPÍTULO III

DESARROLLO

Con base a este proyecto, primero tenemos que realizar un estudio de las precipitaciones que hay en “La Sierra de Guadalupe”, con base a la estación climatológica más cercana a esta:



El Centro Ecoturístico de Educación Ambiental se encuentra en Coacalco de Berriozabal, pero Coacalco no cuenta con una estación climatológica, entonces se realizó el estudio de las precipitaciones en la estación climatológica de Ecatepec de Morelos ya que era la más cercana.

El registro de las precipitaciones viene por día y el ultimo registro de la estación climatológica fue el día 31/03/2017, entonces, para realizar este estudio se tiene que estimar las precipitaciones aproximadas de 10 años atrás, entonces se anotaron todas las precipitaciones que hubo en el 2007 al 2017, después se hizo la sumatoria por mes y después por año.

TECNOLÓGICO DE ESTUDIOS SUPERIORES DE COACALCO

Precipitaciones de la estación climatológica 15041 de Ecatepec de Morelos				2010	Junio	92.2	474.3
Año	Mes	Total de mm al mes	Total de mm al año	2010	Julio	209.1	
2007	Enero	12.2	615.9	2010	Agosto	0	731.4
2007	Febrero	31.2		2010	Septiembre	0	
2007	Marzo	5.9		2010	Octubre	0	
2007	Abril	56.9		2010	Noviembre	0	
2007	Mayo	31.2		2010	Diciembre	0	
2007	Junio	82		2011	Enero	0	
2007	Julio	130.7		2011	Febrero	0	
2007	Agosto	161.2		2011	Marzo	1.3	
2007	Septiembre	93.5		2011	Abril	25.3	
2007	Octubre	0		2011	Mayo	3.4	
2007	Noviembre	2.4		2011	Junio	196.2	
2007	Diciembre	8.7		2011	Julio	262.9	
2008	Enero	0	582.9	2011	Agosto	66.4	693.4
2008	Febrero	7.9		2011	Septiembre	68.6	
2008	Marzo	1.3		2011	Octubre	79.1	
2008	Abril	33.5		2011	Noviembre	28.2	
2008	Mayo	20.6		2011	Diciembre	0	
2008	Junio	90.3		2012	Enero	12.1	
2008	Julio	120.5		2012	Febrero	58.3	
2008	Agosto	182.2		2012	Marzo	7.1	
2008	Septiembre	105.7		2012	Abril	1.5	
2008	Octubre	20.9		2012	Mayo	21.8	
2008	Noviembre	0		2012	Junio	158.9	
2008	Diciembre	0		2012	Julio	260.4	
2009	Enero	12.5	598.5	2012	Agosto	130.9	472.3
2009	Febrero	6.5		2012	Septiembre	42.4	
2009	Marzo	8.7		2012	Octubre	0	
2009	Abril	0		2012	Noviembre	0	
2009	Mayo	34.9		2012	Diciembre	0	
2009	Junio	107.7		2013	Enero	0	
2009	Julio	53.6		2013	Febrero	0	
2009	Agosto	76.3		2013	Marzo	1	
2009	Septiembre	178.5		2013	Abril	16.4	
2009	Octubre	119.8		2013	Mayo	73.4	
2009	Noviembre	0		2013	Junio	92.9	
2009	Diciembre	0		2013	Julio	97.9	
2010	Enero	31.3	120.2	2013	Agosto	0	758.6
2010	Febrero	98.3		2013	Septiembre	168.3	
2010	Marzo	0		2013	Octubre	22.4	
2010	Abril	16		2013	Noviembre	0	
2010	Mayo	27.4		2013	Diciembre	0	
2010	Junio	0		2014	Enero	0	
2010	Julio	0		2014	Febrero	0	
2010	Agosto	0		2014	Marzo	0.8	
2010	Septiembre	0					
2010	Octubre	0					
2010	Noviembre	0					
2010	Diciembre	0					
2011	Enero	0	0				44.3
2011	Febrero	0					
2011	Marzo	0					
2011	Abril	0					
2011	Mayo	0					
2011	Junio	0					
2011	Julio	0					
2011	Agosto	0					
2011	Septiembre	0					
2011	Octubre	0					
2011	Noviembre	0					
2011	Diciembre	0					
2012	Enero	6.9	758.6				44.3
2012	Febrero	6.1					
2012	Marzo	24.8					
2012	Abril	23					
2012	Mayo	101.7					
2012	Junio	151.8					
2012	Julio	185.6					
2012	Agosto	113.8					
2012	Septiembre	83.1					
2012	Octubre	16					
2012	Noviembre	45.8					
2012	Diciembre	0					
2013	Enero	0	44.3				
2013	Febrero	17					
2013	Marzo	27.3					

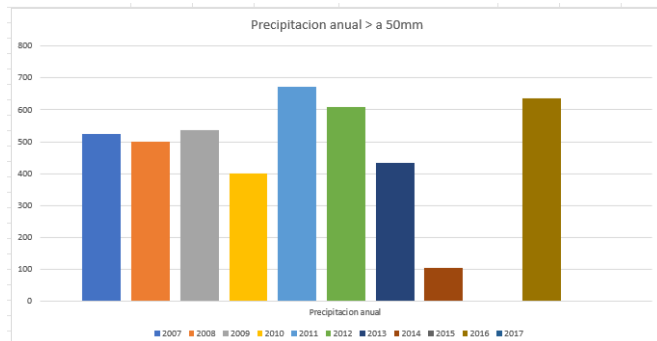
Después de obtener las precipitaciones que hubo al mes, se tiene que calcular el año tipo, para esto, el diseño de captación de agua pluvial debe captar mínimo 50mm para que pueda

abastecer bien a la comunidad, entonces solo hacemos la sumatoria por año de los meses que llovía >50mm.

Una vez obteniendo la sumatoria por año se divide entre los 11 años de los cuales se realizo el estudio y el año tipo es el que se aproxime al promedio que en este caso es el año 2013 con una precipitación de 472.3 anual.

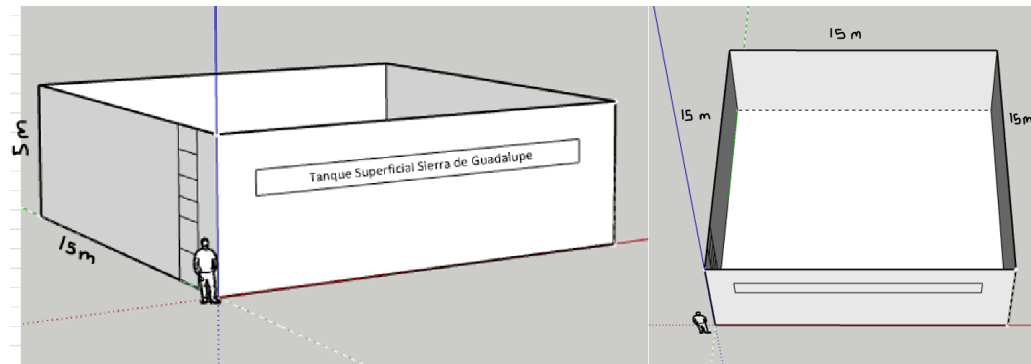
Año	Mes	Precipitacion > a 50mm
2007	Abril	56.9
	Junio	82
	Julio	130.7
	Agosto	161.2
	Septiembre	93.5
2008	Junio	90.3
	Julio	120.5
	Agosto	182.2
	Septiembre	105.7
2009	Junio	107.7
	Julio	53.6
	Agosto	76.3
	Septiembre	178.5
2010	Octubre	119.8
	Febrero	98.3
	Junio	92.2
2011	Julio	209.1
	Junio	196.2
	Julio	262.9
	Agosto	66.4
2012	Septiembre	68.6
	Octubre	79.1
	Febrero	58.3
	Junio	158.9
2013	Julio	260.4
	Agosto	130.9
	Mayo	73.4
	Junio	92.9
2014	Julio	97.9
	Septiembre	168.3
	Mayo	104.6
	Mayo	101.7
2016	Junio	151.8
	Julio	185.6
	Agosto	113.8
	Septiembre	83.1

Año tipo	
Año	Precipitacion anual
2007	524.3
2008	498.7
2009	535.9
2010	399.6
2011	673.2
2012	608.5
2013	432.5
2014	104.6
2015	0
2016	636
2017	0
Suma	4413.3
Promedio	401.2090909
Año tipo	472.3



El agua pluvial va a llegar a un Tanque Superficial que hay en la Sierra de Guadalupe, por lo tanto, se tiene que calcular el área de ese tanque.

