



Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Facultad de Economía “Vasco de Quiroga”

División de Estudios de Posgrado

**Implementación de un Sistema de Captación Pluvial: Una Política
Pública Sustentable Para el Abastecimiento de Agua para la
Universidad Intercultural Indígena de Michoacán.**

T E S I S

P R E S E N T A:

Carlos Ramos Silva

Para obtener el grado de

Maestro en Gestión Pública de la Sustentabilidad

Director de Tesis

M.C. Rodolfo Aguilera Villanueva

Morelia, Michoacán, Septiembre 2017.



AGRADECIMIENTOS

Primeramente agradezco a nuestra casa de Estudios, a la centenaria **Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo**, por cobijarme dentro de sus aulas y permitir el desarrollo de mi formación académica y profesional desde el Bachillerato en el **Colegio Primitivo Y Nacional de San Nicolás de Hidalgo**, mi formación de licenciatura en la **Facultad de Ingeniería Civil**, y finalmente a la **Facultad de Economía** por permitirme cursar la **Maestría en Gestión Pública de la Sustentabilidad**, proceso que culminó con este trabajo de Tesis.

Agradezco infinitamente al **M.C. Rodolfo Aguilera Villanueva**, como Director de Tesis, por sus aportaciones, sugerencias, sin lo anterior no fuera posible este trabajo. A la **Doctora Hilda Guerrero**, por sus ánimos y apoyo brindado, a los

demás profesores que forman parte de la mesa de sinodales al **Dr. Dante Ariel Ayala Ortiz**, al **Dr. José Manuel González Pérez**, y al **M.C. Carlos Alberto Gómez Prado**. Gracias por apoyo brindado y aportación a este trabajo.

A la **Universidad Intercultural Indígena de Michoacán UIIM**, por permitir desarrollar parte de mis actividades profesionales y académicas que la considero como mi segunda casa, además permitir en ella conocer sus problemáticas y necesidades de diversas naturalezas, una ellas siendo el desabasto de los recursos hídricos, causa y motivo que nos permitió desarrollar el presente trabajo.

A mis excompañeros de la especialidad de Economía Ecológica, **Mayra Estela**, **Gregorio** y **Antonio**.

DEDICATORIA

*A mi familia por brindarme todo el apoyo y acompañarme en estos momentos, a mi esposa **Juanita** por la paciencia ante mis ausencias.*

*A mis hijos a **Carlos, Cecilia**, y en especial a **Gerardo Jurhamuti**, muchas Gracias.*

*A mis padres: A **Naná Cecilia** y **Tatá Vicente**, quienes me dieron la vida, por sus apoyos invaluable, en los momentos diversos por acompañarme y que por su infinito amor, cariño, sus consejos y los regaños aun, he podido llegar a este logro académico y profesional.*

Gracias papá por todo y darme un camino lleno de aprendizaje, y una carrera, además por confiar en mí y por considerarme como un amigo por la confianza que me brindas.

*A mis hermanos, **Leonel, Rigo e Irene**, mujer que la considero como mi segunda madre, por sus consejos en cada momento en mi vida. A mi hermano **Vicente (†)** que me acompaña y me da fortalezas desde el lugar en donde se encuentra.*

*A mis Padrinos a **Tatá Hipólito Martínez** y **Naná Bertha Alicia**; a mis amigos: **Pablo Cano, Miguel Prado, Israel Alvarado**. A mis compañeros de trabajo de la Universidad, a **Naná Adelaida, Tatá Jorge Cira, José Simón, Lupita Muñoz, Domingo Santiago, Eugenio** y al **Mtro. Juan Carlos Corral** por su apoyo.*

A las comunidades e Instituciones de la región donde acudí investigar información para integrar este trabajo y gracias a ello fue posible culminar el presente.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMÉN	iii
ABSTRACT	iv
LISTADO DE FIGURAS.....	v
LISTADO DE TABLAS	x
NOMENCLATURA	xii
GLOSARIO	xiv
INTRODUCCIÓN	1
PROTOCOLO DE INVESTIGACIÓN	3
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
II. JUSTIFICACIÓN	11
III. HIPÓTESIS	20
IV. OBJETIVOS	21
V. MARCO TEÓRICO	22
CAPÍTULO I:	25
SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA, SCALL.	25
1.1 Definición y Partes de un Sistema de Captación de Captación Pluvial SCALL	25
1.2 Teoría sobre sustentabilidad y uso del agua	31
1.3 Antecedentes históricos de Captación de Agua Pluvial.	33
1.4 Principales Sistemas de Captación de Agua de Lluvia (SCALL) utilizados en el mundo y en México.	35
1.5 Situación actual de los Sistemas de Captación de Agua de Lluvia en México.	41
1.6 Problema de escasez de agua en la Meseta Purhépecha, antecedentes y la situación actual de Sistemas de Captación Pluvial.....	45
CAPÍTULO II	51
PROPUESTA DE SISTEMA DE CAPTACIÓN PLUVIAL EN TECHOS SCAPT	51
2.1 Criterios y elementos a considerar para el diseño de los SCAPT	51
2.2 Diseño del SCAPT en la UIIM.....	53
2.3 Localización del sitio para establecer el SCAPT	53
2.4 Determinación de la demanda	55
2.5 Cálculo de la precipitación pluvial neta	58
2.6 Área de captación del agua Pluvial.....	61
2.7 Sistema de conducción del agua Pluvial captada	63
2.8 Almacenamiento de agua de Pluvial	67
2.9 Presupuesto del SCAPT.	69

CAPITULO III	79
ANÁLISIS DE COSTO BENEFICIO.	79
3.1 Análisis de costo y el impacto económico	80
3.2 Impacto Ambiental.	86
CONCLUSIONES.	88
BIBLIOGRAFÍA.....	90
ANEXOS.....	92
A. Diseño de registro con filtro de material pétreo para la separación de partículas.	92
B. Planta de cubierta del edificio “B”, y del tanque de almacenamiento.	93
C. Planta del tanque de almacenamiento (cisterna).....	94
D. Perspectiva frontal parcial del SCAPT.	94
E. Perspectiva del corte longitudinal edificio “A”, y el cisterna de concreto armado del SCAPT.....	95
F. Perspectiva del corte transversal edificio “A”, y el cisterna de concreto armado del SCAPT.....	95
G. Prototipo del SCAPT en la UIIM, proyectado.....	96
H. Vista General de Prototipo del SCAPT en la UIIM.....	96

RESUMÉN

Ante la falta de suministro de manera segura y permanente de los recursos hídricos, así como los costos elevados que genera para dotar por medios físicos en la Universidad Intercultural Indígena de Michoacán UIIM, en este trabajo se propone para desarrollar la implementación de un Sistema de Captación de Agua Pluvial en Techos SCAPT, como política pública sustentable en esta institución de Educación Superior ubicada en la Meseta Purhépecha de Michoacán. Lo anterior permitirá dar respuesta a una necesidad añeja y contribuir que esta casa de estudios pueda cumplir las funciones académicas en docencia, investigación, vinculación, y difusión de la cultura, por lo que fue creada, además denote el desarrollo en la región, así como en el estado.

Palabras Clave: Sistema de captación pluvial, Política pública, Universidad Intercultural Indígena, Sustentable, Recursos Hídricos.

ABSTRACT

In view of the lack of a safe and permanent supply of water resources, as well as the high costs generated by physical means at the Intercultural Indigenous University of Michoacán UIIM, this paper proposes to develop the implementation of a Collection System SCAPT, as a sustainable public policy in this institution of Higher Education located in the Meseta Purhépecha of Michoacán. This will allow us to respond to an old need and to contribute to the fact that this house of studies can fulfill the academic functions in teaching, research, linkage and diffusion of culture, for which it was created, in addition denote the development in the region as well as in the state.

Keywords: Public Policy, Intercultural University Indigenous, Rainwater Catchment system, Sustainable, Water Resources.

LISTADO DE FIGURAS

Figura I. Abastecimiento de agua por medios móviles, lado poniente del edificio “A”. Junio de 2017. Fuente: Foto tomada por CRS.	4
Figura II Instalaciones de la UIIM, abastecimiento por medio de pipas, en el edificio “B” lado oriente respectivamente. Junio de 2017. Fuente: Foto tomada por CRS.	4
Figura III Mapa de la región, entre la Meseta y la región lacustre de Pátzcuaro, misma donde se ubica la Universidad Intercultural así como los municipios con población indígena. Fuente: google maps.	11
Figura IV Mapa Satelital de la región, entre la Meseta y la región lacustre de Pátzcuaro, misma donde se ubica la Universidad Intercultural. . Fuente: google maps.	12
Figura V En esta (imagen izquierdo) se aprecia la tapa y el encamisado del pozo profundo y por otra parte (imagen derecha) la cimentación de mampostería y las varillas de los castillos para el confinamiento de la barda perimetral del sistema de bombeo. Fuente: Foto tomada por CRS.	13
Figura VI Tubería de 4” de PVC que se adquirió para la línea de conducción de la comunidad de Sevina al Campus Universitario quedo sin uso debido a la cancelación de la obra. Fuente: Foto tomada por CRS.	14
Figura VII Tubería de 4” de Galvanizado que se adquirió para la línea de conducción de la comunidad de Sevina al Campus Universitario quedo sin uso debido a la cancelación de la obra. Fuente: Foto tomada por CRS.	14
Figura VIII Tubería de 6” de Acero inoxidable que se adquirió para la línea de conducción de la comunidad de Sevina al Campus Universitario quedo sin uso debido a la cancelación de la obra. Fuente: Foto tomada por CRS.	14
Figura IX. Perforación de la noria, se ubica dentro del campus Universitario. El aforo fue de 2 lts/segundo. Fuente: Foto tomada por CRS.	15

Figura X Cuencas Hidrológicas, delimitación regional y la ubicación hidrológica de la UIIM. Fuente: (Ávila García P., 1996)	17
Figura XI Alta Precipitación en verano, en las cubiertas de los edificios escurren agua de lluvia. Fuente: Foto tomada por CRS.	17
Figura XII Parte de la fachada frontal del edificio A (imagen derecha), caballete de la cubierta del edificio “A”, del campus Pichataro, área de cubierta es de 2000 m2, en cada edificio. Fuente: Foto tomada por CRS.	18
Figura XIII Cubiertas de los edificios “A” y “B”, del campus Pichataro, área de cubierta es de 4000 m2, entre los dos edificios.	18
Figura 1.1 El área de captación que se debe considerar en un sistema, es dirección horizontal del techado o de la cubierta. Fuente: (Caballero Aquino T., 2006)	27
Figura 1.2 Techo cuenca en la comunidad de Tecongo, Aguascalientes. Fuente: (Anaya, 2007). CIDECALLI – CP.	28
Figura 1.3 Canales de recolección con sistemas de filtrado a través de mallas galvanizadas. Fuente: (Anaya, 2007) CIDECALLI – CP.	28
Figura 1.4 Sistema de filtrado (sedimentador) con agregados pétreos (grava y arena). Fuente: (Anaya, 2007).	29
Figura 1.5 Diferentes tipos de Sistemas de almacenamiento en los SCALL. Fuente: (Anaya, 2007).	30
Figura 1.6 Métodos de desinfección del agua: hervir, desinfección solar, agregar cloro, agregar jugo de lima o limón. Fuente:	31
Figura 1.7 Cisterna Maya, llamada Chultun. Fuente: CIDECALLI – CP.	34
Figura 1.8 El agua es captada en el techo, se almacena bajo el piso y se extrae mediante una bomba de mano. Fuente: www.unep.or.jp .	36
Figura 1.9 Captación de agua de lluvia para recarga de acuífero y riego en invernadero, India. Fuente: www.auick.com .	36
Figura 1.10 Sistema de captación de agua de lluvia, Bangladesh. Fuente: CIDECALLI – CP.	37

Figura 1.11 Sistema de captación y almacenamiento del agua de lluvia en Tailandia. Fuente: www.unep.or.jp .	37
Figura 1.12 Bomba de mano (izquierda) y sistema de captación de agua de lluvia “Ronjinson”(derecha), Tokio, Japón. Fuente: www.unep.or.jp .	38
Figura 1.13 Sistema de captación de agua de lluvia básico. Dallas, Texas, en Estados Unidos. Fuente: CIDECALLI – CP.	38
Figura 1.14 Cisternas de ferrocemento prefabricadas en Brasil. Fuente: CIDECALLI – CP.	39
Figura 1.15 Cisterna recolectora de agua de lluvia en Honduras. Fuente: CIDECALLI – CP.	40
Figura 1.16 Sistemas de captación de agua de lluvia en techos de lámina, conducción y almacenamiento. Nicaragua. Fuente: CIDECALLI – CP.	40
Figura 1.17 Captación de agua de lluvia a nivel familiar en República Dominicana. Fuente: CIDECALLI – CP.	41
Figura 1.18 Cisterna revestida con geomembrana de PVC en la zona Mazahua. Fuente: CIDECALLI – CP	42
Figura 1.19 Sistema de Captación de Agua de Lluvia COLPOS 1, (en la figura izquierda se muestra el prototipo del diseño y en la derecha la implementación del SCALL), Fuente: CIDECALLI – CP 2008.	43
Figura 1.20 Estanque para peces de ornado y comestible y riego de huerto familiar COLPOS 2. (en la figura izquierda se muestra el prototipo del diseño y en la derecha la implementación del SCALL., Fuente: CIDECALLI – CP 2008.	44
Figura 1.21 Planta purificadora de agua de Lluvia COLPOS 3. (en la figura izquierda se muestra el prototipo del diseño y en la derecha la implementación del SCALL), Fuente: CIDECALLI – CP 2008.	44
Figura 1.22 Abrevadero para pequeñas explotaciones ganaderas COLPOS 4, (en la figura izquierda se muestra el prototipo del diseño y en la derecha la implementación del SCALL), Fuente: CIDECALLI – CP 2008.	45

Figura 1.23 Cisterna para riego en invernaderos COLPOS 5. (en la figura izquierda se muestra el prototipo del diseño y en la derecha la implementación del SCALL), Fuente: CIDECALLI – CP 2008.	45
Figura 1.24 Noria de pequeño caudal de abastecimiento en la Comunidad de Comachuén, Nahuatzen. Fuente: (Ávila García P., 1996).	46
Figura 1.25 Canalejas de madera tradicionales que usaban para conducir agua. Fuente: (Ávila García P., 1996).	47
Figura 1.26 Sistema de captación pluvial de tipo pasivo, construidas en los años 60's y 70's, de las comunidades Cheranastico y Urapicho respectivamente. Fuente: Foto tomada CRS.	47
Figura 1.27. Sistemas de captación de agua de lluvia en la Meseta Tarasca del Edo. De Michoacán. Fuente: CIDECALLI – CP.	48
Figura 1.28. Sistemas de captación de agua de lluvia en el Colegio de Bachilleres plantel Paracho, Mich., Fuente: Foto tomada CRS.	48
Figura 1.29 Sistemas de captación de agua de lluvia en la Escuela primaria Lázaro Cárdenas de Ahuiran, Paracho, Mich., Fuente: Foto tomada por CRS.	49
Figura 2.1 Localización de la Universidad Intercultural Indígena de Michoacán, en la carretera estatal San Juan Tumbio-Cheran,, Km. 16.2, sede Pichataro, Tingambato, Michoacán. Fuente: Google maps. Y elaboración propia.	54
Figura 2.2 Ubicación de los edificios en el campus de la UIIM, sede Pichataro. Fuente: Google maps. Y elaboración propia.	54
Figura 2.3 Cubierta del Edificio “A”, se considera únicamente el lado poniente como área de captación seleccionado para el SCALL, en la Universidad. Fuente: Google maps.	55
Figura 2.4 Precipitación neta anual, se visualiza los meses que fue mayor de 50 mm.	60
Figura 2.5 Techo del edificio “A” considerada como área de captación para cubrir la demanda parcial del volumen de dotación requerida. Fuente: elaboración propia.	61

Figura 2.6 Grafica de la precipitación anual, se muestra los meses con mayor y menor (periodo de estiaje de noviembre a abril) registrada en la meseta Purhepecha. **Fuente:** INEGI-CNA.