Figura 1: Dimensiones del tanque superficial de la Sierra de Guadalupe.



Tanque Superficial Sierra de Guadalupe		Area y perimetro total de los rectangulos		Area y perimetro total	
Altura en m	5	Area rectangulo b*h	75	300	225
Lado en m	15	Perimetro rectangulo (*)(*+*)	5625	22500	450
					750
					60
					120
					22620

Una vez obteniendo el área del tanque superficial, esta se va a multiplicar por la precipitación anual de la tabla del año tipo, se realizará la sumatoria, teniendo la sumatoria, esta se va a multiplicar por el año tipo y se dividirá por el área del tanque.

	A*P
	393225
	374025
	401925
	299700
	504900
	456375
	324375
	78450
	0
	477000
	0
Suma	3309975
Entre el AT	2084401.59

De igual manera se tiene que calcular la conducción del canal.

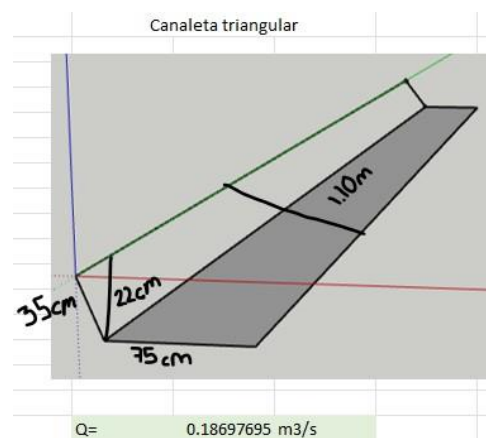


Figura 2: Dimensiones de la canaleta de la Sierra de Guadalupe y su caudal.

Teniendo:

- Pared vertical = 35cm
- Pared horizontal = 75cm
- Ancho del canal = 110cm
- Altura: 22cm
- ❖ Ángulo de 120°
- ❖ Y su coeficiente aproximado es de 2.5

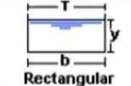
Estos últimos 2 puntos nos ayudan a calcular el caudal del canal $Q = 0.1870 \text{ m}^3/\text{s}$

Nos falta obtener:

- El tirante del canal
- Área hidráulica
- Espejo de agua
- Perímetro mojado
- Radio hidráulico

- Velocidad del flujo
- Numero de Froude del flujo
- Energía específica

Algunas formulas se obtuvieron en esta tabla

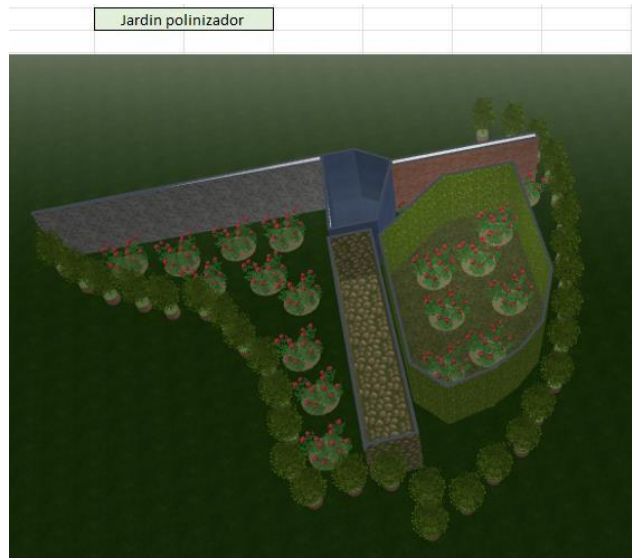
Tipo de sección	Área A (m ²)	Perímetro mojado P (m)	Radio hidráulico Rh (m)	Espejo de agua T (m)
 Rectangular	by	b+2y	$\frac{by}{b+2y}$	b
 Trapezoidal	(b+zy)y	$b+2y\sqrt{1+z^2}$	$\frac{(b+zy)y}{b+2y\sqrt{1+z^2}}$	b + 2zy
 Triangular	zy ²	$2y\sqrt{1+z^2}$	$\frac{zy}{2\sqrt{1+z^2}}$	2zy

Formula para calcular Q (al calcular esta, inmediatamente tendremos la respuesta del tirante)

Superficie	Condiciones de las paredes			
	Perfectas	Buenas	Medianas	Malas
Tubería hierro forjado negro comercial	0.012	0.013	0.014	0.015
Tubería hierro forjado galvanizado comercial	0.013	0.014	0.015	0.017
Tubería de latón o vidrio	0.009	0.010	0.011	0.013
Tubería acero remachado en espiral	0.013	0.015*	0.017*	
Tubería de barro vitrificado	0.010	0.013*	0.015	0.017
Tubos comunes de barro para drenaje	0.011	0.012*	0.014*	0.017
Tabique vidriado	0.011	0.012	0.013	0.015
Tabique con mortero de cemento; albañales de tabique	0.012	0.013	0.015*	0.017
Superficies de cemento pulido	0.010	0.011	0.012	0.013
Superficies aplanadas con <u>módulo de cemento</u>	0.011	<u>0.012</u>	0.013*	0.015
Tuberías de concreto	0.012	0.013	0.015*	0.016
Tuberías de duela	0.010	0.011	0.012	0.013
Acueductos de tablón:				
Labrado	0.010	0.012*	0.013	0.014
Sin labrar	0.011	0.013*	0.014	0.015
Con astillas	0.012	0.015*	0.016	
Canales revestidos con concreto	0.012	0.014*	0.016*	0.018
Superficie de mampostería con cemento	0.017	0.020	0.025	0.030
Superficie de mampostería en seco	0.025	0.030	0.033	0.035
Acueducto semicirculares metálicos, lisos	0.011	0.012	0.013	0.015

Con esa tabla podemos calcular Q, donde lo subrayado con rojo es (n)

$Q = \frac{1}{n} \times AxR_H^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}}$		
$0.1870 \text{ m}^3/\text{s} = \frac{1}{0.012} \times (35y^2) \times \left(\frac{35}{2\sqrt{1226}}\right)^{\frac{2}{3}} \times \left(\frac{861\text{m}}{186,127\text{m}}\right)^{\frac{1}{2}}$		
$0.1870 = \frac{1}{0.012} \times (35y^2) \times \left(\frac{35}{2\sqrt{1226}}\right)^{\frac{2}{3}} \times (0.0046)^{\frac{1}{2}}$		
$0.1870 = 124.5836135 \times y^{\frac{8}{3}}$		
y=0.0873258m		