LISTADO DE TABLAS

Tabla I Evolución de la matrícula en la unidad académica Púrhépecha, en Pichataro del ciclo escolar 2007-2008, periodo que abre las licenciaturas la Universidad Intercultural.	7
Tabla II Volúmenes y costos que generan actualmente en la compra del agua en pipas. Fuente: Elaboración propia a partir de documentación oficial de la UIIM.	8
Tabla III Volúmenes (dotación recomendado y establecido por la CNA) y costos estimados que generarían abriendo y funcionando otras áreas académicas como los laboratorios. Fuente: Elaboración propia a partir de documentación oficial de la UIIM.	9
Tabla IV Volúmenes y costos estimados que generarían abriendo y funcionando otras áreas académicas como los laboratorios y con una población universitaria de 1000 personas. Fuente: Elaboración propia a partir de documentación oficial de la UIIM.	9
Tabla 1.1 definiremos y resumiremos los prototipos COLPOS en su serie 1, 2, 3, 4,5 desarrollado por CIDECALLI.	43
Tabla 2.1 Consumo de agua que recomienda el CNA en diferentes consumos en un día para diferentes instituciones y espacios públicos	56
Tabla 2.2 Volúmenes de dotación diaria, mensual y anual para 600 personas.	57
Tabla 2.3 Días hábiles cuantificados con actividades académicas en base de calendario escolar institucional así como el periodo de estiaje.	57
Tabla 2.4 Determinación de la dotación diaria, mensual, y anual. Volúmenes calculados en m ³ , litros, para 600 personas.	58
Tabla 2.5 Rango de valores para coeficiente de escurrimiento para diferente tipo de material en cubiertas de techado que son utilizadas como área captación pluvial.	59
Tabla 2.6 Determinación de la precipitación promedio, neta y total anual. Estas precipitaciones son datos obtenidos de las estaciones meteorológicas (Uruapan y de Pátzcuaro) del año 2010.	60

Tabla 2.7 Demanda anual calculada, a partir del área destinada de captación considerada únicamente una fracción (lado poniente del Edificio A).	62
Tabla 2.8 Superficie calculada por secciones de acuerdo a cada bajada de conducción, se consideró a cada 20 m.	64
Tabla 2.9 Calculo de volumen (caudal de conducción), a partir del área seccionada como efectiva de captación.	65
Tabla 2.10 Calculo de volumen (caudal de conducción), a partir del área seccionada como efectiva de captación.	66
Tabla 2.11 Calculo del Radio Hidráulico a partir de la tubería propuesta de 4".	66
Tabla 2.12 Calculo de la velocidad del caudal en (m/s), misma que lo utilizamos para determinar el Caudal de conducción.	67
Tabla 2.13 Calculo del caudal de conducción (en m ³ /s, y en l/s) en base de los cálculos anteriores: radio y área hidráulica, velocidad del caudal.	67
Tabla 2.14 Determinación de la dotación diaria, mensual, y anual. Volúmenes calculados en m ³ , litros, para 600 personas, esta demanda permite ser la resultante para el diseño del tanque de almacenamiento.	69
Tabla 2.15 Volumen requerido para el diseño del tanque de almacenamiento.	69
Tabla 2.16 Se determina el presupuesto para una cisterna de concreto armado, como una primera propuesta.	70
Tabla 2.16 Se determina el presupuesto para una cisterna de geomembrana de Polietileno de alta densidad como una segunda propuesta.	75
Tabla 3.1 Volúmenes (dotación recomendado y establecido por la CNA) y costos estimados que generarían abriendo y funcionando otras áreas académicas como los laboratorios.	80
Tabla 3.2 Análisis de costo beneficio, donde se calcula el TIR, VAN. Para la primera propuesta (tanque de concreto).	81
Tabla 3.3 Análisis de costo beneficio, donde se calcula el TIR, VAN. Para la segunda propuesta (tanque de polietileno PVC).	83

NOMENCLATURA

SCAPT	Sistema de Captación de Agua Pluvial en Techos
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (Food and Agriculture Organization).
CONAGUA	Comisión Nacional del Agua
UNESCO	Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura.
ONG	Organizaciones No gubernamentales.
CIDECALLI	Centro Internacional de Demostración y Capacitación en Aprovechamiento de Agua de Lluvia.
SAGARPA	Sistema de Captación de Agua Pluvial
SCALL	Organización Mundial de la Salud.
OMS	Colegio de Postgraduados de la Universidad Autónoma Chapingo.
COLPOS	
PNUD	Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo.
IMTA	Instituto Mexicano de Tecnología del agua.
CEAGC	Comisión Estatal de Agua y Gestión de Cuencas.
Cr	Coeficiente de Ecurrimiento (Adimensional)
n	Coeficiente de Rugosidad de la canaleta.
Q	Gasto de la Canaleta (m ³ /s)
Rh	Radio Hidráulico (m)
S	Pendiente
N	Número de años evaluados.
Di	Demanda Anual (m ³)
Nu	Número de usuarios beneficiados en el sistema.
Nd	Número de días analizado.
V	Volumen de agua captada al año (m ³)
Km/h	Kilómetros por hora
mm/hora	Milímetros por hora.
m ³ /habitante/año	Metro cubico por habitante por año.
Litros/persona/día	Litro por Persona por Dia.
m/s	Metro por segundo.

GLOSARIO

Abastecimiento: o aprovisionamiento es el conjunto de actividades que permite identificar y adquirir los bienes y servicios que una organización requiere para su operación adecuada y eficiente, ya sea de fuentes internas o externas.

Acueducto: es un sistema de o conjunto de sistemas acoplados, que permite transportar agua en forma de flujo continuo desde un lugar en el que ésta es accesible en la naturaleza, hasta un punto de consumo distante.

Acuífero: Son aquellas formaciones geológicas en las cuales se encuentra agua y que son permeables permitiendo así el almacenamiento de agua en espacios subterráneos.

Agua Subterráneo: representa una fracción importante de la masa de agua presente en los continentes, y se aloja en los acuíferos bajo la superficie de la Tierra. El volumen del agua subterránea es mucho más importante que la masa de agua retenida en lagos o circulante, y aunque menor al de los mayores glaciares, las masas más extensas pueden alcanzar un millón o más de kilómetros cuadrados.

Arsénico: es un elemento químico de la tabla periódica que pertenece al grupo de los metaloides, también llamados semimetales, se puede encontrar de diversas formas, aunque raramente se encuentra en estado sólido.

Arsénico en Agua: la presencia de arsénico en el agua potable puede ser el resultado de la disolución del mineral presente en cuencas hidrográficas cercanas a volcanes y naturalmente en el suelo por donde fluye el agua antes de su captación

Canales: obra hidráulica, cuya función primordial consiste en conducir el agua de un lugar hacia el otro.

Captación agua de lluvia: es cualquier tipo de ingenio para la recolección y el almacenamiento de agua de lluvia, y cuya viabilidad técnica y económica depende de la pluviosidad de la zona de captación y del uso que se le dé al agua recogida.

Caudal de agua: es el que lleva una corriente o que fluye de un manantial o fuente. En dinámica de fluidos, caudal es la cantidad de fluido que circula a través

de una sección del ducto (tubería, cañería, oleoducto, río, canal) por unidad de tiempo.

Cenote: son dos depresiones casi circulares, con paredes verticales que llegan frecuentemente al nivel freático y deben su formación a la erosión subterránea y al desfondamiento de la roca caliza superficial. Su diámetro es variable.

Cisterna: es un depósito subterráneo que se utiliza para recoger y guardar agua de lluvia (aljibe) o procedente de un río o manantial.

Coeficiente de escurrimiento (cr): es la relación entre la lámina de agua precipitada sobre una superficie y la lámina de agua que escurre superficialmente, (ambas expresadas en mm).

$$Cr = \frac{Es}{Pr}$$

Dónde:

Es = lámina escurrida (en mm).

Pr = precipitación (en mm)

El valor del parámetro cr varía mucho en función del tipo de material del área de captación.

Concreto: es un material compuesto empleado en construcción, formado esencialmente por un aglomerante al que se añade partículas o fragmentos de un agregado, agua y específicos. El aglomerante es en la mayoría de las ocasiones cemento (generalmente cemento portland) mezclado con una proporción adecuada de agua para que se produzca una reacción de hidratación.

Conservación ambiental: es la conservación de las especies, conservación de la naturaleza y protección de la naturaleza son algunos de los nombres con que se conocen las distintas formas de preservar el futuro de la naturaleza, el medio ambiente o, específicamente, algunas de sus partes: la flora y la fauna, las distintas especies, los distintos ecosistemas, los valores paisajísticos, entre otros. Con el nombre de conservacionismo se designa al movimiento social que propone esa conservación. Una de sus vertientes es el movimiento ecologista.

Contaminación: es la introducción de sustancias u otros elementos físicos en un medio que provocan que éste sea inseguro o no apto para su uso. El medio puede ser un ecosistema, un medio físico o un ser vivo.

Costo o coste: es el valor monetario de los consumos de factores que supone el ejercicio de una actividad económica destinada a la producción de un bien, servicio o actividad. Todo proceso de producción de un bien supone el consumo o desgaste de una serie de factores productivos, el concepto de coste está íntimamente ligado al sacrificio incurrido para producir ese bien.

Cuenca hidrológica: es un territorio vaciado por un único sistema de drenaje natural, es decir, que sus aguas dan al mar a través de un único río, o que vierte sus aguas a un único lago endorreico. Una cuenca hidrográfica es delimitada por la línea de las cumbres, también llamada divisoria de aguas.

Desarrollo sostenible: el concepto de desarrollo sostenible fue descrito en 1987 en el informe de la comisión de bruntland como un “desarrollo que satisface las necesidades de la generación presente, sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer sus propias necesidades”.

Desarrollo sustentable: es el resultado de una acción concertada de las naciones para impulsar un modelo de desarrollo económico mundial compatible con la conservación del medio ambiente y con la equidad social.

Drenes: La función principal de un sistema de drenaje es la de permitir la retirada de las aguas que se acumulan en depresiones topográficas del terreno, causando inconvenientes ya sea a la agricultura o en áreas urbanizadas o carreteras.

Ecosistema: es un sistema natural formado por un conjunto de organismos vivos (biocenosis) y el medio físico donde se relacionan (biotopo). Un ecosistema es una unidad compuesta de organismos interdependientes que comparten el mismo hábitat.

Ecotécnia: Las ecotecnias o ecotécnicas son tecnologías que pueden ser utilizadas para ayudar al establecimiento de las comunidades o asentamientos ecológicos autosuficientes.

Evaluación de Impacto Ambiental (EIA): es un procedimiento por el que se identifican y evalúan los efectos de ciertos proyectos sobre el medio físico y social.

Evapotranspiración: se define como la pérdida de humedad de una superficie por evaporación directa junto con la pérdida de agua por transpiración de la vegetación. Se expresa en mm por unidad de tiempo.

Extracción de agua: El método más común para extraer agua subterránea es el pozo, un agujero taladrado en la zona de saturación. Los pozos sirven a modo de pequeños depósitos a los cuales migra el agua subterránea y de los cuales puede bombearse a la superficie.

Factibilidad: se refiere a la disponibilidad de los recursos necesarios para llevar a cabo los objetivos o metas señaladas. Generalmente la factibilidad se determina sobre un proyecto. El estudio de factibilidad es una tarea que suele estar organizada y realizada por los analistas de sistemas.

Ferrocemento: es un material de construcción usado para hacer edificios, depósitos de agua, barcos y esculturas. Se compone de cemento, arena, malla de alambre y agua.

Galería filtrante: o galería de captación es una galería subterránea construida para alcanzar un acuífero cuya estructura permeable está diseñada con la finalidad de captar las aguas subterráneas., la galería filtrante es aproximadamente horizontal.. El agua captada se conduce a una cámara desde la cual puede ser bombeada, o conducida por gravedad hasta el lugar de su aprovechamiento.

Geología: deriva del griego "geo" que significa tierra, y "logos" tratado o conocimiento, por lo tanto se define como la ciencia de la tierra y tiene por objeto entender la evolución del planeta y sus habitantes, desde los tiempos más antiguos hasta la actualidad mediante el análisis de las rocas.

Geomembrana: lamina sintética fabricada a base de PVC, polietileno, caucho, y otros compuestos, que se utilizan para revestir o envolver diversas sustancias que pueden contaminar el ambiente, tales como rellenos sanitarios, pozas de lixiviación o relaves mineros. con ella se evita que dichas sustancias regresen en entorno a través de la lluvia y el viento.

Gestión: es la asunción y ejercicio de responsabilidades sobre un proceso (es decir, sobre un conjunto de actividades) lo que incluye: La preocupación por la disposición de los recursos y estructuras necesarias para que tenga lugar, La coordinación de sus actividades (y correspondientes interacciones).

Hidrología: La hidrología es una rama de las ciencias de la Tierra que estudia el agua, su ocurrencia, distribución, circulación, y propiedades físicas, químicas y mecánicas en los océanos, atmósfera y superficie terrestre. Esto incluye las precipitaciones, la escorrentía, la humedad del suelo, la evapotranspiración y el

equilibrio de las masas glaciares. Por otra parte, el estudio de las aguas subterráneas corresponde a la hidrogeología.

Humedal. es una zona de tierras, generalmente planas, en la que la superficie se inunda permanente o intermitentemente, al cubrirse regularmente de agua, el suelo se satura, quedando desprovisto de oxígeno y dando lugar a un ecosistema híbrido entre los puramente acuáticos y los terrestres.

Humedad de agua: Se denomina humedad al agua que impregna un cuerpo o al vapor presente en la atmósfera el cual, por condensación se constituye como nubes, que ya no están formadas por vapor sino por agua o hielo.

Impacto ambiental: es el efecto que produce la actividad humana sobre el medio ambiente. El concepto puede extenderse a los efectos de un fenómeno natural catastrófico. Técnicamente, es la alteración en la línea de base ambiental.

Implementación: es la ejecución u/o puesta en marcha de una idea programada, ya sea, de una aplicación informática, un plan, modelo científico, diseño específico, estándar, algoritmo o política.

Indígena: son las que asumen una identidad étnica con base en su cultura, sus instituciones y una historia que los define como los pueblos autóctonos del país, descendientes de las sociedades Unidos Mexicanos, como una nación multicultural fundada en sus pueblos indígenas.

Infiltración: es la penetración del agua en el suelo.

Infraestructura hidráulica: es una construcción, en el campo de la ingeniería civil, ingeniería agrícola e ingeniería hidráulica, donde el elemento dominante tiene que ver con el agua. Se puede decir que las obras hidráulicas constituyen un conjunto de estructuras construidas con el objetivo de controlar el agua, cualquiera que sea su origen, con fines de aprovechamiento o de defensa.

Intercultural: puede definirse como el proceso de comunicación e interacción entre personas y grupos con identidades culturales específicas, donde no se permite que las ideas y acciones de una persona o grupo cultural esté por encima del otro, favoreciendo en todo momento el diálogo, la concertación y, con ello, la integración y convivencia enriquecida entre culturas.

Inversión: es un término económico, con varias acepciones relacionadas con el ahorro, la ubicación de capital, y la postergación del consumo. El término aparece

en gestión empresarial, finanzas y en macroeconomía. El vocablo inversión lleva consigo la idea de utilizar recursos con el objeto de alcanzar algún beneficio, bien sea económico, político, social, satisfacción personal, entre otros.

Isoyeta: o isohieta es una isolínea que une los puntos en un plano cartográfico que presentan la misma precipitación en la unidad de tiempo considerada. Así, para una misma área, se puede diseñar un gran número de planos con isoyetas; como ejemplos, las isoyetas de la precipitación media de largo periodo del mes de enero, de febrero, etc., o las isoyetas de las precipitaciones anuales.

Lago: es una gran extensión de agua, de forma irregular, rodeada de tierra. el agua que los conforma es dulce.

Laguna: es así mismo una extensión acuosa sin forma constante y de menores dimensiones que un lago. el agua puede ser dulce o salada.

Manantial: considerado también naciente o vertiente es una fuente natural de agua que brota de la tierra o entre las rocas. Puede ser permanente o temporal. Se origina en la filtración de agua, de lluvia o de nieve, que penetra en un área y emerge en otra de menor altitud. Los cursos subterráneos a veces se calientan por el contacto con rocas ígneas y afloran como aguas termales.

Meseta Purhepecha: también llamada Meseta Tarasca, es una región del estado mexicano de Michoacán. Se localiza al pie del Eje Volcánico. Se trata de una región de tierra templada, regada por el río Lerma y sus afluentes. Cuenta con varias lagunas, como el lago de Pátzcuaro, el lago de Cuitzeo y el lago de Zirahuén. Es una región con fuerte presencia indígena (purépecha), dedicada a la agricultura y a la explotación silvícola.

Noria: una noria es una máquina hidráulica que sirve para extraer agua siguiendo el principio del rosario hidráulico. Consiste en una gran rueda con aletas transversales que se coloca parcialmente sumergida en un curso de agua, el cual, gracias a las aletas, imprime a la rueda un movimiento continuo. Esta, posee en su perímetro una hilera de recipientes (arcaduces o cangilones), que con el movimiento de la rueda se llenan de agua, la elevan y la depositan en un conducto asociado a la noria que la distribuye al canal de regadío u otro tipo de depósito. Existen también norias para sacar agua de pozos, en las que el movimiento se consigue generalmente utilizando tracción animal.

Parteaguas: Línea imaginaria que separa las aguas pluviales de dos cuencas hidrográficas contiguas. Líneas divisorias de esta índole han fungido históricamente como límites territoriales.

Periodo de Estiaje: se deriva de estío o verano, debido a que, en la región del Mediterráneo, el estío es la época de menor caudal de los ríos debido a la relativa escasez de precipitaciones en esta estación. Cuando nos referimos al régimen de un río, el estiaje es el período de aguas bajas.

Pichataro: comunidad indígena que se localiza en el municipio de Tingambato, Michoacán, y es parte de la zona indígena Purhépecha. Su significado es “lugar de clavos de madera” seguramente porque es una región boscosa de pinos, encinos y madroños entre otros muchos árboles y plantas de todo tipo.

Pluvial: de la lluvia o relacionado con ella.

Polietileno: (PE) es químicamente el polímero más simple. Se representa con su unidad repetitiva $\{CH_2-CH_2\}_n$. Es uno de los plásticos más comunes debido a su bajo precio y simplicidad en su fabricación, lo que genera una producción de aproximadamente 60 millones de toneladas anuales alrededor del mundo.

Políticas públicas: son acciones de gobierno con objetivos de interés público que surgen de decisiones sustentadas en un proceso de diagnóstico y análisis de factibilidad, para la atención efectiva de problemas públicos específicos, en donde participa la ciudadanía en la definición de problemas y soluciones.

Potabilización: es un proceso que se lleva a cabo sobre cualquier agua para transformarla en agua potable y de esta manera hacerla absolutamente apta para el consumo humano.

Pozo: es una perforación profunda efectuada en la tierra para sacar el agua. su profundidad varía según el nivel en que se halle el manto freático y sus paredes pueden estar revestidas de piedra o ladrillo, según la región.

Precipitación: En meteorología, la precipitación es cualquier forma de hidrometeoro que cae de la atmósfera y llega a la superficie terrestre. Este fenómeno incluye lluvia, llovizna, nieve, aguanieve, granizo, neblina ni rocío, que son formas de condensación y no de precipitación. La cantidad de precipitación sobre un punto de la superficie terrestre es llamada pluviosidad, o monto pluviométrico.

Purhepecha: es un pueblo indígena que habita primordialmente en el estado de Michoacán, México. Sus miembros fueron conocidos como los michoacas o michoacanos en su etimología náhuatl, como habitantes de Michoacán ('lugar de pescadores'), y que también habitaron en los estados de Guanajuato y Guerrero, en México.

Rayos UV: Se denomina radiación ultravioleta o radiación UV a la radiación electromagnética cuya longitud de onda está comprendida aproximadamente entre los 400 nm (4×10^{-7} m) y los 15 nm ($1,5 \times 10^{-8}$ m).

Recursos hídricos: el agua es esencial para la supervivencia y el bienestar humanos, y es importante para muchos sectores de la economía. los recursos hídricos se encuentran repartidos de manera desigual en el espacio y el tiempo, y sometidos a presión debido a las actividades humanas. La distribución de los recursos hídricos, pensando solamente en el agua dulce disponible para el consumo humano es muy variable de región a región.

Renovable: son las fuentes de agua naturales virtualmente inagotables, unas por la inmensa cantidad de agua que contienen, y otras porque son capaces de regresarse por medios naturales.

Represas: es el estancamiento o detención artificial de una corriente de agua.

Rio: se trata de una corriente de agua bastante considerable que desemboca en otra o bien en el mar.

Sevina: comunidad indígena que se localiza en el Municipio de Nahuatzen (en el Estado de Michoacán de Ocampo). Hay 3344 habitantes. Sevina está a 2401 metros de altitud.

Sistema: un sistema (del latín *systema*, y este del griego σύστημα *sýstēma* 'reunión, conjunto, agregado') es un objeto complejo cuyos componentes se relacionan con al menos algún otro componente; puede ser material o conceptual. Todos los sistemas tienen composición, estructura y entorno, pero solo los sistemas materiales tienen mecanismo, y sólo algunos sistemas materiales tienen figura (forma).

Sustentable: es el desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades". (CMMAD, 1987:24). El concepto desarrollo sustentable" es el resultado de una acción concertada de las naciones para impulsar un modelo de

desarrollo económico mundial compatible con la conservación del medio ambiente y con la equidad social.

Topografía: es la ciencia que estudia el conjunto de principios y procedimientos que tienen por objeto la representación gráfica de la superficie terrestre, con sus formas y detalles; tanto naturales como artificiales; (véase planimetría y altimetría). Esta representación tiene lugar sobre superficies planas, limitándose a pequeñas extensiones de terreno, utilizando la denominación de «geodesia» para áreas mayores.

Vegetación: La vegetación es la cobertura de plantas (flora) salvajes o cultivadas que crecen espontáneamente sobre una superficie de suelo o en un medio acuático. Hablamos también de una cubierta vegetal. Su distribución en la Tierra depende de los factores climáticos y de los suelos.

INTRODUCCIÓN

En este trabajo de tesis se propone el desarrollo de la implementación de un Sistema de Captación de Agua Pluvial en Techos SCAPT, como política pública sustentable en esta institución de Educación Superior ubicada en la Meseta Purhépecha de Michoacán, para lograr el presente trabajo académico está integrado de la siguiente forma.

Primeramente, se describe el antecedente y la problemática de la escasez de agua en la Universidad Intercultural, causa que motiva el desarrollo de este trabajo. Además, se describen la justificación, la hipótesis, los objetivos y las variables, es decir las preguntas de investigación.

En el capítulo I, se dedica a definir y analizar el uso sustentable de los recursos hídricos, también desarrolla el estado del arte, es decir el sustento teórico y desarrollo en la implementación histórico y actual de los Sistemas de Captación de Agua Pluvial, en el mundo, en el País, en el Estado, así como en la región considerada meseta Purhépecha de este Estado de Michoacán. Por otra parte, en este capítulo se discute la definición, los componentes y estado actual de la implementación de los Sistemas de captación de Agua de Lluvia SCALL.

En el segundo capítulo II, en este capítulo el objetivo central es, realizar la propuesta de la Implementación del Sistema de Captación de Agua Pluvial, además como objetivo general de este trabajo, y para lograr lo anterior, se determina primero los aspectos técnicos cuantitativos para el diseño del SCAPT, como las demandas o dotación, área de captación neta, capacidad de bajada, cálculo de diámetro de tubería, así como el volumen de almacenamiento con su respectiva cisterna. Además, se cuantifica los costos de inversión inicial requerida

para su construcción, dos diferentes tipos de material como tanque de almacenamiento.

En el capítulo III, con los resultados obtenidos en el capítulo anterior permiten realizar una serie de análisis y factibilidad económica en la implementación del Sistema de Captación Pluvial, el análisis se realiza también la inversión de dos propuestas construcción en el tanque de almacenamiento, y lo que se determina es el TIR, VAN, y la relación de B/C, así como su interpretación. También en esta parte del trabajo se enlista los beneficios económicos y ambientales que provocaría por la implementación del sistema.

Finalmente se realiza una conclusión general del trabajo.

PROTOCOLO DE INVESTIGACIÓN

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La Universidad Intercultural Indígena de Michoacán UIIM, enfrenta el desabasto e insustentabilidad de agua que hace difícil cumplir sus funciones básicas por la que fue creada. El recurso hídrico que se dota para las necesidades más elementales es por medios físicos móviles (Ver **Figura I y II**) como consecuencia provoca que financieramente sea incosteable y además se erogan recursos que no se cuentan, comprometiendo partidas y presupuestos destinados para otras funciones de naturaleza académica y de investigación.



Figura I. Abastecimiento de agua por medios móviles, lado poniente del edificio “A”. Junio de 2017. **Fuente:** Foto tomada por CRS.



Figura II Instalaciones de la UIIM, abastecimiento por medio de pipas, en el edificio “B” lado oriente respectivamente. Junio de 2017. **Fuente:** Foto tomada por CRS.

Esta institución académica de educación superior (sede en Pichataro) lleva 11 años formando a jóvenes de la zona de población indígena de las cuatro regiones

que se divide la etnia Purhépecha. (La región lacustre, la Ciénega de Zacapu, la cañada de los once pueblos y la meseta Purhépecha, zona donde ubica el campus). Los programas u ofertas de formación profesional que ofrece son las licenciaturas en: Desarrollo sustentable en las especialidades o terminales de agroecología, y Tecnologías alternativas, la licenciatura en Gestión Comunitaria y Gobiernos Locales, la carrera de Arte y Patrimonio cultural, la licenciatura en Lengua y cultura así como la licenciatura de en Comunicación Intercultural. Cada una de las licenciaturas están enfocadas al estudio endógeno de la forma de vida de los pueblos originarios en su cultura, en la biodiversidad de los ecosistemas, en la cosmovisión de modo que fomente el dialogo intercultural, respetando la diversidad.

Lo anterior se traduce como objetivo central de la Universidad Intercultural Indígena de Michoacán UIIM, Impartir programas educativos de alta calidad, orientados a la formación de profesionistas e intelectuales comprometidos con el desarrollo económico y cultural en los ámbitos comunitario, regional y nacional, cuyas actividades contribuyan a promover un proceso de revaloración y revitalización de su lengua y su cultura originaria, así como de los procesos de generación del conocimiento de estos pueblos.¹

A la fecha esta casa de Estudios tiene tres sedes académicas en funciones, El campus Kananguio, es considerada como la unidad central localizada en la comunidad Indígena de Pichataro, Municipio de Tingambato; la unidad académica Otomí-Mazahua, en la comunidad de San Felipe de los Alzati, Municipio de Zitácuaro; la unidad académica Costa-Nahua, en la comunidad del Coire, localidad del Faro de Bucerías, Municipio de Aquila; y finalmente se proyecta que inicie labores la unidad académica de Tirindaro, Municipio de Zacapu, para el ciclo escolar 2017-2018, sumando cuatro sedes en funciones para el próximo ciclo escolar (2017-2018).

¹ Establecido en el decreto de creación, publicado el 11 de abril de 2006, en el periódico oficial del gobierno del Estado de Michoacán.

La población estudiantil (matricula) de la institución ha sufrido cambios del ciclo escolar 2007-2008, periodo que comienza con las actividades de docencia e investigación de manera formal y estructurada (ver **Tabla I**). Aunque legalmente la Universidad es fundada el 11 de abril de 2006, por el gobernador el Antropólogo Lázaro Cárdenas Batel y también es necesario resaltar que ciclos escolares anteriores se impartieron diplomados en diferentes comunidades e instituciones educativas como: Partería Comunitaria, Derecho Indígena, Pluralismo Jurídico, Lengua y cultura.

Del ciclo escolar 2007-2008 al 2011-2012, la matrícula y la demanda crecieron como se muestra en la **Tabla I**, es decir de 89 Estudiantes inscritos a 879 de estudiantes de todos los semestres y licenciaturas además de un posgrado que ofrecía a nivel de Maestría respectivamente. Resultado de problemas diversos de carácter interno y externo la demanda y la matricula sufrió un decremento serio y considerable llegando la inscripción total de 676 estudiantes de todas las licenciaturas y semestres². También es necesario resaltar que en el ciclo escolar de 2011-2012, en la unidad académica Kanaguio Pichataro, para ser precisos en el comienzo del periodo de estiaje en los meses de febrero y marzo, el consejo estudiantil presento la demanda y se inconforma por la falta de suministro de los recursos hídricos (agua), misma que se carecía para satisfacer las necesidades mínimas como en los sanitarios, la petición se presenta ante a las autoridades universitarias (principalmente a la Rectoría), necesidad y demanda que las autoridades no pudieron dar una respuesta y trato eficaz, lo anterior orillo a una escala de manifestación mayor y en otros rangos como el cierre de la institución por más de un mes, la destitución del entonces Rector, la deserción escolar, la desestabilidad académica en la docencia e investigación.

Finalmente no se resuelve la demanda central, que era la necesidad del agua para satisfacer las necesidades para los servicios generales y la académica a la fecha.

² Dato obtenido en servicios escolares de la Institución.

Tabla I Evolución de la matrícula en la unidad académica Púrhépecha, en Pichataro del ciclo escolar 2007-2008, periodo que abre las licenciaturas la Universidad Intercultural.

CICLO ESCOLAR	2007-2008	2008-2009	2009-2010	2010-2011	2011-2012	2012-2013
Tronco Común	89	218	210	240	370	144
Desarrollo Sustentable	0	25	140	163	181	256
Gestión Comunitaria	0	13	38	56	66	46
Lengua Y Comunicación Intercultural	0	0	44	72	57	10
Arte Y Patrimonio	0	0	25	53	135	53
Maestría En Educación Ambiental	0	0	41	40	70	76
TOTAL	89	256	498	624	879	585

Fuente: Elaboración propia a partir de documentación oficial de la UIIM

La matrícula se observa en la **Tabla I**, en el ciclo escolar (2007-2008), hubo una demanda de 89 estudiantes como de primer grado en su programa de tronco común, periodo que inicio las funciones de docencia, en el siguiente periodo (2008-2009) inicia con los programas de licenciatura en Desarrollo Sustentable y Gestión comunitaria y Gobiernos Locales la matricula se elevó a 256 estudiantes con los de nuevo ingreso; en el siguiente ciclo escolar (2009-2010) fue casi la misma demanda para nuevo ingreso de 210 estudiantes, en este ciclo se da la apertura de las licenciaturas en Arte y Patrimonio Cultural, Lengua y Comunicación Intercultural así como la creación de un programa de Maestría en Educación Ambiental, la matricula total en esta sede llega a 498 estudiantes; en los siguientes ciclos escolares (2010-2011) y (2011-2012), la matricula fue de 624 y 879 estudiantes respectivamente en todos los programas académicos que oferta la institución (ver **Tabla I**).

En el periodo de (2012-2013) disminuye de manera considerable debido a problemas y factores diversos, algunos de ellos relacionados al conflicto

Para la dotación de los recursos hídricos para una institución con estas características oscila entre 25 por estudiante de un turno y a 50 litros para empleados por día³ por persona para satisfacer la necesidad básica (servicio de sanitarios, gastronómico, académicos como el de laboratorios, entre otros). Si se consideramos una comunidad universitaria de 600 personas, (500 estudiantes y 100 empleados) se requiere un gasto diario de 17,500 litros ó 17.5 m³, equivalente a 2 pipas, en una semana se eleva de 100 m³, que oscila a las 10 pipas. La universidad dota únicamente en promedio de 6 pipas que se traduce en 60 m³, por que los laboratorios no están en funciones, teniendo un costo por pipa de \$1,000. 00 (Mil pesos 00/100 m.n.)⁴ o también lo que equivale el costo por m³ a \$100.00 cien pesos 00/100 m.n.).

VOLUMEN Y COSTOS (DE CONSUMO) DIARIO: (CASO) (12 M3)												
PERÍODO DE CONSUMO	DÍA			SEMANA			MES			PERÍODO DE ESTIAJE		
	22 DÍAS HÁBILES			(15 DE OCTUBRE AL 15 DE JUNIO) 30 DÍAS								
Unidades	m3	\$ M3	\$ M3	m3	\$ M3	\$ M3	m3	\$ M3	\$ M3	m3	\$ M3	\$ M3
VOLUMEN DE CONSUMO	12	100	\$1,392.00	60	100	\$6,960.00	264	100	\$30,624.00	1560	100	\$180,960.00
			COSTO CON IVA			COSTO CON IVA			COSTO CON IVA			COSTO CON IVA

Un segundo análisis (ver **Tabla III**) es a partir de un gasto o consumo de 17.5 m3/día, dotación a sugerida y establecida por la Comisión Nacional del Agua CNA, pero también considerando que los laboratorios inicien en funcionamiento.

⁴ Información obtenido en la delegación administrativa y departamento de recursos financieros de la UIIM

VOLUMEN Y COSTOS DE CONSUMO DIARIO: CASO 15 M3												
PERÍODO DE CONSUMO	DÍA			SEMANA			MES			PERIODO DE ESTIAJE.		
							22 DÍAS HÁBILES			(15 DE OCTUBRE AL 15 DE JUNIO). 130 DÍAS		
Unidades	m3	\$ M3	\$ M3	m3	\$ M3	\$ M3	m3	\$ M3	\$ M3	m3	\$ M3	\$ M3
VOLUMEN DE CONSUMO	17.5	100	\$2,030.00	87.5	100	\$10,150.00	385	100	\$44,660.00	2275	100	\$263,900.00
			COSTO CON IVA			COSTO CON IVA			COSTO CON IVA			COSTO CON IVA

Fuente: Elaboración propia a partir de documentación oficial de la UIIM

En un tercer análisis (**Tabla IV**) es a partir si se tuvieran una población de 100 empleados y 900 estudiantes en total 1000 personas y considerando que la dotación diaria fuera de 30 litros/persona/día (este volumen de dotación es un patrón mínimo considerado en un turno). Es decir se considera todas las necesidades, del análisis o calculo respectivo en el diseño de todas las obras hidráulicas.

Tabla IV Volúmenes y costos estimados que generarían abriendo y funcionando otras áreas académicas como los laboratorios y con una población universitaria de 1000 personas.

VOLUMEN Y COSTOS DE CONSUMO DIARIO: CASO 30 M3												
PERÍODO DE CONSUMO	DÍA			SEMANA			MES			PERIODO DE ESTIAJE.		
							22 DÍAS HÁBILES			(15 DE OCTUBRE AL 15 DE JUNIO). 130 DÍAS		
Unidades	m3	\$ M3	\$ M3	m3	\$ M3	\$ M3	m3	\$ M3	\$ M3	m3	\$ M3	\$ M3
VOLUMEN DE CONSUMO	30	100	\$3,480.00	150	100	\$17,400.00	660	100	\$76,560.00	3900	100	\$452,400.00
			COSTO CON IVA			COSTO CON IVA			COSTO CON IVA			COSTO CON IVA

Fuente: Elaboración propia a partir de documentación oficial de la UIIM

La propuesta de la implementación de un sistema de captación pluvial: como alternativa de política pública sustentable para el abastecimiento de agua a la Universidad Intercultural, este (proyecto) parte con la finalidad también de aprovechar la superficie de los tachados (4,225.00 m²) de los edificios, por otra parte la precipitación pluvial es de 1200 a 1400 mm anual o también promediado de 100 a 120 mm mensuales, la precipitación más alta se presenta el mes de agosto que oscila a 180 mm.⁵

Un elemento fundamental para el funcionamiento del sistema de captación es el tanque de almacenamiento que con una capacidad de 1800 a 2000 m³, como una

⁵ Fuentes estadísticas Comisión Nacional de Agua, CNA 2010.

primera etapa del proyecto (se detalla más en el capítulo III). Con lo anterior se resuelve el problema para la población y necesidad actual de la institución, pensando en una segunda etapa para la captación en mayor volumen.