Area total= 124.057m²

Gasto medio diario		Donde =	Datos:
		D= dotacion	150L/ persona/dia
FORMULA:		P= poblacion	31
$Q_{med} = D * P / 86400$		constante	86400
Sustitucion:			
$Q_{med} = 150 * 31 / 86400$			
Resultado:	0.05381944		
Gasto minimo			
Formula:		$Q_{med} = 0.05381944$	
$Q_{min} = Q_{med} / 2$		$Q_{min} = 0.5 * 0.054$	
$Q_{min} = 0.5 * Q_{med}$		$Q_{min} =$	0.02690972
		$Q_{min} = 1.5$	
Gasto maximo diario			
Formula:		Donde:	Datos:
$Q_{Md} = Q_{med} * cvd$		$Q_{med} =$ gasto medio diario	0.05381944
		$cvd =$ Coeficiente de variacion diaria	1.4
Sustitucion:			
$Q_{Md} = 0.05381944 * 1.4$			
Resltado:	0.07534722		
Gasto maximo horario			
Formula:		Donde:	Datos:
$Q_{Md} = Q_{med} * cvh$		$Q_{med} =$ Gasto medio diario	0.05381944
		$cvh =$ Coeficiente de variacion por hora	1.55
Sustitucion:			
$Q_{Md} = 0.05381944 * 1.55$			
Resultado:	0.08342013		

Calculo coeficiente de regulacion						
Hora	Suministro Entrada	Demanda Horaria	Demandas (salidas)		Formula:	
			Diferencias (%)	Diferencias acumuladas		
0-1	100	60.6	39.4	39.4	Maximo exedente- maximo faltante/100	
1-2	100	61.6	38.4	77.8		
2-3	100	63.3	36.7	114.5	Sustitucion:	
3-4	100	63.7	36.3	150.8	209.1 - (-95.4)/100	
4-5	100	65.1	34.9	185.7		
5-6	100	82.8	17.2	202.9	Resultado:	210.054
6-7	100	93.8	6.2	209.1		
7-8	100	119.9	-19.9	189.2		
8-9	100	130.7	-30.7	158.5		
9-10	100	137.2	-37.2	121.3		
10-11	100	134.3	-34.3	87		
11-12	100	132.9	-32.9	54.1		
12-13	100	128.8	-28.8	25.3		
13-14	100	126.6	-26.6	-1.3		
14-15	100	121.6	-21.6	-22.9		
15-16	100	120.1	-20.1	-43		
16-17	100	119.6	-19.6	-62.6		
17-18	100	115.1	-15.1	-77.7		
18-19	100	112.1	-12.1	-89.8		
19-20	100	105.6	-5.6	-95.4		
20-21	100	90.1	9.9	-85.5		
21-22	100	73.4	26.6	-58.9		
22-23	100	71	29	-29.9		
23-24	100	65.1	34.9	5		

Se procede a realizar pruebas fisicoquímicas al agua pluvial, para observar que tipo de parámetros tiene elevados y ver qué tipo de tratamiento se le puede realizar al agua, para eso se realizaran las siguientes prácticas.

- Determinación de dureza.
- Determinación de Cloruro.
- Determinación de alcalinidad.
- Determinación de calcio.
- Determinación de magnesio.
- Determinación de solidos
- Cloración

Determinación de la dureza presente en el agua.

Para esta práctica se necesita:

- 1 soporte universal
- 1 pinza mariposa
- 1 probeta de 50mL
- 1 bureta de 25mL
- 3 matraz Erlenmeyer de 125mL
- 1 pipeta de 5mL
- 1 perilla
- 1 espátula

Reactivos

- EDTA 0.01N
- Indicador Negro de eriocromo T
- Cloruro de amonio
- Hidróxido de amonio

Pasos a seguir:

1. Se enrasa la bureta con el EDTA.
2. Se mide una alícuota de 50mL de la muestra de agua analizar en un matraz Erlenmeyer de 125mL.
3. Se adiciona 2mL de solución reguladora para obtener un pH de 10.
4. Se agrega una pizca de eriocromo negro T.

5. Se titula con la solución EDTA hasta que se produzca el cambio de color en la solución de ROJO VINO a AZUL.



Dureza	
Muestra	mL gastados de EDTA
1	29
2	33.3
3	25
Promedio mL gastados	29.1

Se aplica el cálculo:

$$\frac{V(EDTA_{mL})(N_{EDTA})(PE_{CaCO_3})}{V_{alícuota}} * 1000$$

$$PE = \frac{P.M}{\#OHCaCO_3}$$

$$PE = \frac{100.08}{2} = 50.04$$

$$\frac{(29.1mL)(0.01N)(50.08CaCO_3)}{50mL} * 1000 = 291.4656ppm CaCO_3$$

Determinación de cloruros presentes en el agua.

Para esta práctica se necesita:

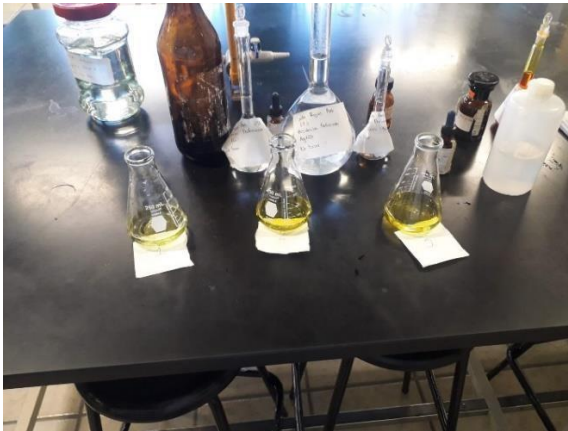
- 1 soporte universal
- 1 pinza mariposa
- 1 probeta de 50mL
- 1 bureta de 25mL
- 3 matraz Erlenmeyer de 125mL
- 1 gotero

Reactivos

- K_2CrO_4
- $AgNO_3$

Pasos a seguir:

1. Se colocan 50mL de la muestra de agua en un Matraz Erlenmeyer de 125mL.
2. Se agregan 3 gotas de K_2CrO_4 al 5%.
3. Se titula con $AgNO_3$ 0.01N hasta que el vire pase de AMARILLO a ROJO LADRILLO.



Cloruros	
Muestra	mL gastados de $AgNO_3$
1	5
2	3.7
3	3.8
Promedio mL gastados	4.16666667

Se aplica el cálculo:

$$\frac{V(mL AgNO_3)(N AgNO_3)(PECl-)}{V \text{ alicuota mL}} * 1000$$

$$PE = \frac{P.M}{\#OHCl -}$$

$$PE = \frac{35.4}{1} = 35.4$$

$$\frac{(4.166mL)(0.01N)(35.4)}{50mL} * 1000 = 29.49528ppmCl -$$

Determinación de alcalinidad presente en el agua.

Para esta práctica se necesita:

- 1 soporte universal
- 1 pinza mariposa
- 1 probeta de 50mL
- 1 bureta de 25mL
- 3 matraz Erlenmeyer de 125mL
- 1 gotero

Reactivos

- Fenolftaleína
- H_2SO_4
- Anaranjado de metilo

Pasos a seguir:

1. Se toman 50mL de muestra.
2. A dicha muestra se le agregan unas gotas de fenolftaleína, si se colorea entonces contiene carbonatos y/o hidróxidos disueltos, si por el contrario permanece incolora no contiene ni carbonatos ni hidróxidos, si no únicamente bicarbonatos.
3. En el primer caso se titula con ácido valorado, anotando el número de mL gastados como correspondientes aF (alcalinidad a la fenolftaleína).
4. A continuación, se le agregan unas gotas de Anaranjado de metilo y se titula hasta obtener un vire de AMARILLO a CAFÉ – ROJIZO (CANELA), anotando el total de mL de ácido gastados correspondiente a M (sin descontar la cantidad de ácido gastado en la primera determinación).
5. La alcalinidad total es equivalente a la alcalinidad al anaranjado de metilo y generalmente se reporta en términos de carbonato de calcio.