Por lo anterior, el problema de investigación en este trabajo es analizar y plantear una propuesta de abastecimiento de agua de manera sustentable para la Universidad Intercultural Indígena de Michoacán que permite el funcionamiento regular y óptimo de las funciones sustantivas académicas en la docencia, la investigación, vinculación y difusión cultural. Para lograrlo se realizará una investigación con una perspectiva de política pública: es decir, determinación del problema, diseño e implementación de la propuesta, una evaluación ambiental, técnica y financiera del proyecto.

En base a lo anterior se generan las siguientes preguntas de investigación.

- I. ¿Qué es un Sistema de Captación Pluvial o sistema de captación de agua de lluvia SCALL?
- II. ¿Cómo beneficiara la propuesta de un SCALL a la Universidad Intercultural Indígena de Michoacán UIIM)?
- III. ¿Cuáles serán los beneficios económicos y ambientales para la Universidad y la región con la implementación del Sistema de Captación Pluvial en la UIIM?
- IV. ¿Cuál es costo-beneficio de implementar, visto como un modelo de respuesta para al implementar esta ecotécnia, que se considere como un modelo y se pueda replicar como propuesta de solución en problemas o situaciones parecidas?

II. JUSTIFICACIÓN

El sitio de interés para el desarrollo de este trabajo (tesis) en la campus de la Universidad Intercultural Indígena de Michoacán UIIM, en la comunidad de Pichataro, Municipio de Tingambato, Mich., (**Figura III**) en la actualidad esta institución no cuenta con el suministro del vital líquido, de manera segura, constante, sistemática y sustentable para solventar todas la necesidades de carácter académico, de investigación así como de servicios generales.

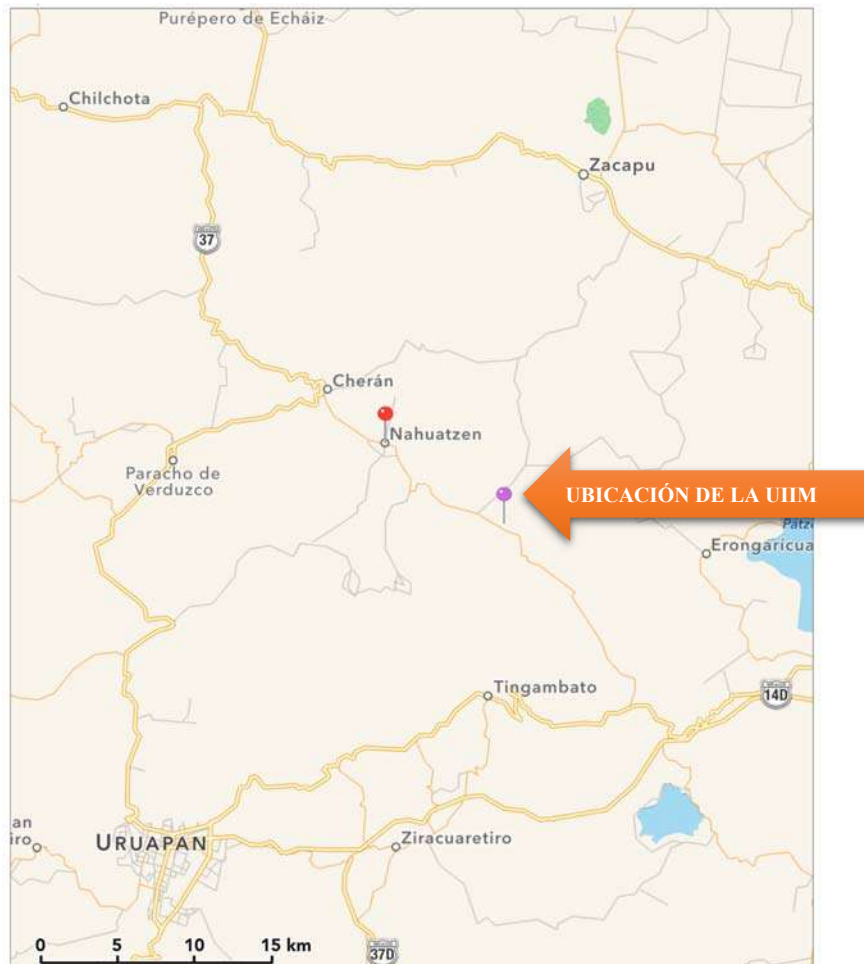


Figura III Mapa de la región, entre la Meseta y la región lacustre de Pátzcuaro, misma donde se ubica la Universidad Intercultural así como los municipios con población indígena. **Fuente:** google maps.



Figura IV Mapa Satelital de la región, entre la Meseta y la región lacustre de Pátzcuaro, zona donde se ubica la Universidad Intercultural. . **Fuente:** google maps.

El desarrollo, funcionamiento y crecimiento de la institución para en la zona es vital y básica por que atiende a una zona de las más vulnerables y desatendidas por muchos años, es decir la población indígena Purhépecha del estado para el caso en particular de esta sede. La formación de profesionales en el área que egresan (desarrollo sustentable, lengua y Cultura, Comunicación intercultural, gestión comunitaria así como en arte patrimonio cultural), son el eje para el fortalecimiento, desarrollo, cultural, ambiental y económico para la población en esta región del estado.

Los intentos de generar y desarrollar infraestructura hidráulica propia e interna en la institución han fracasado por conflictos de carácter social (oposición a la extracción del agua) principalmente por dos comunidades de la región, ocasionando el problema actual. A raíz de este carencia nace la necesidad de proponer una ecotecnía (Sistema de Captación de Agua de Puvila en Techos SCAPT) para solventar la necesidad y problema grave del desabasto del agua en la Universidad Intercultural.

Por lo menos han existido dos intentos de gestión de forma convencional de resolver esta necesidad básica.

La Primera fue a través de la perforación de un pozo profundo desde la comunidad de Sevina, Municipio de Nahuatzén, (ver la **Figura V**) la distancia es de 6 kilómetros y el desnivel entre ambos puntos es decir de 200 m, es decir, el equipo de bombeo, la línea de conducción sería un tramo largo y por el desnivel existente generaría costos altos de operación y de mantenimiento, por el consumo de energía se vuelven como cargas financieras para la institución en el suministro del agua.



Figura V En esta (imagen izquierdo) se aprecia la tapa y el encamisado del pozo profundo y por otra parte (imagen derecha) la cimentación de mampostería y las varillas de los castillos para el confinamiento de la barda perimetral del sistema de bombeo. **Fuente:** Foto tomada por CRS.

En este proyecto y obra se destinó aproximadamente \$7, 500,000.00 de pesos, se reportó un avance financiero del 70 %⁶, es decir se ejerció más de la mitad de los recursos en los trabajos de estudios, perforación, adquisición de tubería para la línea de conducción, misma que se encuentra abandonada en el campus. (Ver **Figuras VI, VII y VIII**).

⁶ Información obtenida en el Comisión Estatal del Agua y Gestión de Cuencas. CEAGC.



Figura VI Tubería de 4" de PVC que se adquirió para la línea de conducción de la comunidad de Sevina al Campus Universitario quedo sin uso debido a la cancelación de la obra. **Fuente:** Foto tomada por CRS.



Figura VII Tubería de 4" de Galvanizado que se adquirió para la línea de conducción de la comunidad de Sevina al Campus Universitario quedo sin uso debido a la cancelación de la obra. **Fuente:** Foto tomada por CRS.



Figura VIII Tubería de 6" de Acero inoxidable que se adquirió para la línea de conducción de la comunidad de Sevina al Campus Universitario quedo sin uso debido a la cancelación de la obra. **Fuente:** Foto tomada por CRS.

Un segundo intento de gestión con los recursos que no se ejercieron con el proyecto anterior se realizó el estudio, perforación y equipamiento de una noria o

también llamado en la ingeniería Civil Galería filtrante dentro del campus (ver **Figura IX**), la obra llevaba un avance físico y financiero del 50%, la comunidad Pichataro se inconformó ante las autoridades universitaria así como con el personal de la Comisión Estatal del Agua y Gestión de Cuencas (CEAGC), consecuencia de ello se obligó a la empresa suspender los trabajos de construcción y equipamiento.



Figura IX. Perforación de la noria, se ubica dentro del campus Universitario. El aforo fue de 2 lts/segundo. **Fuente:** Foto tomada por CRS.

A pesar de que en la Meseta hay una abundante precipitación (más de 1200 mm al año) y extensa cubierta forestal, sus particulares condiciones geológicas y topográficas impiden la formación de lagos y ríos en su interior. Solo afloran manantiales y norias de pequeño caudal (menores a los 5 litros por segundo). En sus alrededores se forman cuerpos de agua, manantiales y ríos de abundante caudal y hay un sin número de pozos profundos (Uruapan, Los Reyes, Pátzcuaro, Zamora). Esto es por sus condiciones biofísicas y climáticas (abundante precipitación, alta permeabilidad del suelo, elevada topografía, vegetación forestal dominante) que facilitan la recarga de acuíferos (Ávila García P., 1996).

Por otra parte se considera los factores que son desfavorables en la gestión convencional de dotar a la institución de los recursos hídricos, como la extracción

de los mantos acuíferos a través de pozos profundos y para ello destacamos los siguientes factores.

- ✓ Por sus condiciones biofísicas y climáticas (abundante precipitación, alta permeabilidad del suelo, elevada topografía, vegetación forestal dominante) que facilitan la recarga de acuíferos mismo que se encuentran a una profundidad de más 200 m. Lo anterior resulta costoso los estudios, la perforación, extracción y mantenimiento del sistema.
- ✓ La región considerada como meseta Purépecha sitio donde se localizada el Campus Purhepecha, los suelos son de origen volcanico (cenizas) y predominan los andosales o “tupuri echeri” (tierra de ceniza) en los valles y partes planas, las características geológicas de la región la mayor parte del territorio está compuesto por rocas basálticas y en menor medida se tiene toba basáltica y la brecha volcánica (Ávila García P., 1996). Estas rocas de origen volcánico (ígneas) se caracterizan por su alta permeabilidad, porosidad. Las características anteriores provocan que el precipitación pluvial se filtre y frote como norias, ríos así como manantiales en las partes más bajas como los ríos Duero, en el municipio de Chilchota, El Cupatitzio en Uruapan, el lago de Camecuaro en Tangancicuro por mencionar algunos.
- ✓ La ubicación de la Institución se encuentra prácticamente en la parte alta (parteaguas) entre las grandes cuencas o regiones hidrológicas de (Lerma-Pátzcuaro-Balsas) (ver **Figura X**), lo que es más complejo hacer estudios y extraer a través de un pozo profundo por la altura, además los costos de la infraestructura, operación, mantenimiento y costos de energía para su funcionamiento.

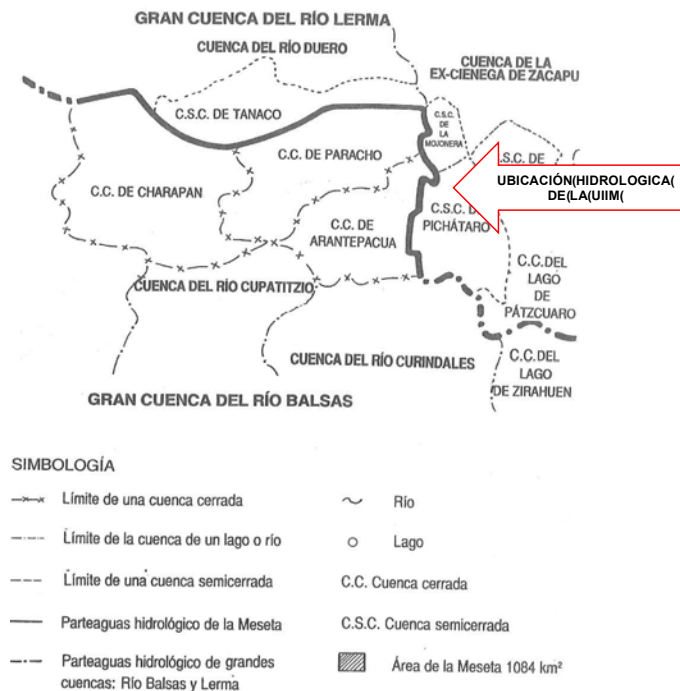


Figura X Cuencas Hidrológicas, delimitación regional y la ubicación hidrológica de la UIIM. **Fuente:** (Ávila García P., 1996)

Por otra parte podemos citar elementos favorables para la implementación de un Sistema de Captación de Agua Pluvial en Techos SCAPT.

- ✓ Un elemento favorable en el lugar y zona es la alta precipitación que se presenta en el periodo de lluvia que oscila de 1200 a 1500 mm, (ver **Figura XI**) por metro cuadrado debido a la altura (2600 msnm) y la vegetación existente.



Figura XI Alta Precipitación en verano, en las cubiertas de los edificios escurren agua de lluvia. **Fuente:** Foto tomada por CRS.

- ✓ Otro elemento primordial favorable es el área de captación que se tiene en los dos edificios, cada edificio cuenta con más de 2000 m², las dos cubiertas suman más de 4000 m² (ver **Figura XII Y XIII**). La cubierta es de lámina galvanizada siendo un factor que anima y sea factible de proponer un sistema que dé respuesta a esta necesidad y demanda vital para la institución.



Figura XII Parte de la fachada frontal del edificio A (imagen derecha), caballete de la cubierta del edificio “A”, del campus Pichataro, área de cubierta es de 2000 m², en cada edificio.
Fuente: Foto tomada por CRS



Figura XIII Cubiertas de los edificios “A” y “B”, del campus Pichataro, área de cubierta es de 4000 m², entre los dos edificios.

La viabilidad realizada en la institución concluye proponer la aplicación de la “ecotecnia”⁷, como la captación pluvial, para satisfacer las necesidades de la institución y de la misma forma mitigar el impacto ambiental de la zona.

La implementación de un sistema de captación pluvial: como alternativa de política pública sustentable para el abastecimiento de agua a la Universidad Intercultural, puede ser una respuesta a esta necesidad como alternativa integral, un sistema de captación pluvial y de almacenamiento aprovechando la infraestructura física existente (los techados) como área de captación.

⁷ Ecotecnia es aquella tecnología o conocimiento técnico que ayuda a conservar la ecología y/o disminuir impactos por actividades humanas.

III. HIPÓTESIS

La implementación de un Sistema de Captación Pluvial puede ser una alternativa económico – ambiental para el abastecimiento de agua para la Universidad Intercultural Indígena de Michoacán, como política pública sustentable.

IV. OBJETIVOS

Objetivos

A continuación se presenta el objetivo general y particular.

Objetivo General

Diseñar un sistema de captación y aprovechamiento de agua lluvia, como alternativa económico-ambiental, para satisfacer las necesidades hídricas de la Universidad Intercultural Indígena de Michoacán, ubicada en la comunidad Indígena Purhépecha de Pichataro, Municipio de Tingambato, Michoacán.

Para lograr lo anterior será vital tomar en cuenta las características del sitio de interés y los resultados de este trabajo para su propuesta en beneficio de la comunidad universitaria en general.

Objetivos particulares.

- i. Comprobar las características de la precipitación húmeda en la zona de estudio.
- ii. Definir los componentes del sistema, su antecedente y el estado actual además mejorar las características del agua de lluvia que escurre en los techos de captación y el tratamiento para almacenarlo para finalmente aprovecharlo.
- iii. Diseñar un sistema de aprovechamiento pluvial que sea práctico, accesible, flexible, con base en las evaluaciones y el uso que se destinara al agua.
- iv. Evaluar el proyecto el grado o nivel económico e impacto ambiental que puede lograr en su implementación.
- v. Que el presente trabajo sirva como un antecedente y guía de proyecto en su diseño e implementación, pero también que permita ser como un aporte para la mejora en los diseños similares, y replicar el sistema de captación.

V. MARCO TEÓRICO

La literatura existente plantea diferentes técnicas para el aprovechamiento de las aguas lluvias, la mayoría de ellas para ser implementadas en residencias rurales, o en regiones de alto grado de desabastecimiento de agua potable, debido a su fácil implementación en zonas dispersas o alejadas, y a los bajos costos asociados a la operación y el mantenimiento. Las principales metodologías encontradas plantean típicos sistemas de captación de agua en los techos, por medio de canaletas que pueden ser de materiales diversos que conducen el agua lluvia hacia un tanque de almacenamiento para su posterior uso, que en la mayoría de los casos es el consumo humano, y en menor proporción, los usos no potables.

En la actualidad la práctica de recolección de aguas lluvias sigue siendo importante en las regiones áridas o semiáridas del mundo, y la mayoría de las publicaciones existentes sobre ésta técnica se basa en experiencias del Medio Oriente, Australia, África del Norte, India, norte de México y sur este de Estados Unidos. Recientemente han aparecido más publicaciones sobre experiencias en África (Sub-Sahara y del Sur) y sobre América Latina. Estas publicaciones describen algunas experiencias en México, Brasil y (en menor cantidad) en los Andes. (FAO, 2013).

Factores tales como el lugar de aplicación, el método, las tecnologías, la complejidad del sistema, la finalidad y los usos posibles, hacen que los sistemas varíen desde barriles de agua lluvia para el riego de jardines en zonas urbanas, hasta la recolección a gran escala de agua lluvia para todos los usos domésticos de una ciudad.

Dentro de la revisión bibliográfica se encontraron similitudes en cuanto a la definición de los componentes básicos de los sistemas de aprovechamiento y plantea que los sistemas deben tener seis componentes o subsistemas básicos:

captación en techos, recolección por canaletas y bajantes, interceptor de primeras aguas, almacenamiento en tanques, sistema de distribución y tratamiento. Estos componentes serían los requeridos para utilizar el agua lluvia para consumo humano y usos domésticos. Pero independientemente del uso que se vaya a dar al agua lluvia, todo sistema debe tener al menos tres (3) componentes básicos: captación, interceptor y almacenamiento (FAO, 2000). Plantea la necesidad de instalar un filtro de arena para remover las partículas que no fueron captadas por el interceptor de las primeras aguas, previo al tratamiento con cloro. El sistema propuesto para éste proyecto constará de cinco (5) componentes: captación, recolección, interceptor, almacenamiento y distribución.

Uno de los parámetros más importante dentro del diseño de un sistema de aprovechamiento de aguas lluvias, es la determinación de los volúmenes de almacenamiento, seguido del potencial de ahorro de agua potable. Dentro de la literatura revisada se encontraron similitudes para la determinación de dichos parámetros.

El cálculo del volumen de almacenamiento de agua lluvia es descrito claramente por el Manual de Captación y Aprovechamiento de agua de Lluvia (FAO, 2013), el cual se determina a partir de la diferencia entre la oferta acumulada y la demanda acumulada, realizan dicho cálculo como el producto entre la precipitación promedio mensual o anual, el área de captación y el coeficiente de escurrimiento, lo cual brindaría únicamente el valor de la oferta disponible.

Al momento de almacenar es afectado el volumen por un porcentaje de evaporación causada por la temperatura lo afecta por una variable adicional que es la pérdida en el almacenamiento por depresión (D), variable que no fue utilizada en este trabajo.

En el capítulo I, se desarrolla de manera mas amplia sobre los SCALL, es decir se desarrolla el estado del arte, el sustento teórico y desarrollo en la implementación histórico y actual de los Sistemas de Captación de Agua Pluvial, en el mundo, en el País, en el Estado, así como en la región considerada meseta Purhépecha de

este Estado de Michoacán. Por otra parte en este capítulo se discute la definición, los componentes y estado actual de la implementación de los Sistemas de captación de Agua de Lluvia SCALL.

CAPÍTULO I:

SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA, SCALL.

1.1 Definición y Partes de un Sistema de Captación de Captación Pluvial SCALL

Al consultar e investigar diversas fuentes sobre la definición de SCALL, hemos encontrado definiciones con enfoques diversos. Únicamente consideramos definiciones que están más relacionados con nuestro caso de estudio, como las siguientes.

La captación de agua de lluvia es la recolección y almacenamiento de agua de lluvia. La recolección por lo general es del techo y el almacenaje es en tanques de captación, como barriles de diversos materiales. (FAO, 2000).

La captación de agua de lluvia es considerada en este estudio como la tecnología utilizada para habilitar en tal sentido los techos y los pisos u otras áreas impermeables de las construcciones, para luego ser almacenada en diversos tipos de cisternas. (Herrera, 2010)

La captación de agua de lluvia es la recolección de agua que escurre en forma superficial con propósitos de consumo humano, productivo y conservación ambiental; para el bienestar socioeconómico y ambiental de los usuarios. En la captación de agua de lluvia para fines domésticos se acostumbra a utilizar la superficie de techo como captación, conocido este modelo como SCAPT (Sistema de Captación de Agua de Pluvial En Techos), que será el modelo a proponer en caso nuestro de estudio.

Los sistemas de captación pluvial constituyen fuentes alternativas de abasto de agua y se clasifican en sistemas *pasivos* y *activos*, los primeros capturan agua de

lluvia que se ha depositado en el suelo, mientras en los activos la captura se hace en techos o estructuras especiales antes de llegar al suelo. Debido a los posibles contaminantes que puede adquirir el agua al tocar el suelo, los sistemas pasivos requieren de procesos más complicados para su tratamiento. Por lo que los sistemas activos son más pertinentes, ya que la limpieza y conservación del agua capturada es más fácil, lo que los vuelve más económicos y de más fácil operación y mantenimiento. Por su mayor facilidad de instalación, operación y bajo costo, se considera que para capturar agua de lluvia en las escuelas es más pertinente la *captación activa*.

Los sistemas de *captación activa* están generalmente formados por un conjunto de subsistemas, que son:

- Área de captación
- Sistemas de conducción
- Desviador de las primeras aguas
- Infraestructura de almacenamiento
- Filtro y tratamiento
- Distribución

Área de captación

Sistema de captación conformados por techos pueden ser utilizados como áreas de captura ya que presentan pendientes que permiten el desaojo del agua de lluvia y evitan que se estanque **Figura 1.1**. Por lo general en las zonas urbanas los techos están contruidos por concreto, aleación de lámina galvanizada y antimonio, por lo que presentan características adecuadas para ser usados como áreas de captura. Además si están impermeabilizados mejora su eficiencia como superficies de captación y Esgurrimiento del agua de lluvia (Caballero Aquino T., 2006).

Debido a que la temporada de secas es prolongada (de noviembre a mayo) en los techos se van acumulando polvo y otros contaminantes, por lo que las primeras

lluvias que se presentan en los meses de abril y mayo arrastran consigo un considerable nivel de contaminación por las partículas que acarrearán por escurrimiento. De tal forma que es importante limpiar los techos que serán las áreas de captura, antes de las primeras lluvias.

La precipitación es uno de los factores que se debe analizar para definir si es, o no factible realizar obras de captación. Para un planificador en captación de agua de lluvia, la tarea más difícil es seleccionar el diseño apropiado de acuerdo a la lluvia. Los datos importantes se obtienen de las estaciones meteorológicas que cuenten con datos de precipitación mensual de por lo menos diez años. (FAO, 2000).

Las características de la lluvia más importantes para determinar la cantidad, son la intensidad, la duración y la distribución de la precipitación. Para planificar obras de captación de agua de lluvia, puede utilizar como base la precipitación anual ó mensual. Se podría mejorar la confianza de los datos calculando la probabilidad de la precipitación. Y, para comparar más exactamente con las necesidades de los cultivos, podría determinarse la porción del agua de lluvia que podría ser utilizada por las plantas calculando la precipitación efectiva.



Figura 1.1 El área de captación que se debe considerar en un sistema, es dirección horizontal del techado o de la cubierta. **Fuente:** (Caballero Aquino T., 2006)

Otro tipo de techos de captación, son los llamados techos cuenca (Anaya Garduño M. , 2005), los cuales son estructuras diseñadas para la recolección directa del agua de lluvia. El techo está formado por dos superficies que convergen en un canal central lo que permite que el agua se conduzca por gravedad a la cisterna

(Figura 1.2).



Figura 1.2 Techo cuenca en la comunidad de Tecongo, Aguascalientes. **Fuente:** (Anaya, 2007). CIDECALLI – CP.

Sistemas de conducción

Sistemas de conducción, en edificios con techos de pendientes pronunciadas el sistema de conducción consta de canaletas (livianas y resistentes) y tubos que se colocan bajo los bordes de los techos. Las canaletas requieren de mallas que eviten el paso de materiales de gran tamaño (como hojas de árboles) que puedan obstruir las tuberías, como se muestra en la (**Figura 1.3**).

En edificios con techos de poca pendiente normalmente se construyen drenes que hacen descender por tuberías el agua de lluvia hacia coladeras de desagüe, por lo que la captación activa sólo requiere re direccionar esta agua hacia depósitos de almacenamiento. Los primeros flujos captados deben ser desviados del depósito de almacenamiento, ya que se encuentran muy contaminados, por lo que idealmente se recomienda el uso de un dispositivo (válvula o llave automática) para desecharlos.

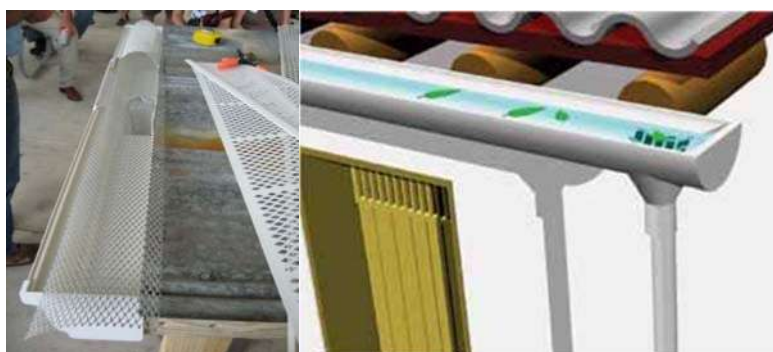


Figura 1.3 Canales de recolección con sistemas de filtrado a través de mallas galvanizadas. **Fuente:** (Anaya, 2007) CIDECALLI – CP.

Sistemas de filtrado

Sistema de filtrado, el proceso de filtrado depende del uso que se dará al agua, si se va a utilizar para consumo humano directo (beber y actividades de higiene personal), se requiere de mayor rigurosidad, ya que se trata de una actividad de potabilización del agua, que implica eliminar los microorganismos presentes (mediante radiación UV y la cloración que tiene efecto residual), además de eliminar la mayor parte de los sólidos disueltos (por lo que se requeriría de un filtro de ósmosis inversa).

En cambio, si el uso que se le dará al agua es para actividades de contacto indirecto, como el desalojo de desechos en baños, la limpieza de pisos o el riego, entonces el sistema de filtrado no requiere tantas exigencias, pero sí que el agua tenga una calidad suficiente para permitir un almacenamiento temporal y se evite su descomposición, por lo que será suficiente la instalación de un sedimentador o bien la instalación de un filtro de sedimentos, como el que se muestra en la (Figura 1.4).

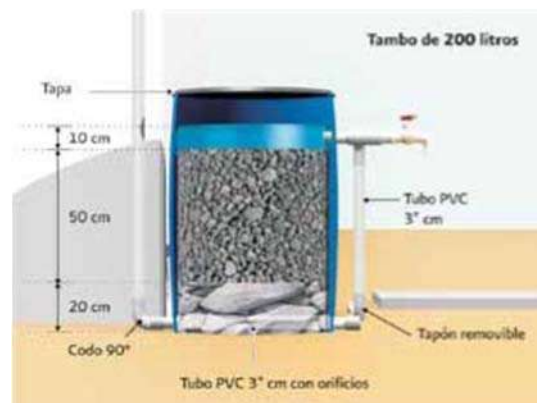


Figura 1.4 Sistema de filtrado (sedimentador) con agregados pétreos (grava y arena). **Fuente:** (Anaya, 2007).

Sistemas de almacenamiento

Sistema de almacenamiento, las estructuras para el almacenamiento del agua de

lluvia deben de ser cisternas o tanques en donde se pueda acumular el agua captada. Los materiales que pueden ser utilizados para construir los depósitos son: plásticos, como fibra de vidrio, polietileno o PVC; como se muestra en la **Figura 1.5**, en el mercado se ofertan tanques de Concreto como el ferrocemento (pero se puede fracturar), piedra (de difícil mantenimiento) y bloque de concreto (se agrieta); maderas, que pueden ser eficientes (aunque son caras); y un material que es de tres a cuatro veces más económico que una cisterna de ferrocemento, una geo membrana, cuya garantía es de 10 años, durabilidad de 25 años, evita la contaminación del agua de lluvia por polvo y previene la proliferación de microbios, las reparaciones se realizan fácilmente y en corto tiempo, además de ser recomendada en zonas sísmicas, ya que no sufre desplazamientos pues la geo membrana es flexible.



Figura 1.5 Diferentes tipos de Sistemas de almacenamiento en los SCALL. **Fuente:** (Anaya, 2007).

Sistemas de Tratamiento

Dependiendo de la calidad del agua que ingresa al sistema de filtros pueden ser adecuados para alcanzar la potabilización. Sin embargo, con el elemento filtrante se proporcionara agua limpia pero no segura, por lo tanto siempre es necesario asegurar la misma con otro medio extra. Recurriendo a la desinfección química, la ebullición o los rayos UV.

Los métodos que se elijan para purificar el agua dependerán de cuánta agua necesite, del tipo de contaminante, de cómo la almacenará y de los recursos

disponibles independientemente de cómo se purifique, lo mejor es filtrar el agua o dejar que se asiente y vaciarla en otro recipiente antes de desinfectarla.

El agua contaminada con químicos tóxicos nunca es segura para beber, bañarse o lavar la ropa, ya que puede provocar cáncer, salpullido, abortos espontáneos u otros problemas de salud. Los métodos que se señalan a continuación (**Figura 1.6**), no hacen el agua potable si contiene químicos tóxicos.

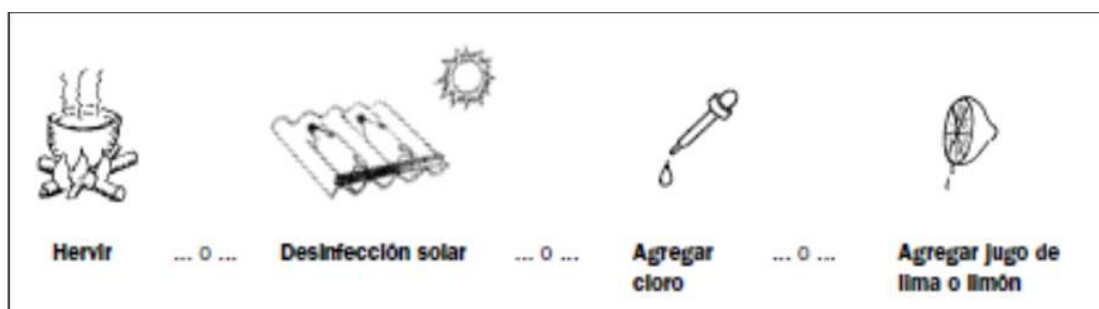


Figura 1.6 Métodos de desinfección del agua: hervir, desinfección solar, agregar cloro, agregar jugo de lima o limón. Fuente:

Estos métodos básicos para purificar el agua necesitan poco equipamiento o incluso no lo necesitan, a excepción de la cloración en la cual es recomendable utilizar dosificadores para un mejor uso.

1.2 Teoría sobre sustentabilidad y uso del agua

El “desarrollo sostenible” está directamente ligado al “uso sustentable del agua” concepto que integra parte el objetivo del presente trabajo, lo anterior obliga conocer un poco más a fondo su significado.

- Primero definimos lo que es “Desarrollo Sostenible” es el que conduce al crecimiento económico, a la elevación de la calidad de vida y al bienestar social; sin agotar la base de los recursos naturales renovables en que se sustenta, ni deteriorar el medio ambiente o el derecho de las generaciones futuras a utilizarlo para la satisfacción de las propias necesidades. (Herrera,

2010).

- Desarrollo humano sustentable, es aquel que no solo genera crecimiento sino que distribuye equitativamente sus beneficios; que genera el ambiente en lugar de destruirlo y que otorga poder a la gente en lugar de marginarla. (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, PNUD 1994).
- Desarrollo Sustentable, es aquel que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de la futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades (Comisión Mundial del Medio Ambiente y Desarrollo de las Naciones Unidas, 1987).

La gestión del agua orientada a nuevas tecnologías que sean amigables con el medio ambiente, es uno de los principales factores para orientar a la humanidad a nuevos rumbos hacia un desarrollo sustentable.

En sentido amplio la gestión sustentable del agua la podemos concluir como:

Es estado de condición vinculado al uso y estilo del sistema hidrológico en el momento de producción, renovación y movilización de agua u otros elementos de la naturaleza, minimizando la generación de procesos de degradación del sistema.

El uso ineficiente del agua y la degradación de su calidad constituye uno los principales obstáculos para avanzar en el paradigma y senderos de sustentabilidad.

En base lo anterior los planes de gestión sustentable del agua deben tener como objetivo principal y general contar con el suministro suficiente de agua de buena calidad para una población determinada, para nuestro caso sería para la comunidad Universitaria de la UIIM, y a la vez preservar y contribuir las funciones hidrológicas, biológicas de los ecosistemas; para lograr lo anterior es vital que sean acompañadas con actividades humanas y políticas públicas que respeten los límites de la capacidad de la naturaleza. Es decir una gestión sinérgica del agua.

1.3 Antecedentes históricos de Captación de Agua Pluvial.

La captación del agua de lluvia se ha practicado desde hace más de 5000 años. El hombre ha utilizado siempre el agua superficial como su principal fuente de abastecimiento, consumo así como de vía de transporte. Conforme las civilizaciones fueron creciendo, algunos pueblos se establecieron en zonas áridas, semiáridas y húmedas del planeta y los sistemas de captación del agua de lluvia representaron una de las mejores opciones para el riego de cultivos y uso doméstico, es decir para satisfacer sus necesidades.

Es así como desarrollaron mecanismos de almacenamiento de agua de lluvia que hoy son encontrados en los rescates arqueológicos que datan de 4000 años a.c., y que demuestran la alta importancia que tenía su aprovechamiento en siglos pasados, como por ejemplo los hallazgos en Israel, Jordania, Yemen, Roma, China, Irán, y algunas culturas indígenas de Centroamérica. (Bellén, 2006).

En el Oriente, actual Jericó, antes del surgimiento de las primeras ciudades en el período anterior de 4000 a 8000 a.c., en el valle del Río Jordán se establecieron grandes comunidades para desarrollar una arquitectura en sus construcciones de piedra.

En estos primeros sitios habitados estuvo el origen del trigo y la cebada, cuya característica fue el crítico índice de precipitación de 300 mm/año, justo lo necesario para la agricultura, aunque menos fueron las planicies aluviales y oasis donde era posible el establecimiento de cultivos. Pero el área cultivada del Oriente estuvo restringida a la presencia de lluvias y nacimientos de agua natural (UNEP, 2000).