Alcalinidad		
Muestra	mL fenolftaleína	mL gastados de H_2SO_4
1	5	0.9
2	5	1.9
3	5	0.5
Promedio mL gastados	5	1.1

Se aplica el cálculo:

$$AF = \frac{mgCaCO_3}{1} = \frac{VF(gastados) * N * PeqCaCO_3}{Vmuestra} * 1000$$

$$PE = \frac{P.M}{\#OHCaCO_3}$$

$$PE = \frac{100.08}{2} = 50.04$$

$$AF = mgCaCO_3 = \frac{5mL * 0.02N * 50.044}{50mL} * 1000 = 100.088$$

$$AT = \frac{mgCaCO_3}{1} = \frac{V(gastado) * N * PeqCaCO_3}{Vmuestra}$$

$$AT = mgCaCO_3 = \frac{1.1mL * 0.02N * 50.044}{50mL} * 1000 = 22.01936$$

Determinación del calcio presente en el agua.

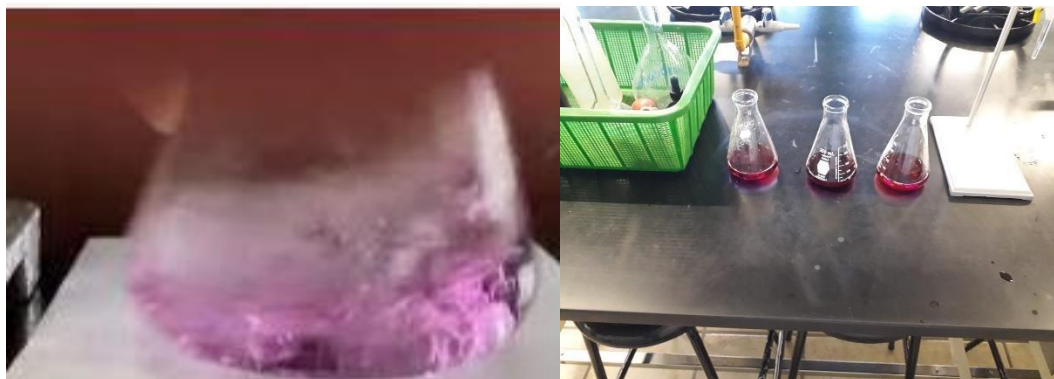
Para esta práctica se necesita:

- | | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • 1 soporte universal • 1 pinza mariposa • 1 probeta de 50mL • 1 bureta de 25mL • 3 matraz Erlenmeyer de 125mL • 1 pipeta de 5mL • 1 perilla • 1 espátula | Reactivos <ul style="list-style-type: none"> • Indicador purpurato de amonio (murexida) • Hidróxido de sodio • EDTA |
|--|---|

Pasos a seguir:

1. Medir 50mL de muestra y colocar en un matraz Erlenmeyer de 125mL.
2. Agregar 2mL de hidróxido de sodio 1.0N y agitar.

3. Agregar una pizca de indicador (purpurato de amonio) disolviéndose por agitación. Si el calcio esta presente en la muestra, esta tomara un color SALMON-ROSA.
4. Se titula la muestra con solución de EDTA, el punto final de la titulación es cuando la muestra toma un color ORQUÍDEA, el punto final será cambiar el color anterior al MORADO. Por adición posterior de EDTA no se observa ningún cambio de color.



Calcio	
Muestra	mL gastados de EDTA
1	19
2	25
3	15.4
Promedio mL gastados	19.8

Se aplica el cálculo:

$$P_{eq} Ca = \frac{40.078}{2} = 20.039$$

$$P_{eq} CaCO_3 = \frac{100.088}{2} = 50.044$$

$$\left(\frac{V(EDTA) \cdot N(EDTA)}{V_{aliquota}} \cdot 1000 \right) \left(\frac{P_{eq} Ca}{P_{eq} CaCO_3} \right)$$

$$\left(\frac{19.8mL \cdot 0.01N}{50mL} \cdot 1000 \right) \left(\frac{20.039}{50.044} \right)$$

$$(3.96)(0.400427624) = 1.5856932ppm Ca$$

Determinación de magnesio presente en el agua.

El magnesio puede calcularse mediante la diferencia entre la dureza total y el calcio como CaCO_3 , si los metales que interfieren están presentes en concentraciones despreciables en la titulación del calcio y se utilizan inhibidores adecuados en la titulación de la dureza.

Se aplica el cálculo:

$$\text{Ppm Mg} = \text{ppm de CaCO}_3 - \text{ppm de Ca}$$

$$\text{Ppm Mg} = 291.4656 - 1.5856932 = 289.87991 \text{ ppm Mg}$$

Determinación de sólidos en el agua.

Para esta práctica se utiliza:

- Mufla
- Cono Imhoff con soporte
- Crisol de porcelana
- Desecador
- Probeta de 25mL
- Balanza
- Parrilla eléctrica
- 1 pinza para el crisol

Pasos a seguir:

Sólidos (totales, volátiles y fijos)

a) Sólidos totales.

1. En un crisol previamente puesto a peso constante, colocar un volumen de 25mL de muestra previamente homogenizada por agitación y ponerla a evaporar en la parrilla eléctrica a una temperatura de 105° hasta su sequedad.
2. Retirar el crisol, dejarlo enfriar en un desecador y pesarlo (hasta obtener peso constante). El incremento de peso corresponde a los sólidos totales.
3. Este crisol con el residuo se utiliza para determinar sólidos totales fijos y volátiles.



Cálculo:

$$ST = \frac{C1 - C0 * 1000}{V}$$

$$ST = \frac{32.59 - 32.58}{25} * 1000 = 0.4mg/L$$

b) Sólidos totales fijos y volátiles.

1. Colocar el crisol con residuo, en la parrilla durante 10min, antes de introducirlo a la mufla, que debe estar a 550°C.
2. Mantenerlo en la mufla durante 10min, retirarlo y dejarlo en la parrilla, a que se enfríe antes de pasarlo a un desecador y pesarlo.
3. Repetir el proceso hasta que el crisol este a peso constante.
4. La perdida de peso corresponde a los sólidos totales volátiles y la diferencia a los sólidos totales fijos.