Arqueólogos encontraron un sofisticado sistema de colección y almacenaje de aguas de lluvia en la isla de Creta, mientras trabajaban en la reconstrucción del

Palacio de Knossos (1700 a.c.). En Yemen donde las lluvias son escasas, se encuentran edificaciones (templos y sitios de oración) que fueron construidas antes del año 1.000 a.c., que cuentan con patios y terrazas utilizadas para captar y almacenar agua de lluvia.

En México, particularmente en la península de Yucatán, durante la época prehispánica, los Mayas y los Toltecas aprovecharon los cenotes y las cuevas de formación natural, como medio de captar y almacenar el agua de lluvia, (Herrera, 2010). Utilizaron sistemas de almacenamiento como pozos, hondonadas y depósitos subterráneos denominados Chultunes. Estos sistemas tenían dos funciones, una como cisternas para almacenar el agua de lluvia y otra como sitios para guardar diversos granos alimenticios.

Los Chultunes fueron trascendentes en casi todos los asentamientos prehispánicos; su construcción implicaba excavar una cisterna en forma de botellón. La captación se hacía a través de los techos y la conducción mediante canaletas de barro o piedra labrada con un área de captación de aproximadamente 5 m de diámetro formada por un piso de aplanado de estuco el cual era una mezcla de piedra caliza cocida, cal y un pegamento orgánico extraído de un árbol endémico llamado localmente Holol en Petén; la boca y el cuello es la entrada circular por donde escurre el agua al depósito, los cuales estaban armados con piedras y recubiertos con estuco (**Figura 1.7**) (Bellén, 2006).

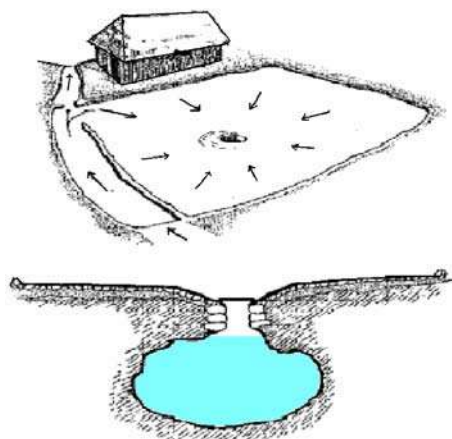


Figura 1.7 Cisterna Maya, llamada Chultun. Fuente: CIDECALLI – CP.

Se han encontrado Chultunes con capacidad de almacenamiento de hasta 9,300 litros con un diámetro de 3 m y una altura de 2 m, con una precipitación pluvial correspondiente a Uxmal de entre 900 y 1,250 mm, esto sin tomar en cuenta pérdidas debido a la evaporación y a la filtración, se puede decir que se guardaba un litro de agua por cada metro cuadrado de área de captación, con cada milímetro de precipitación.

Su forma como tipo campana, botellón, amorfo y el de bóveda variaba debido a que aún dentro de una misma región, las condiciones del terreno para crearlos son diferentes. Con la llegada de los españoles en el siglo XIV, se adaptaron distintos sistemas para la obtención y almacenamiento del agua. Siglos después surgieron nuevos métodos; se propusieron y construyeron obras para el uso del agua superficial y subterránea como presas, acueductos, pozos de extracción y sistemas de irrigación.

1.4 Principales Sistemas de Captación de Agua de Lluvia (SCALL) utilizados en el mundo y en México.

La utilización de los sistemas de captación del agua de lluvia (SCALL) se ha hecho extensiva en los países como en la República Popular de China, India, Bangladesh, Tailandia, Japón, América Latina y el Caribe así como en México, entre otros países (Anaya G. M., 2003).

En la República Popular de China, en Loess de Gansu, donde el escurrimiento superficial y el agua son muy escasos, desde 1988 el gobierno local ha implementado proyectos para la captación de agua de lluvia y satisfacer esta necesidad, apoyando a las familias para construir un área de recolección de agua, dos almacenamientos y un terreno para cultivar (Herrera, 2010). Con éstas acciones, se ha solucionado el problema de agua potable para 1.2 millones de

personas, las cuales cuentan con 10 litros/persona/día. En la (**Figura 1.8**), se observa la superficie destinada para la captación.



Figura 1.8 El agua es captada en el techo, se almacena bajo el piso y se extrae mediante una bomba de mano. **Fuente:** www.unep.or.jp.

En la India, otro país que actualmente enfrenta problemas de sequía., se ha reportado que para el 2025, pasará a la categoría de país con tensión hídrica, por lo que algunas ciudades ya cuentan con sistemas masivos de captación de agua de lluvia (**Figura 1.9**). Adicionalmente, en Chennai, India, se han puesto en marcha campañas para implantar los sistemas tradicionales de captación del agua de lluvia (depósitos, estanques, lagos) obligatorios también en Nueva Delhi. Actualmente, existen 400 edificaciones, 216 escuelas y 56 parques que cuentan con su propia instalación de captación del agua de lluvia (Anaya G. M., 2003).



Figura 1.9 Captación de agua de lluvia para recarga de acuífero y riego en invernadero, India. **Fuente:** www.auick.com.

En Bangladesh, debido a que el agua subterránea se encuentra contaminada con arsénico, la recolección de agua de lluvia se ha convertido en una alternativa

viable para el suministro de agua segura a los pobladores. Desde 1997 se han instalado más de 1000 SCALL, por organizaciones no Gubernamentales (ONG's) utilizando tanques de concreto reforzado y de mampostería, con un costo de \$50 y \$150 USD. Un ejemplo de estos sistemas es el presentado en la **(Figura 1.10)**. Sin embargo, se puede observar que dichos sistemas no cuentan con los elementos necesarios para la potabilización y purificación del agua captada.



Figura 1.10 Sistema de captación de agua de lluvia, Bangladesh. **Fuente:** CIDECALLI – CP.

En Tailandia, en población rural, se ha dado a la tarea de construir más de 10 millones de cisternas para la captación del agua de lluvia utilizando materiales locales, con capacidad de abastecimiento de seis personas durante un periodo de seis meses. En la **(Figura 1.11)** se muestran los depósitos de almacenamiento utilizados.



Figura 1.11 Sistema de captación y almacenamiento del agua de lluvia en Tailandia. **Fuente:** www.unep.or.jp.

Japón país que presenta problemas en cuanto a la disponibilidad de agua, utiliza SCALL para mitigar la escasez de agua, controlar inundaciones y asegurar agua

para situaciones de emergencia llamadas “Ronjinson” (**Figura 1.12**), los cuales se encuentran en la vía pública en el distrito de Mukojim. El agua es captada en el techo de la casa, se almacena en un pozo subterráneo para ser extraída posteriormente con una bomba manual (Bellen, 2006).

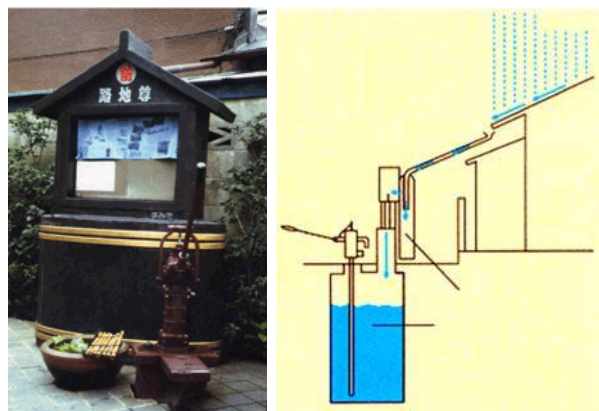


Figura 1.12 Bomba de mano (izquierda) y sistema de captación de agua de lluvia “Ronjinson”(derecha), Tokio, Japón. **Fuente:** www.unep.or.jp.

En Estados Unidos, los sistemas de captación de agua de lluvia, son utilizados en más de 15 estados. Por ejemplo en Texas es el estado con el mayor aprovechamiento del agua de lluvia. Cuenta con alrededor de 50 compañías especializadas en el diseño de SCALL. El costo de los sistemas varia entre los U\$5000 y U\$8000 (dólares de EE.UU) dependiendo del tamaño de la cisterna de almacenamiento. Por ejemplo una casa como se muestra en la (**Figura 1.13**), con una superficie de 200 m² de techo puede llegar a captar hasta 150,000 litros de agua al año, considerando una precipitación anual media de 850 mm (Bellén, 2006).



Figura 1.13 Sistema de captación de agua de lluvia básico. Dallas, Texas, en Estados Unidos. **Fuente:** CIDECALLI – CP.

En América Latina y el Caribe se han utilizado los sistemas de captación de agua de lluvia desde hace más de tres siglos para el consumo humano y producción agrícola (Anaya Garduño M. , 2005). En Brasil, en el año de 1983, se inició un programa con el fin de llevar agua a las comunidades rurales, construyendo sistemas de captación y almacenamiento como los mostrados en la **(Figura 1.14)**, utilizando materiales locales para reducir los costos. Se han formado también diversas organizaciones tales como la Asociación Brasileña de los Sistemas de la Captación del Agua de Lluvia, sin embargo, no la purifican.



Figura 1.14 Cisternas de ferrocemento prefabricadas en Brasil. **Fuente:** CIDECALLI – CP.

En Honduras, en los barrios Israel Norte y Nueva Tegucigalpa, debido a la escasez, se han construido “cisternas recolectoras” para el almacenamiento del agua de lluvia **(Figura 1.15)**. El agua es captada en los techos de las viviendas para posteriormente ser conducida hacia la cisterna. Algunos de estos sistemas están contruidos con materiales reciclables y, aunque el agua no es purificada, representan un importante incremento en la calidad de vida de los habitantes.



Figura 1.15 Cisterna recolectora de agua de lluvia en Honduras. **Fuente:** CIDECALLI – CP.

En Nicaragua se han desarrollado cerca de 30 proyectos destinados al incremento en la disponibilidad del agua. Se han construido sistemas dotados de canaletas, trampas de sedimentos y cisternas circulares como los mostrados en la **(Figura 1.16)**. El agua almacenada es apta para uso doméstico.



Figura 1.16 Sistemas de captación de agua de lluvia en techos de lámina, conducción y almacenamiento. Nicaragua. **Fuente:** CIDECALLI – CP.

En Guatemala, en el Municipio de Chiquimula, se estableció una unidad demostrativa experimental que consta de la colocación de canales en tres viviendas y la construcción de un tanque para el almacenamiento del agua (Herrera, 2010).

En la república Dominicana, existen algunos proyectos de captación de agua de lluvia. Algunas ONG's han ayudado a los habitantes a construir sistemas de captación de agua de lluvia, como el mostrado en la **(Figura 1.17)**, en más de 5000 hogares.



Figura 1.17 Captación de agua de lluvia a nivel familiar en República Dominicana. **Fuente:** CIDECALLI – CP.

1.5 Situación actual de los Sistemas de Captación de Agua de Lluvia en México.

Como dato y antecedente que México recibe agua en forma de precipitación del orden de 1,500 miles de millones de m³, pero por otra parte se tiene una escasez de agua para consumo humano es un problema que afecta a 14 millones de mexicanos, principalmente a los habitantes del medio rural en la zona árida – semiárida de México (Anaya Garduño M. , 2005). Si solo se aprovechara el 3% de ese volumen, se podría abastecer a esos 14 millones de mexicanos que actualmente no cuentan con ese recurso hídrico.

México a partir del año 2003 y debido a la urgencia de la creación de programas de captación de agua de lluvia a nivel Nacional, Estatal, Municipal y Local. Genero el Centro de Internacional de Demostración y Capacitación en aprovechamiento de Agua de Lluvia (CIDECALLI) ubicado en el Colegio de Postgraduados de la Universidad Autónoma de Chapingo con el apoyo de la Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y alimentación de México (SAGARPA), lo anterior fue con el objeto de generar y transferir tecnologías sobre sistemas de captación y aprovechamiento eficiente del agua de lluvia a nivel familia pero también la captación a mayor volumen que puede ser aprovechable a nivel comunitario, para aprovechamiento animal, para producción agrícola y así como para uso industrial, para logra lo anterior se desarrollaron diseños de prototipos de

cisternas revestidas y cubiertas con geomembrana de PVC

Como resultado del trabajo por parte del Centro Internacional de Demostración y Capacitación en Aprovechamiento del Agua de Lluvia (CIDECALLI) del Colegio de Postgraduados en el Estado de México, ha realizado diversos proyectos comunitarios tales como: la “Purificación de Agua de Lluvia Almacenada en una Cisterna Revestida con geomembrana de PVC para Consumo Humano del Grupo Étnico Mazahua” (**Figura 1.18**). En la etnia Mazahua en el Estado de México, caracterizada por problemas de acceso al agua potable para la comunidad, se construyó un sistema para la captación y purificación del agua de lluvia para abastecer a una población de 2600 personas (Résendiz, 2012).



Figura 1.18 Cisterna revestida con geomembrana de PVC en la zona Mazahua. Fuente: CIDECALLI – CP

En el estado de Puebla, se desarrolló el proyecto “Antecedentes y perspectivas del aprovechamiento del agua de lluvia con fines agrícolas y domésticos en la región de Tecamachalco, Puebla, México”, incluyéndose a los municipios de Yehualtepec y Tlacotepec ubicados en la región semiárida del oriente del estado de Puebla. En el estado de Guanajuato, el proyecto “Captación y aprovechamiento del agua de lluvia para la producción de hortalizas en el traspatio de la comunidad de Tirados de Abajo, municipio de Tarimoro, Guanajuato” se propuso un centro que posibilite a pobladores rurales aprender tecnologías que les permitan solucionar problemas para la alimentación familiar. El agua captada es aprovechada para regar hortalizas, darle de beber a animales y usos diversos en la vivienda. (IMTA, 2003)

En el estado de Morelos, en los municipios de Ocuituco y Totolapan, se

construyeron sistemas de captación y tratamiento del agua de lluvia a nivel domiciliario y colectivo (Chavarrías M., 2006)

Además el CIDECALLI ha elaborado, diseñado a la fecha y construido cinco diferentes modelos de sistemas de captación de agua de lluvia. Todos se encuentran en el campus Montecillo, del Colegio de Postgraduados de la Universidad Autónoma de Chapingo, y los ha llamado COLPOS 1 A COLPOS 5. Excepto el prototipo para COLPOS 3, están diseñados para prestar servicios a una sola familia.

A continuación en la siguiente **Tabla 1.1** definiremos y resumiremos los prototipos COLPOS en su serie 1, 2, 3, 4,5 desarrollado por CIDECALLI.

PROTOTIPO	SUPERFICIE DE CAPTACIÓN (M2)	VOLUMEN DE ALMACENAMIENTO (M3)	USO	PRECIPITACIÓN (MM)	COSTO ESTIMADO DE CONSTRUCCIÓN \$
COLPOS 1	120	73	Domestico para una sola familia	610	\$49,400.00

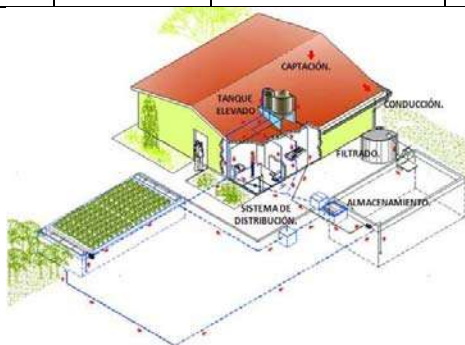


Figura 1.19 Sistema de Captación de Agua de Lluvia COLPOS 1, (en la figura izquierda se muestra el prototipo del diseño y en la derecha la implementación del SCALL), **Fuente:** CIDECALLI – CP 2008.

COLPOS 2	120	73	Diseñado para el cultivo de peces de ornato y comestibles en sistemas de producción libre y de jaulas flotantes.	610	\$23,400.00
-----------------	-----	----	--	-----	-------------



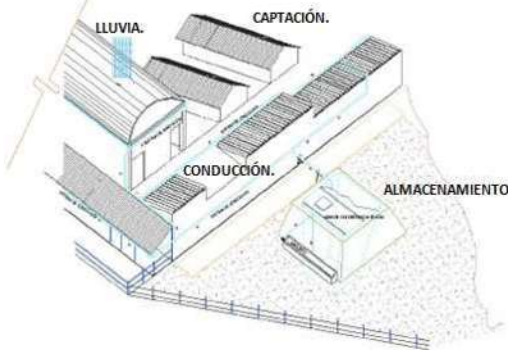
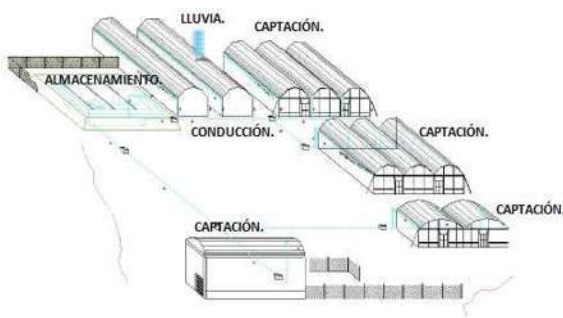
Figura 1.20 Estanque para peces de ornato y comestible y riego de huerto familiar COLPOS 2. (en la figura izquierda se muestra el prototipo del diseño y en la derecha la implementación del SCALL., Fuente: CIDECALLI – CP 2008.

COLPOS 3	2500	2000	Abastecimiento del agua de lluvia purificada a nivel comunitario para 2300 personas	610	\$1,500,000.00
-----------------	------	------	---	-----	----------------



Figura 1.21 Planta purificadora de agua de Lluvia COLPOS 3. (en la figura izquierda se muestra el prototipo del diseño y en la derecha la implementación del SCALL), Fuente: CIDECALLI – CP 2008.

COLPOS			Abrevadero para pequeñas explotaciones		
---------------	--	--	--	--	--

4	1000	500	ganaderas.	610	\$52,000.00
  Figura 1.22 Abrevadero para pequeñas explotaciones ganaderas COLPOS 4, (en la figura izquierda se muestra el prototipo del diseño y en la derecha la implementación del SCALL), Fuente: CIDECALLI – CP 2008.					
COLPOS 5	3000	2000	Cisterna para riego de invernaderos.	610	\$234,000.00
  Figura 1.23 Cisterna para riego en invernaderos COLPOS 5. (en la figura izquierda se muestra el prototipo del diseño y en la derecha la implementación del SCALL), Fuente: CIDECALLI – CP 2008.					

1.6 Problema de escasez de agua en la Meseta Purhépecha, antecedentes y la situación actual de Sistemas de Captación Pluvial.

La Meseta Purhepecha está integrada por siete cuencas hidrológicas criptorreicas: Charapan, Paracho, Arantepacua, Tanaco, La Mojonera, Pichataro y Zinciro), que

se caracteriza porque sus escurrimientos no corresponden a un drenaje superficial aparente sino que carecen de una red pluvial permanente y organizada además corren como ríos subterráneos (Ávila García P., 1996). De allí que en su interior no se forme una red hidrológica al no haber corrientes superficiales (ríos), ni cuerpos de agua (lagos) permanentes. Solo durante las horas de mayor precipitación es posible observar de corrientes de agua que escurren de las partes altas y desaparecen después de recorrer unos cuantos cientos de metros debido a la permeabilidad del subsuelo (Ávila García P., 1996).



Figura 1.24 Noria de pequeño caudal de abastecimiento en la Comunidad de Comachuén, Nahuatzen. **Fuente:** (Ávila García P., 1996)

Podemos resumir que la Meseta Purhepecha, como región natural, tiene una gran importancia hidrológica para otras regiones, debido a que por sus condiciones biofísicas y climáticas (abundante precipitación, alta permeabilidad del suelo, elevada topografía, vegetación forestal dominante) facilita la recarga de los acuíferos⁸. Como consecuencia natural de lo anterior, en su exterior se forman manantiales, ríos y cuerpos de agua, y hay sin número pozos profundos.

Lo anterior es una de las causas naturales reales que la zona (meseta purhepecha), el suministro de agua era muy escasa todavía a finales de los 90's en algunas comunidades y en algunas comunidades más en la actualidad se carece de un sistema de abastecimiento seguro y que garantice el suministro de manera convencional o un medio sustentable.

⁸ En general, las zonas de recargas más importantes del estado se localiza en las estribaciones de las sierras, donde las rocas que las constituyen, de acuerdo con sus características porosidad y fracturamiento, tienen a ser más permeables y facilitar la infiltración de los escurrimientos. (Ávila García P., 1996)



Figura 1.25 Canalejas de madera tradicionales que usaban para conducir agua. **Fuente:** (Ávila García P., 1996).

En necesario resaltar que en varias comunidades el suministro de agua fue a través de sistemas de captación pluvial pasivas, es decir a partir de superficies revestidas con concreto y un tanque de almacenamiento con capacidades diversas, los de mayor volumen de almacenamiento de 1500 a 2000 m³ se encuentran en Cheranastico, Mpio., de Paracho y Turicuaró, Mpio., de Nahuatzen.

Ante el problema de la escasez de agua en la zona, estos sistemas y obras hidráulicas construidas en finales de los 70's y principios de los 80's, dieron respuesta ante la necesidad de las poblaciones, la gran mayoría estas sistemas hoy en día se encuentran sin aprovecharse, algunos de ellos captan agua pero sin aprovecharse por los pobladores y otros los tanques presentan deterioro con agrietamientos o perforaciones sin poder retener el agua captada. (**Figura 1.25**).



Figura 1.26 Sistema de captación pluvial de tipo pasivo, construidas en los años 60's y 70's, de las comunidades Cheranastico y Urapicho respectivamente. **Fuente:** Foto tomada CRS.

En la actualidad en Michoacán, con el proyecto "Captación y Purificación de Agua

de Lluvia para Consumo Humano en Tres Comunidades de la Meseta Tarasca del Estado de Michoacán” impulsada por el CIDECALLI (**Figura 1.27**), se han beneficiado las comunidades de San Antonio, San Isidro y Santa Rosa del municipio de Los Reyes, como área de captación se aprovechó los techados o cubiertas de las Escuelas de nivel básico de la comunidades en referencia, logrando el abasteciendo con agua en cantidad y calidad a una población de 4000 habitantes. (Anaya Garduño M. , 2005)



Figura 1.27. Sistemas de captación de agua de lluvia en la Meseta Tarasca del Edo. De Michoacán. **Fuente:** CIDECALLI – CP.

En base de las necesidades hídricas otras instituciones educativas en la región Purhepecha, como alternativa ante los serios problemas de abastecimiento de agua por las características geológicas, geofísicas del suelo y lo accidentado del terreno señaladas con anterioridad, se ha optado la instalación y construcción de otros sistemas de captación pluvial que no están muy sistematizados, como se aprecia en la (**Figura 1.28**), sistema que se instaló en el Colegio de Bachilleres de Paracho, Mich. Misma para satisfacer la necesidad hídrica de la Institución Educativa.



Figura 1.28. Sistemas de captación de agua de lluvia en el Colegio de Bachilleres plantel Paracho,

Mich., **Fuente:** Foto tomada CRS.

En el proceso de investigación en el recorrido en diferentes comunidades y centros educativos del estado actual de los sistemas de Captación de Agua Pluvial en la región Purhepecha, existen varias instituciones que tienen habilitados techados para cubrir sus áreas cívicas y deportivas, además se cuenta con canaletas que cumplen la función de recolección y bajada, pero se carece en los sistemas de filtrado y almacenamiento provocando que no se aproveche el agua de lluvia captada.

En el caso de la comunidad de Ahuiran, Mpio., de Paracho, en la ex fábrica de Calzado se implementó un sistema de captación cuando se construyó el mismo en los años 80's para el suministro de las propias necesidades de la industria, al dejar las funciones por la que fue creada, a un costado se construye una escuela primaria y el sistema de captación de agua de lluvia es aprovechada para las necesidades hídricas de la institución educativa y la parte de la losa de la cubierta del tanque de almacenamiento se usa como área deportiva (cancha de Básquetbol) (**Figura 1.29**). El volumen de agua captada cubre las necesidades de sanitarios, de intendencia, riego de áreas verdes para todo el periodo de estiaje y del propio ciclo escolar no habiendo necesidad de suministrar agua con otro medio convencional.



Figura 1.29 Sistemas de captación de agua de lluvia en la Escuela primaria Lázaro Cárdenas de Ahuiran, Paracho, Mich., **Fuente:** Foto tomada por CRS.

El agua de lluvia es un recurso que debe ser aprovechado y se tiene un enorme potencial de este recurso para el desarrollo sostenible. La utilización del agua de

lluvia representa tecnologías de bajo costo, no genera contaminación y está al alcance de todos, por lo tanto, es necesaria la concientización de la población mediante programas y proyectos para lograr su completa utilización. El aprovechamiento eficaz del agua de lluvia para consumo humano y otros usos, representa una solución viable, económica y sencilla para resolver el creciente problema de la escasez del agua, es por eso que los SCALL desempeñan un papel importante en satisfacer las necesidades domésticas y en la producción agrícola, tanto en regiones áridas como en regiones con alta precipitación pluvial (Chavarrías M., 2006).

CAPÍTULO II

PROPUESTA DE SISTEMA DE CAPTACIÓN PLUVIAL EN TECHOS SCAPT

2.1 Criterios y elementos a considerar para el diseño de los SCAPT

Como toda obra civil se debe considerar elementos, criterios de diseño y construcción tanto técnicos, de carácter social y económico que lo sustente y la obra reúna todos los elementos y características para un eficiente funcionamiento.

✓ **El factor Técnico.**

Este factor técnico debemos considerar y tener presente la producción u oferta y la demanda de agua requerida para el usuario.

- Se considera producción u oferta de agua; ésta relacionada directamente con la precipitación pluvial durante el año y con las variaciones estacionales de la misma. Este dato de precipitación debemos consultar ante la autoridad competente del país o de la región donde se ejecute el proyecto.
- Demanda de agua; la demanda depende de las necesidades del interesado así como los usos que le dará al agua.

✓ **Factor económico.**

En este apartado debemos de considerar la inversión o el costo requerido para su implementación del sistema y sus características como: área de captación, y el volumen de almacenamiento, en muchas veces no existe la posibilidad de implementar un sistema por falta de recursos económicos. Un criterio que no se debe dejar, la dotación no debe ser menor de 20 litros por persona por día, misma que permite satisfacer las necesidades básicas elementales (IMTA, 2003).

Es importante y necesario que el sistema propuesto sea comparado con los costos de otras alternativas destinadas al mejoramiento o simplemente al

abastecimiento del agua, sin dejar al lado el impacto que representa la cantidad de agua en la salud de las personas beneficiadas por los servicios del agua.

✓ **Factor social.**

En la evaluación para la proyección de una obra civil de ingeniería, es necesario e indispensable comunicar a los usuarios o beneficiarios a nivel comunitario, considerando los factores sociales están representados por los hábitos, costumbres y culturales que se pueden afectar con la implementación de las tecnologías aplicadas en este caso el SCAPT. El responsable de realizar este estudio debe informar y si es necesario discutir en la comunidad las desventajas y las bondades de la manera tradicional de abastecimiento de agua y de la tecnología propuesta (SCAPT), optando dejar a la comunidad de seccionar lo que más le conviene del proyecto.

La Injerencia anterior debe incidir en que la decisión sea colectivamente e individual por parte de los usuarios, considerando la convivencia. También se debe considerar el tipo de materiales a emplear en los techos, la posibilidad del uso de los materiales alternativos del lugar o de la región así como el grado de participación de los beneficiarios en la implementación del proyecto.

✓ **Factor Ambiental**

Hoy en día todos los proyectos de obra civil deben considerar las consecuencias ambientales que se contraen con la obra a realizar, en este caso las obras alternativas contribuyen con el factor ambiental, la disponibilidad del agua como elemento primordial para la conservación de otros recursos naturales como flora, fauna y regeneración natural, mejora al ambiente escénico, el clima más saludable, lo que hace que las tierras ubicadas en estas condiciones adquieran un mejor valor (Andrade P. & Navarrete Le Blas, 2004). En el aspecto agronómico se considera que en mejores condiciones

ambientales, hay menos daños de plagas a los cultivos, además alargar las reservas de agua potable disponibles al ahorrar en el consumo.⁹

2.2 Diseño del SCAPT en la UIIM

Para el diseño del Sistema de Captación de Agua Pluvial en Techos SCAPT, en la Universidad Intercultural Indígena de Michoacán UIIM, es vital y de suma importancia que identifiquemos los componentes principales, su función, los criterios de diseño, las características de los materiales para su construcción, su operación y mantenimiento, por lo que, en esta propuesta (diseño) se van considerar, describir y calcular de manera particular sus componentes.

- ✓ Localización del sitio para establecer el SCAPT
- ✓ Determinación de la demanda
- ✓ Calculo de la precipitación pluvial neta
- ✓ Área de captación del agua de lluvia
- ✓ Sistema de conducción del agua de lluvia captada
- ✓ Almacenamiento del agua de lluvia

2.3 Localización del sitio para establecer el SCAPT

El proyecto se diseña en el campus universitario de la Universidad Intercultural Indígena de Michoacán, en la sede Kanaguio, Pichataro, Municipio de Tingambato, Mich., se ubica en el kilómetro 16.2 de la carretera San Juan Tumbio-Cheran, Michoacán. **Figura 2.1.**

⁹ Guía de diseño para captación de agua de lluvia. UNATSABAR, Perú 2001.

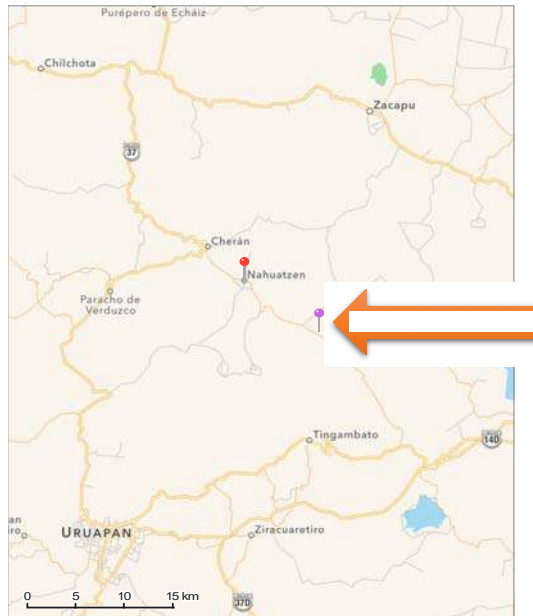


Figura 2.1 Localización de la Universidad Intercultural Indígena de Michoacán, en la carretera estatal San Juan Tumbio-Cherán,, Km. 16.2, sede Pichataro, Tingambato, Michoacán. **Fuente:** Google maps. Y elaboración propia.

En la actualidad están construidas cuatro edificios; el edificio “A”, del lado poniente, el edificio “B” del lado oriente ambos con utilizadas para funciones académicas de docencia y de investigación; el edificio administrativo que se localiza al lado sur hacia al acceso del campus, y el edificio que sirve como cafetería y gastronómico ubicado del lado norte (**Figura 2.2**).

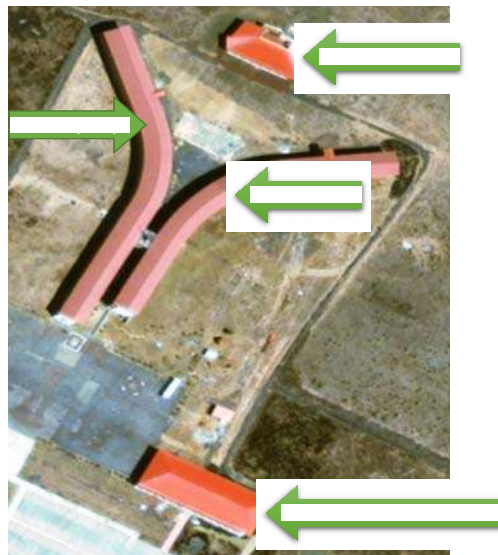


Figura 2.2 Ubicación de los edificios en el campus de la UIIM, sede Pichataro. **Fuente:** Google maps. Y elaboración propia.

Para el diseño del proyecto se considera el la cubierta (techado) edificio “A” de forma parcial, aprovechándose únicamente 1072.5 m², del lado poniente del edificio y de la cubierta, (**Figura 2.3**). El edificio “A” es considerado el de mayor demanda de agua, en el mismo se cuenta con dos módulos de sanitarios, un consultorio médico y dos laboratorios de ciencias naturales, motivo por cual se selecciona la ubicación de SCAPT.

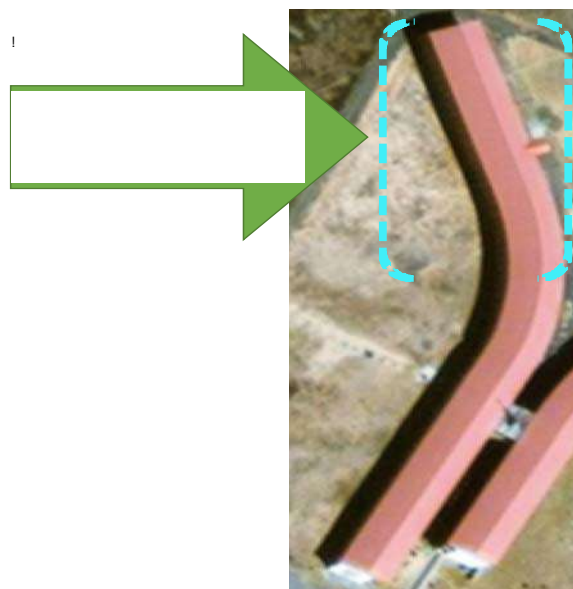


Figura 2.3 Cubierta del Edificio “A”, se considera únicamente el lado poniente como área de captación seleccionado para el SCALL, en la Universidad. **Fuente:** Google maps.

2.4 Determinación de la demanda

Para esta etapa del diseño del SCAPT, nos basaremos como dato y demanda en la matrícula del ciclo escolar 2013-2014, agregando también un aproximado de 100 trabajadores (Administrativos, Académicos de tiempo completo, por asignatura y eventuales) en total aproximado de 600 personas. La cantidad de agua para satisfacer dicho consumo se calcula mediante la siguiente ecuación (**Ec. 2.1**)

$$D = \frac{Nb * Do * Nd}{1000} \quad (Ec. 2.1)$$

$$D_{anual} = \sum_{j=1}^{12} D_j \quad (Ec. 2.2)$$

Donde:

D = Demanda de agua (m³).

Nb = Número de beneficiarios del sistema.

Do = Dotación (1/persona/día).

Nd = Número de días del mes (se utiliza 1, para obtener la demanda diaria).