Cálculo:

$$STV = \frac{C1 - C2}{V} * 1000$$

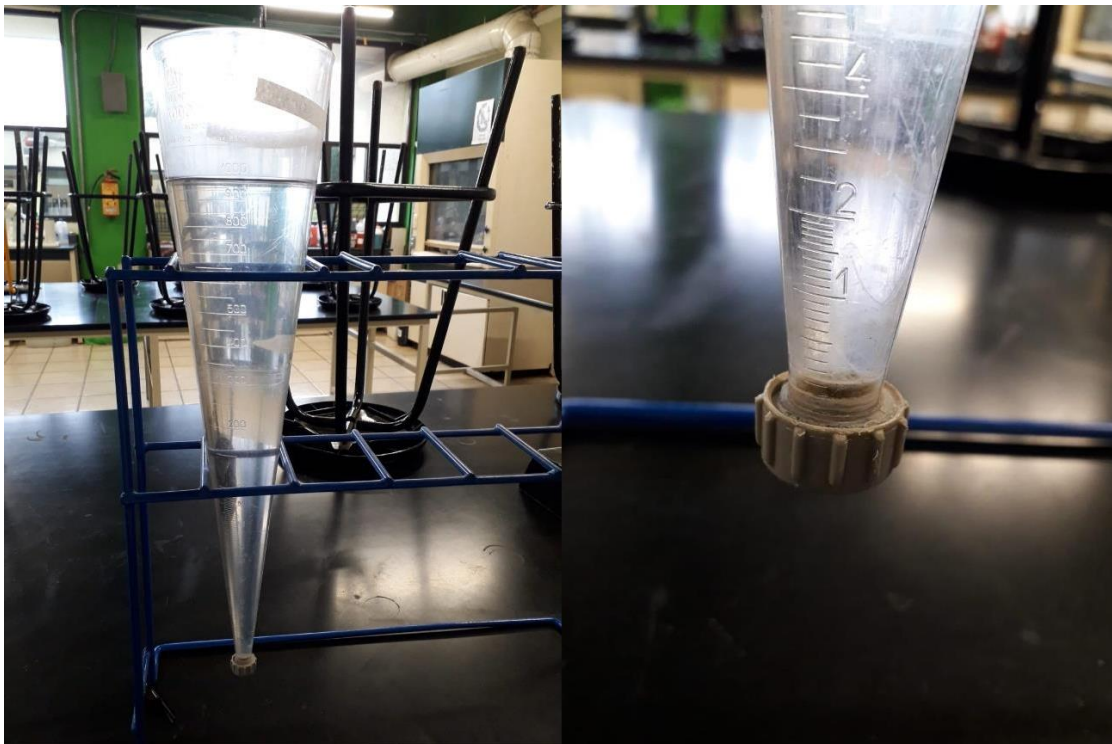
$$STV = \frac{32.59 - 32.57}{25} * 1000 = 0.8mg/L$$

$$STF = ST - STV$$

$$STF = 0.4mg/L - 0.8mg/L = -0.4mg/L$$

Sólidos sedimentables

1. Llenar un cono Imhoff hasta el aforo de un litro, con la muestra problema perfectamente mezclada para homogenizarla.
2. Dejar reposar por 45min, frotar las paredes del cono con un agitador de vidrio, cuidando de no agitar el líquido y dejar reposar durante 15min más.
3. Tomar nota del volumen de solidos sedimentados en la parte estrecha del cono. El resultado se expresa en mL de sólidos sedimentables/L de muestra.



Resultados: 0.1mL de solidos sedimentables/L de muestra.

Cloración del agua.

Para esta práctica se necesita:

- 1 soporte universal
- 1 pinza mariposa
- 1 probeta de 50mL
- 1 bureta de 25mL
- 12 matraz Erlenmeyer de 125mL
- 1 pipeta de 10mL
- 1 perilla
- 1gotero
- 1 balanza

Reactivos

- Hipoclorito de sodio

- Tiosulfato de sodio
- Yoduro de potasio
- Ácido acético
- Almodón

Pasos a seguir:

1. Para esta prueba se usarán 12 muestras de agua, con diferentes dosificaciones de cloro.
2. Colocar 50mL de agua pluvial en los vasos.
3. Con ayuda de una pipeta graduada medir dosis crecientes de hipoclorito de sodio (2,4, 6,...mL).
4. Con ayuda del cronometro aplicar a cada vaso una dosis diferente de hipoclorito de sodio, en un intervalo de 2min entre cada aplicación y registrar el tiempo de esta.
5. Una vez aplicada la dosis de cloro hay que esperar un tiempo de contacto de 30min, para que este reaccione con los compuestos correspondientes. Se determinará luego el cloro residual libre.
6. Al terminar el tiempo de contacto (30min), agregar inmediatamente a cada vaso que contiene la muestra:
2.5mL de ácido acético.
0.5g de yoduro de potasio.
5 gotas de almidón.
7. Titular inmediatamente con Tiosulfato de sodio.



Tabla de resultados:

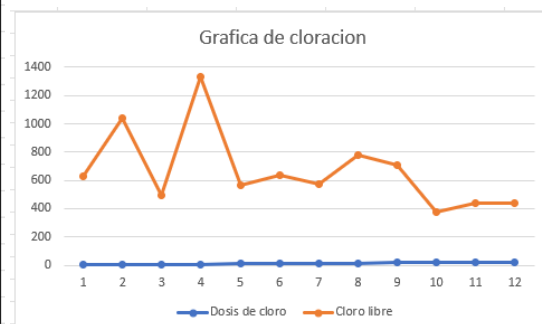
Cloracion					
Muestra	Dosis de cloro	Tiempo inicial	Tiempo final	Tiosulfato	Cloro libre
1	2	10:20	10:50	35.5	629.2375
2	4	10:22	10:52	58.7	1040.4575
3	6	10:24	10:54	27.8	492.755
4	8	10:26	10:56	75	1329.375
5	10	10:28	10:58	32.1	568.9725
6	12	10:30	11:00	36	638.1
7	14	10:32	11:02	32.5	576.0625
8	16	10:34	11:04	44	779.9
9	18	10:36	11:06	39.8	705.455
10	20	10:38	11:08	21	372.225
11	22	10:40	11:10	25	443.125
12	24	10:42	11:12	25	443.125

El cloro libre se calcula con la siguiente formula:

$$\text{Cloro Libre} = \frac{(\text{mL de Tiosulfato})(35450)(N)}{\text{mL de muestra}}$$

Demanda de cloro=

Demanda de cloro		
Muestra	Dosis de cloro	Cloro libre
1	2	629.2375
2	4	1040.4575
3	6	492.755
4	8	1329.375
5	10	568.9725
6	12	638.1
7	14	576.0625
8	16	779.9
9	18	705.455
10	20	372.225
11	22	443.125
12	24	443.125



$$779.9 - 16 = 763.9$$

CAPÍTULO IV

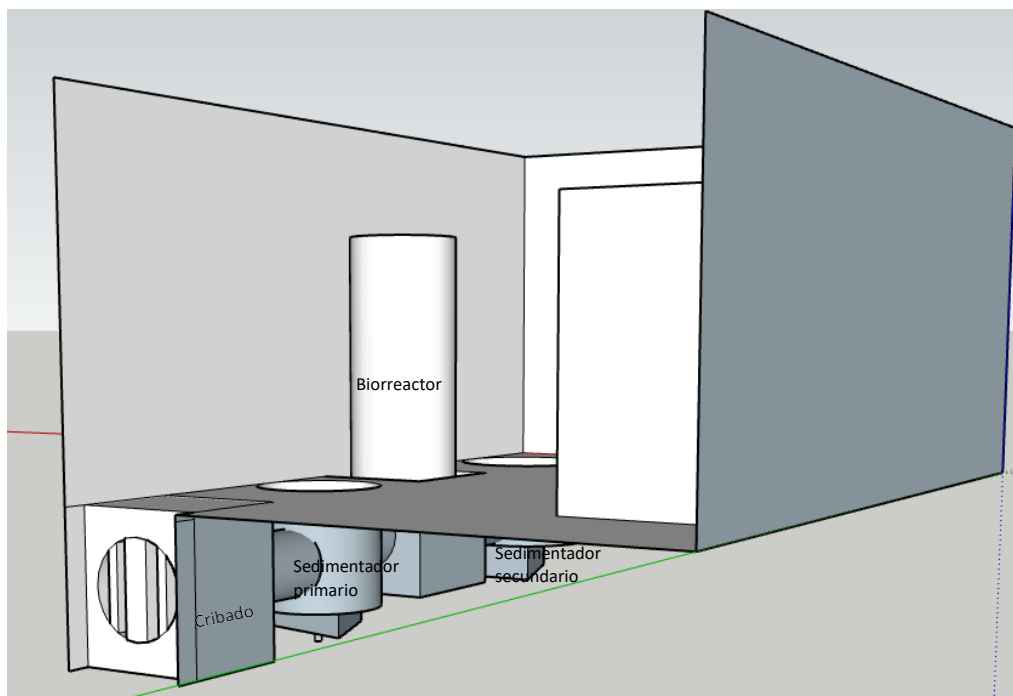
RESULTADOS

Parametro	Particularidades/ valor	Limite maximo permisible Con base a la NOM-127-SSA1-2021	Tratamiento
Color	sin color	Cumple	Cumple
Olor	sin olor	Cumple	Cumple
pH	7	6.5 a 8.5	Cumple
Dureza	291.4656	500mg	Cumple
Cloruros	29.49528	250	Cumple
Alcalinidad	22.01936	200	Cumple
Calcio	1.5856932	500	Cumple
Magnesio	289.87991	500	Cumple
Turbiedad	4.2	4	Cumple
Sulfatos	5	400	Cumple
Solidos totales	0.4	1000	Cumple
SAAM	0.6	0.5	Filtracion de carbon activado

Con base a los análisis fisicoquímicos todo cumple con la norma, menos las Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM) y se basó en la Nom-127-SSA1-2021, Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de la calidad del agua.

El abastecimiento de agua para uso y consumo humano con calidad adecuada es fundamental para prevenir y evitar la transmisión de enfermedades relacionadas con el agua, para lo cual se requiere establecer y mantener actualizados los límites permisibles en cuanto a sus características físicas, químicas, microbiológicas, y radiactivas, con el fin de asegurar y preservar la calidad del agua que se entrega al consumidor por los sistemas de abastecimiento de agua públicos y privados.

Por tales razones la Secretaría de Salud, propone la emisión de la presente Norma Oficial Mexicana, con la finalidad de establecer un eficaz control sanitario del agua que se somete a tratamientos de potabilización a efecto de hacerla apta para uso y consumo humano, acorde a las necesidades actuales.



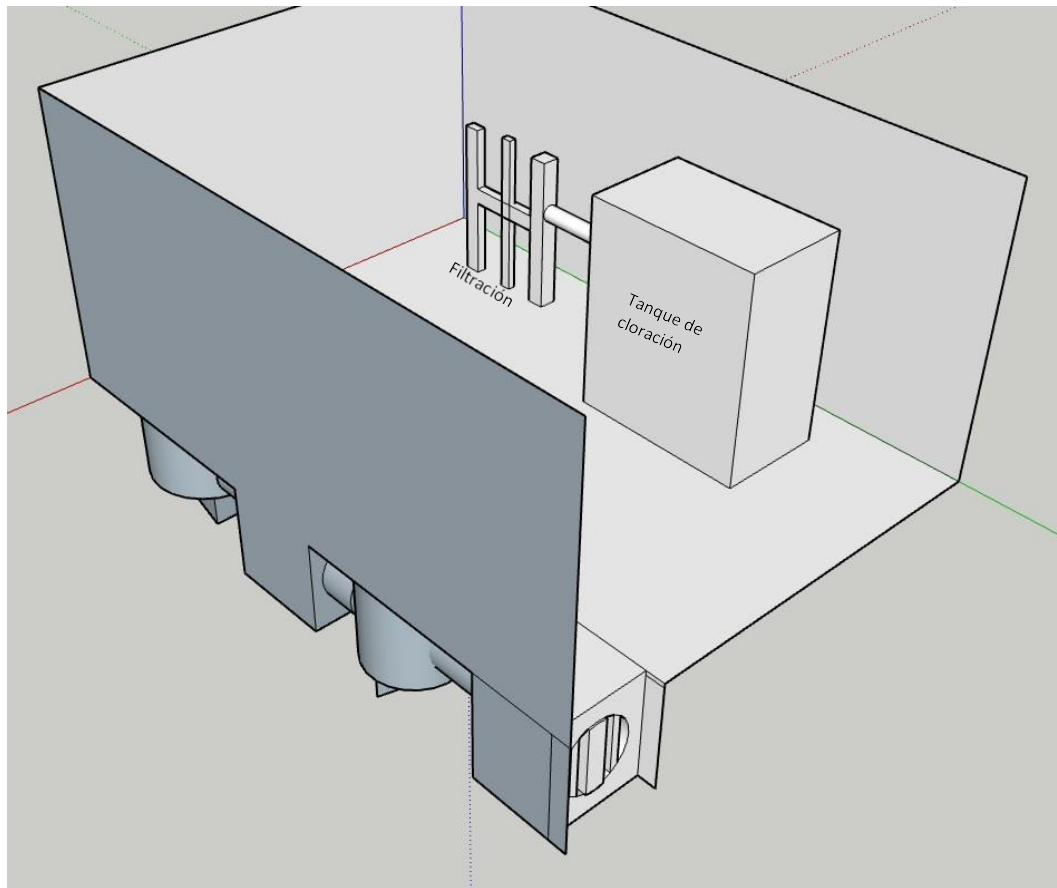


Figura 4: Diseño de planta de tratamiento de agua pluvial.

En esta planta se implementó un sistema de cribado como pretratamiento: Ya que la canaleta guiara el agua a la planta, esta va a arrastrar varias ramas, hojas, etc., y el cribado nos va a permitir que todos los sólidos de gran tamaño se queden atrapados en las cribas y el agua pueda recibir su debido tratamiento, sin que se interpongan los sólidos grandes, además previene el daño de los siguientes tanques, ya que se puede quedar un residuo atorado en una máquina y causar un daño a la maquinaria.

De igual manera, se colocó un sedimentador primario: después del cribado, se quedaron un poco de lodos en el agua y este proceso nos va a permitir que se queden los lodos hasta el fondo del tanque.

También se colocó un biorreactor: Un biorreactor es un sistema que proporciona las condiciones adecuadas para el crecimiento de organismos vivos o la producción de biomoléculas a través de procesos biológicos. En un biorreactor, se controlan parámetros como la temperatura, la agitación, el pH, la concentración de oxígeno y la concentración de nutrientes para optimizar las condiciones de crecimiento y producción.

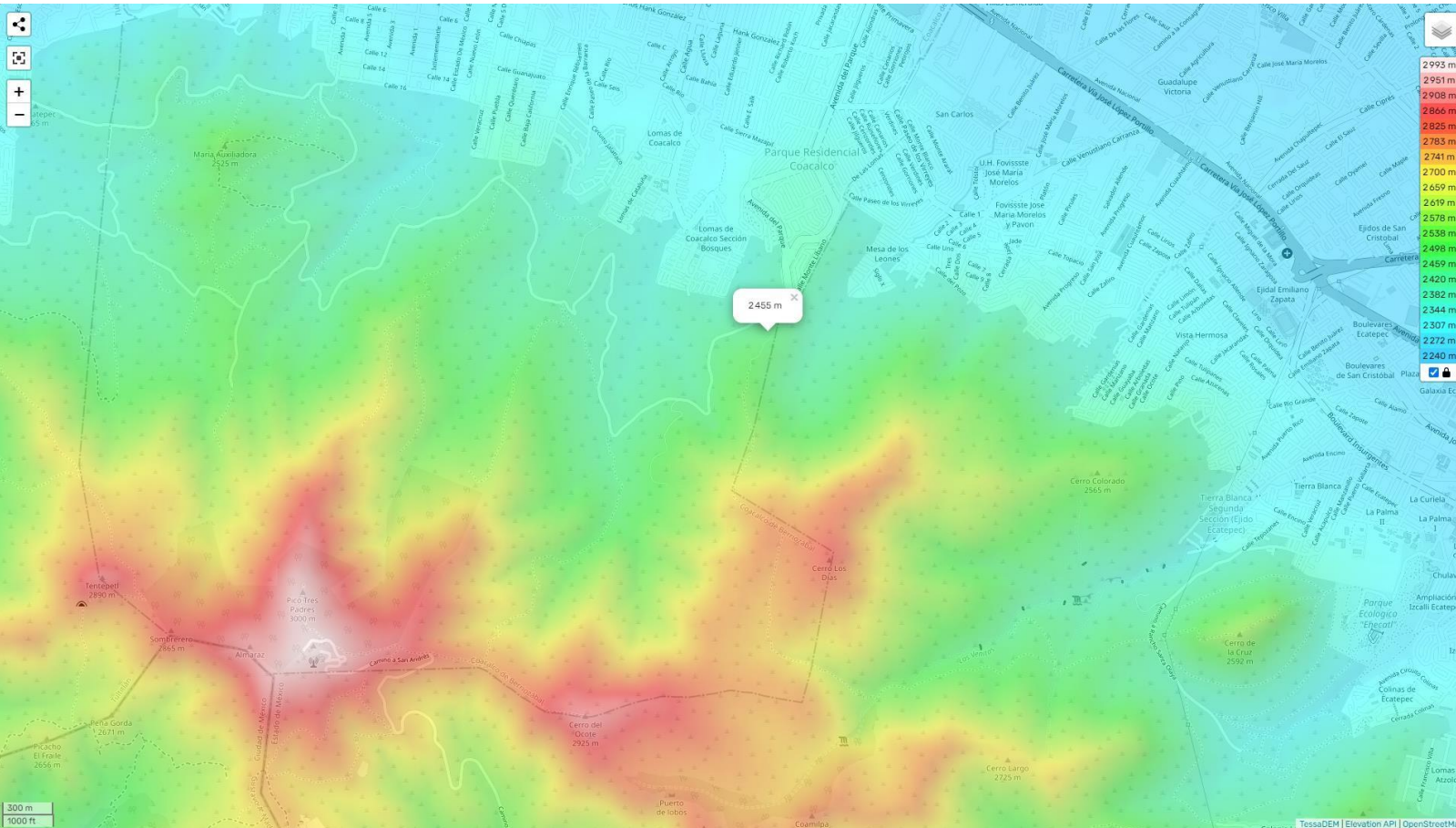
De tratamiento secundario se implementó un sedimentador secundario: en el cual se le agrega a través de cálculos coagulante y floculante el cual a través de movimiento va a hacer que los lodos que tenía aun se hagan más grandes y se queden sedimentados.

De igual manera se implementó la filtración con carbón activado: Este va a hacer que el agua salga más limpia.

Y como tratamiento terciario se agrego un tanque de cloración: Este va a eliminar patógenos que posea el agua, a quitarle el olor y color al agua.

Después de los procesos el agua ya va a estar lista para ser ocupada, se puede almacenar en otro tanque en lo que se utiliza, como un tinaco o una cisterna.

Topografía del lugar donde se planea colocar la planta de tratamiento.



Se planea escarbar, para aplanar y colocar los tanques al igual que la tubería que conducirá el agua tratada hacia el tanque superficial de la sierra de Guadalupe.

Sistema de bombeo y compresor.

Se colocarán 4 bombas, 3 en la planta para que el flujo sea constante y la 4 para que esta sea dirigida hacia el Tanque.

Sistema de bombeo.

CUE	L(m)	D(m)	A(m^2)	f	Q(m^3/s)	h	V(m/s)	V2/2g	L/D	T(°C)	ΔP1 (m)	ΔPL	HP	QTy
Bomba 1	30	0.203	0.03236555	0.2	0.18697695	40	5.77703633	1.70102695	147.783251	25	50.2766586	90.2766586	19.603787	2
Bomba 2	30	0.203	0.03236555	0.2	0.18697695	40	5.77703633	1.70102695	147.783251	25	50.2766586	90.2766586	19.603787	2
Bomba 3	30	0.203	0.03236555	0.2	0.18697695	40	5.77703633	1.70102695	147.783251	25	50.2766586	90.2766586	19.603787	2
Bomba 4	62	0.203	0.03236555	0.2	0.18697695	40	5.77703633	1.70102695	305.418719	25	103.905094	143.905094	40.5144932	2

Compresor.

Recopilando la información de los resultados se puede decir que:

	Temperatura final (T2)		Correccion del flujo del aire Qr (P2atm)		Potencia del compresor	
N1	T2= 298°k (9atm/ 1atm) 1.4^-1/ 1.4= 558.28°k		500ft^3/min (14.7/58.8)(80+460/558)=121 ft^3/min		w=(1.4/1.4-1)18.1mol/s(8.314J/mol/*k)(558.28-298.15)*k =137008.0 J/s	
N2	T2= 298°k (18atm/ 9atm) 1.4^-1/ 1.4= 363.27°k		500ft^3/min (14.7/58.8)(80+460/363)=186 ft^3/min		w=(1.4/1.4-1)27.8mol/s(8.314J/mol/*k)(363.27-298.15)*k =52678.96 J/s	
N3	T2= 298°k (27atm/ 18atm) 1.4^-1/ 1.4= 334.60°k		500ft^3/min (14.7/58.8)(80+460/334)=202 ft^3/min		w=(1.4/1.4-1)30.2mol/s(8.314J/mol/*k)(334.60-298.15)*k =32031.88 J/s	
N4	T2= 298°k (36atm/ 27atm) 1.4^-1/ 1.4= 323.53°k		500ft^3/min (14.7/58.8)(80+460/323)=209 ft^3/min		w=(1.4/1.4-1)31.2mol/s(8.314J/mol/*k)(323.53-298.15)*k =23042.21J/s	
	n=(121ft^3/min) (0.574 lb/ft^2) (453.8) / 29g/mol(60) =18.1mol/s					
	n=(186ft^3/min) (0.574 lb/ft^2) (453.8) / 29g/mol(60) =27.8mol/s					
	n=(202ft^3/min) (0.574 lb/ft^2) (453.8) / 29g/mol(60) =30.2mol/s					
	n=(209ft^3/min) (0.574 lb/ft^2) (453.8) / 29g/mol(60) =31.2mol/s					

- Se realizo un estudio de las precipitaciones en la estación meteorológica de Ecatepec de Morelos.
- Se calcularon las precipitaciones promedio anuales y se determino que en el año 2013 el promedio fue de 472.3mm.
- Se diseño un sistema de captación de agua pluvial que abastece al Centro Ecoturístico de Educación Ambiental en tiempos de escasez de agua.
- Se calcularon las dimensiones del tanque superficial en la Sierra de Guadalupe y el caudal del canal.
- Se realizaron análisis fisicoquímicos al agua pluvial para determinar parámetros elevados y que tipo de tratamiento se le debía dar.
- Se calculo el gasto del agua por día considerando la cantidad de personas en el Centro ecoturístico y el riego del jardín polinizador.
- Se llevaron a cabo pruebas de determinación de dureza, cloruros, alcalinidad, calcio, magnesio, solidos en el agua y cloración del agua.
- Se determinó que la captación del agua pluvial era una solución viable para abastecer de agua al Centro Ecoturístico en tiempos de sequía.
- Por ultimo se determinó que la colocación de la planta de tratamiento NO va a alterar la flora ni la fauna.

CONCLUSIONES

- Se logró diseñar un sistema efectivo de captación de agua pluvial que permitirá abastecer al Centro Ecoturístico de Educación Ambiental en la Sierra de Guadalupe durante épocas de sequía.

- Los análisis fisicoquímicos realizados al agua pluvial demostraron la necesidad de aplicar tratamientos para mejorar su calidad antes de ser utilizada por las personas.
- Se demostró que la captación de agua de lluvia es una forma eficaz de obtener agua potable para uso y consumo humano, especialmente en zonas donde no se dispone de agua en cantidad y calidad necesaria.
- La implementación de este sistema de captación de agua pluvial contribuirá a la sostenibilidad ambiental y la protección del medio ambiente en la Sierra de Guadalupe.

En resumen, el proyecto permitirá garantizar el abastecimiento de agua en el Centro Ecoturístico de Educación Ambiental de manera sostenible, aprovechando los recursos naturales disponibles en la Sierra de Guadalupe.

COMPETENCIAS DESARROLLADAS

- Aplican las ciencias básicas y de la ingeniería para la resolución de problemas.
- Diseña proyectos sustentables que satisfacen las necesidades de un grupo específico de la comunidad.
- Implementa procesos de diseño de ingeniería para la generación de proyectos.
- Diseña proyectos para el desarrollo tecnológico de tratamiento, prevención y control de efluentes líquidos.
- Propone planes de acción y diseño de procesos o equipos de acuerdo con las necesidades especificadas.

FUENTES DE INFORMACIÓN

- IMCO (s/f). Situación del agua en México. Recuperado de <https://imco.org.mx/wp-content/uploads/2023/02/Situacion-del-agua-en-Mexico-1.pdf>
- Green Dates (2018, febrero 26). ¿Cuáles son los beneficios de la captación de aguas pluviales?. Recuperado de <https://greendates.com.mx/cuales-son-los-beneficios-de-la-captacion-de-aguas-pluviales/>
- Gobierno de México, Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (s/f). SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA A NIVEL VIVIENDA. Recuperado de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/791594/LINEAMIENTOS_TECNICOS_SISTEMA_DE_CAPTACION_DE_AGUA_DE_LLUVIA.pdf
- ProNatura (s/f). ABECEDARIO DE LA SIERRA DE GUADALUPE. Recuperado de https://pronatura.org.mx/pdf/AbE/Sierra_Guadalupe.pdf

ANEXOS

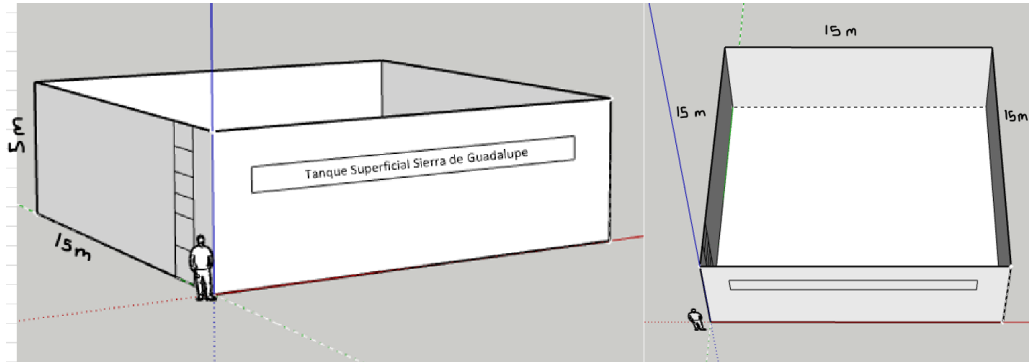


Figura 1: Dimensiones del Tanque Superficial Sierra de Guadalupe.

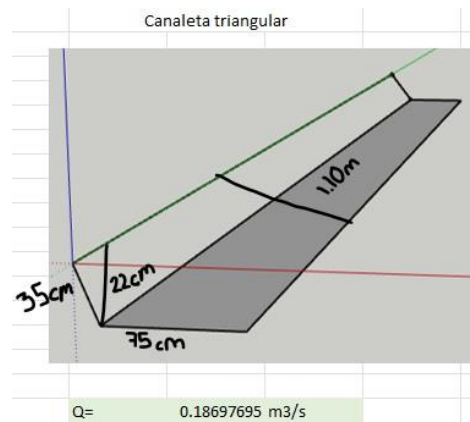


Figura 2: Dimensiones de la canaleta de la Sierra de Guadalupe y su caudal.

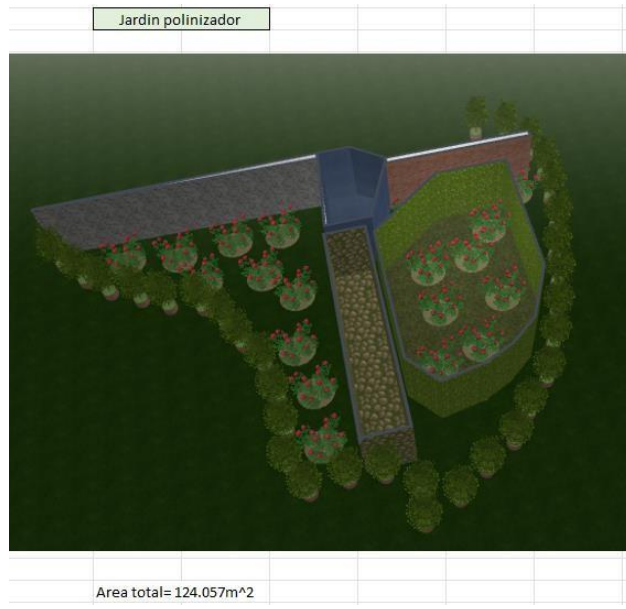


Figura 3: Diseño del jardín polinizador Sierra de Guadalupe.

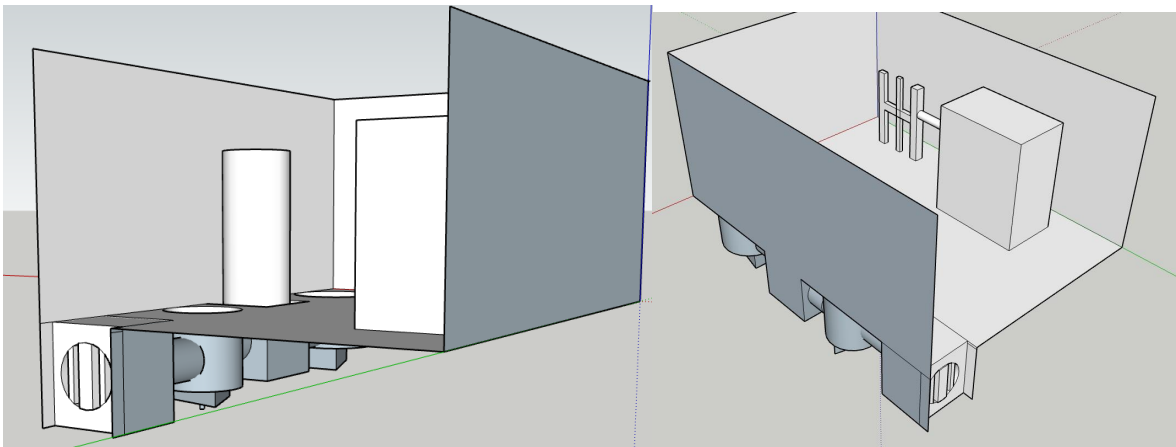


Figura 4: Diseño de planta de tratamiento de agua pluvial.