D_{anual} = Demanda anual para la población, j = número del mes (j = 1,2,3,...,12)

1000 = Factor de conversión de litros a m³.

Antes de realizar el cálculo respectivo para determinar el volumen de agua necesaria para las 600 personas, es necesario citar la dotación de agua que recomienda y establece como norma para este tipo instituciones públicas recomendado por Comisión Nacional del Agua (**Tabla 2.1**).

Tabla 2.1 Consumo de agua que recomienda el CNA en diferentes consumos en un día para diferentes instituciones y espacios públicos

TIPO DE INSTALACIÓN	CONSUMO DE AGUA	
SALUD		
Hospitales, Clínicas y Centros de salud.	800 l/cama/día	(a, b)
Orfanatorios y asilos.	300 l/huésped/día	(a)
EDUCACION Y CULTURA:		
Educación elemental	20 l/alumno/turno	(a, b)
Educación media y superior	25 l/alumno/turno	(a, b)
RECREACION:		
Alimentos y bebidas	12 l/comida	(a, b)
Entretenimiento (teatros públicos)	6 l/asiento/día	(a, b)
Recreación social (deportivos municipales) Deportes al aire libre, con baño y vestidores.	25 l/asistente/día	(a)
Estadios	150 l/asistente/día	(a)
SEGURIDAD:		
Cuarteles	150 l/persona/día	(a)
Reclusorios	150 l/interno/día	(a)
COMUNICACIONES Y TRANSPORTE:		
Estaciones de transporte	10 l/pasajero/día	
Estacionamientos	2 l/m ² /día	
ESPACIOS ABIERTOS:		
Jardines y parques	5 l/m ² /día	

Fuente: www.conagua.org.mx

Nota:

- a) las necesidades del riego se consideran por separado a razón de 5 l/m²/día.
- b) Las necesidades generadas por empleados o trabajadores se consideran por separado a razón de 100/trabajador/día.

En base a la tabla anterior (**Tabla 2.1**), del CNA donde establece una dotación de 25 l/alumno/turno, en este caso se considera un solo turno para 600 personas. Determinaremos mensual únicamente considerando los días hábiles (**Tabla 2.2**).

Tabla 2.2 Volúmenes de dotación diaria, mensual y anual para 600 personas.

CONCEPTOS	(Nb) número de beneficiarios del sistema.	(Do) dotación (l/Universitario/día).	(Nd) numero de días del mes (se utiliza 1, para obtener la demanda diaria).	(1000) factor de conversión de litros a m ³ .	(D) Demanda de agua (m3)
VALORES	600.00	25.00	22.00	1,000.00	330.00

Fuente: Elaboración propia en base (población universitaria) como dato de diseño y la dotación CNA.

En el cálculo anterior (**Tabla 2.2**), se consideró 22 hábiles escolares de un mes y de un solo turno para 600 personas, y es el dato que vamos utilizar para posteriores cálculos de diseño.

En un segundo cálculo estimaremos la dotación diaria y anual D_{anual} considerando el periodo de estiaje tomando en cuenta el calendario escolar universitario, es decir nos basamos en el calendario escolar para considerar los números de días para la dotación anual (**Tabla 2.3**).

Tabla 2.3 Días hábiles cuantificados con actividades académicas en base de calendario escolar institucional así como el periodo de estiaje.

MESES DE ESTIAJE	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Total de día
Número de días laborables marcados en el calendario Escolar Institucional	10.00	22.00	14.00	15.00	21.00	22.00	14.00	22.00	140.00

Fuente: Elaboración propia en base al calendario escolar institucional.

El resultado que suma los días laborables del mes Octubre a Mayo es de 140 días, se consideran únicamente 14 días laborables los periodos de receso de diciembre y abril como se mostró en la tabla anterior.

Para la determinación de la demanda anual se consideran 180 días, y no los 140 días como se determinó en la (**Tabla 2.2**), en un proyecto de esta naturaleza es necesario que exista un excedente o sobrante y es el volumen que se utilizara para cálculos posteriores.

En la siguiente (**Tabla 2.4**), se estima la dotación diaria, mensual y anual considerando los periodos de receso, con los mismos 600 usuarios y los 25 l/alumno/día. El volumen (dotación anual) que nos arroja es de 1,551.00 m³, que cerraremos en 1,600.00 m³ y es el volumen de dotación que nos servirá para cálculos posteriores. Es necesario aclarar los de actividad escolar son 140 días, considerados en el periodo de estiaje de octubre a mayo y equivalen los 4.67 meses.

Tabla 2.4 Determinación de la dotación diaria, mensual, y anual. Volúmenes calculados en m³, litros, para 600 personas.

USUARIOS	Demanada Diaria		Demanada Mensual		Demanada Anual	
	Volumen	Unidades	Volumen	Unidades	Volumen	Unidades
600.00	16.50	m3	330.00	m3	1,551.00	m3
600.00	16,500.00	litros	330,000.00	litros	1,551,000.00	litros

Fuente: Elaboración propia en base de la demanda.

2.5 Cálculo de la precipitación pluvial neta

La precipitación pluvial neta (PN), es la cantidad de agua de lluvia que el sistema tiene a su disposición, y se determina a partir de los datos disponibles en las diferentes estaciones meteorológicas (de Uruapan y Pátzcuaro), después de haber descotado las pérdidas por factores tales como el salpicado de las gotas,

velocidad del viento, evaporación, fricción, etc., y se toma como valor planteado el 85% (0.85), de acuerdo con Anaya et al. (2011).

La eficiencia de la captación depende del coeficiente de escurrimiento (C_e) de los materiales del área donde se captara, el cual varía de 0.0 a 0.9. En la (**Tabla 2.5**) se presentan los diferentes coeficientes de escurrimiento, asociados al material utilizado en la superficie de captación.

Tabla 2.5 Rango de valores para coeficiente de escurrimiento para diferente tipo de material en cubiertas de techado que son utilizadas como área captación pluvial.

Tipo de captación	C_e
Cubiertas superficiales	
Concreto	0.6 – 0.80
Pavimento	0.5 – 0.6
Geomembrana de PVC	0.85 – 0.90
Azotea	
Azulejos, teja	0.80 – 0.90
Hojas de metal acanaladas	0.70 – 0.90
Orgánicos (hojas con barro)	Menor 0.20
Captación en tierra	
Suelo con pendientes menores al 10%	0.0 – 0.30
Superficies naturales rocosas	0.20 – 0.50

Fuente: Elaboración Manual para el diseño de SCALL.

En el caso nuestro, la cubierta del tachado es de láminas galvanizadas acanaladas, para este caso se utiliza un coeficiente de escurrimiento de 0.90 correspondientes a hojas de metal. La precipitación pluvial neta se determina a partir de la siguiente ecuación (**Ec. 2.3**).

$$PN = P * \eta_{captación} \quad (Ec. 2.3)$$

Donde:

$$\eta_{captación} = C_e * 0.85$$

PN = Precipitación Neta (mm)

P = Precipitación (mm)

$\eta_{captación}$ = eficiencia de captación de agua de lluvia.

C_e = coeficiente de escurrimiento.

En la siguiente tabla con el apoyo de la ecuación anterior (**Ec. 2.3**), procedemos a determinar la precipitación promedio y neta, para ello se emplearon datos de la estación meteorológica (de Uruapan y Pátzcuaro) del año 2010.

Tabla 2.6 Determinación de la precipitación promedio, neta y total anual. Estas precipitaciones son datos obtenidos de las estaciones meteorológicas (Uruapan y de Pátzcuaro) del año 2010.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
Precipitación Estación Pátzcuaro, Mich.	22	8	7	13	65	223	269	272	221	139	38	15	1292
Precipitación Estación Uruapan, Mich.	28	7	7	17	67	233	275	298	225	129	43	16	1345
Promedio	25	7.5	7	15	66	228	272	285	223	134	40.5	15.5	1319
Precipitación Neta	19.1	5.74	5.36	10.8	50.5	174	208	218	170.6	102.5	31	11.9	1009
	PRECIPITACIÓN NETA ANUAL										924.12 mm		

Fuente: Elaboración propia en base de los registros de la precipitación

En la siguiente gráfica (**Figura 2.4**) se representa la precipitación neta anual, donde se visualizan los meses en que dicha precipitación fue mayor de 50 mm, así como el periodo de estiaje.

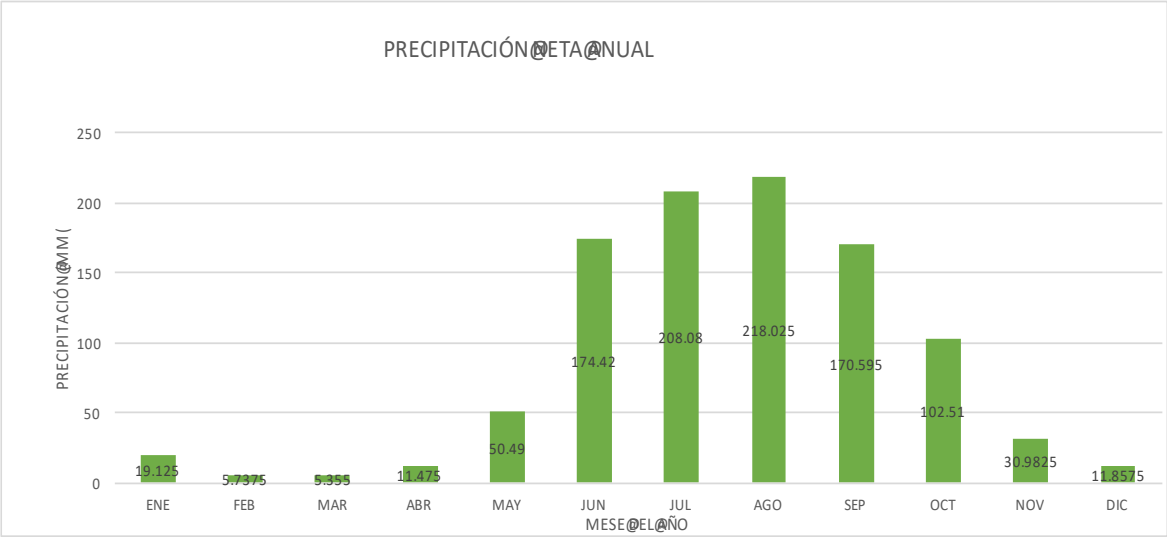


Figura 2.4 Precipitación neta anual, se visualiza los meses que fue mayor de 50 mm.

2.6 Área de captación del agua Pluvial

El área de captación se define como la superficie sobre la cual cae la lluvia, para caso nuestro, se va considerar únicamente una fracción del techado del edificio “A”, en su lado norponiente como se muestra en la (**Figura 2.5**).

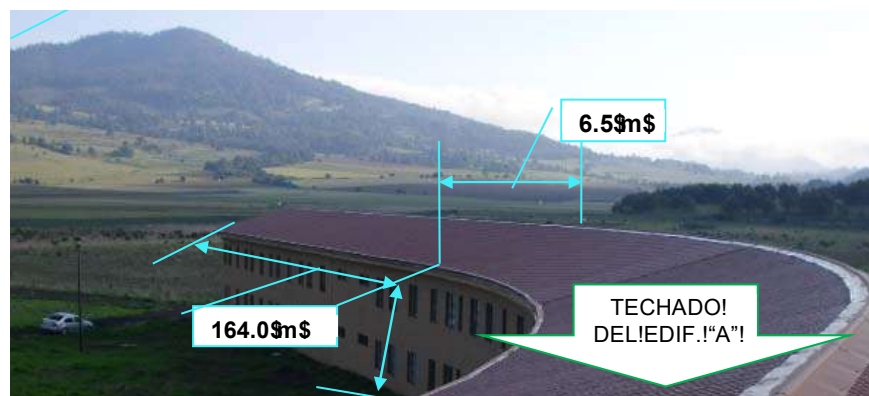


Figura 2.5 Techo del edificio “A” considerada como área de captación para cubrir la demanda parcial del volumen de dotación requerida. **Fuente:** elaboración propia.

La ecuación para determinar el área de captación, debe estar en función de la demanda, y la que se va emplear es la siguiente ecuación (**Ec. 2.4**):

$$A_{ec} = \frac{D_{anual}}{\sum_j^n PN} \quad (Ec. 2.4)$$

Donde:

A_{ec} = Área efectiva de captación (m^2)

D_{anual} = Demanda anual (m^3)

PN = Precipitación Neta (m)

$j...n$ = Meses cuya precipitación media es mayor o igual a 50 mm.

En este caso, como ya se dispone de una superficie fija destinada para la captación, entonces se calcula el volumen de agua que puede ser captado en esta superficie y se define a partir de la demanda a cubrir que es 1,600.00 m^3 . Dicho volumen será equivalente a la demanda anual, calculada en función del área efectiva de captación, aplicando la ecuación siguiente:

$$D \text{ anual} = Aec \left(\sum_{j=1}^n PN \right) \quad (\text{Ec. 2.5})$$

para nuestro caso de cálculo, tenemos una superficie destinada para la captación de 325.00 m², y por otra parte una demanda mensual de 330.00 m³ y una demanda anual de 1,551.00 m³ que se iguala a 1,600.00 m³ para 600.00 personas (estudiantes y empleados), con una dotación diaria de 25 litros/persona y una precipitación anual neta de 924.12 mm o equivalente a 0.924 m, sustituyendo los datos anteriores de área efectiva de captación y la precipitación neta anual de la ecuación (**Ec. 2.5**), se obtiene. Ver (**Tabla 2.7**).

Tabla 2.7 Demanda anual calculada, a partir del área destinada de captación considerada únicamente una fracción (lado poniente del Edificio A).

Superficie Destinada a Captación (m2)	Precipitación neta anual (m)	Demanda anual (m3)
1,072.50	0.92	991.12

Fuente: elaboración propia.

El resultado anterior nos indica, que el área de captación seleccionada, se obtiene 991.12 m³ al año. De acuerdo a la (**Tabla 2.7**), nos indica que el área de captación es insuficiente para cubrir la demanda anual de 1,551.00 m³. Lo que nos obliga a considerar una superficie de captación mayor o casi el doble de la destinada.

Para cumplir la demanda de la dotación anual requerida de la población proyecto, tendríamos considerar dos opciones: una sería considerar la otra parte del mismo edificio "A", es decir el techado por la parte frontal y se aprovecharía el mismo tanque de almacenamiento únicamente aumentaría las bajadas y las líneas de conducción; y la otra opción sería considerar el edificio "B" del lado oriente que dispone una área de captación de 1040.00 m², y se convertiría de una propuesta casi de las mismas dimensiones y características.

Lo anterior se analizara y se discutirá en el capítulo de IV de análisis de costo beneficio.

2.7 Sistema de conducción del agua Pluvial captada

En el diseño del sistema de conducción del agua captada, se proponen tubería de 4" Tubo blanco (sku: 111028-4) reforzado de PVC liso de 100 mm.) a cada 20 m de separación. Con la propuesta anterior calculemos la cantidad de agua que pasara por la sección (caudal de conducción), para ello se aplica la siguiente ecuación.

$$Qc = \frac{5}{8} (Aec * I lluvia) \quad (Ec. 2.6)$$

Donde:

Qc = Caudal de conducción, en litros por segundo (l/s).

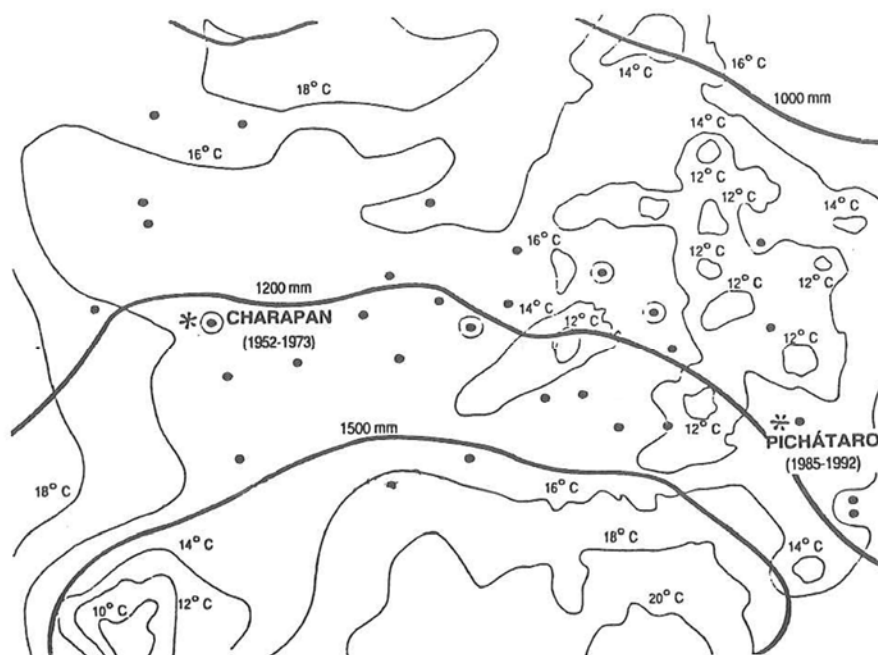
A_{ec} = Área efectiva de captación de agua de lluvia (m^2).

I_{lluvia} = Intensidad máxima de lluvia en la zona.

$5/8$ = Factor de conversión de m^3 / hora a litros / segundo.

Para realizar el cálculo respectivo, vamos considerar el área de captación (superficie destinada de captación) $1072.50 m^2$ y de las curvas de isoyetas¹⁰ se considera una intensidad una intensidad máxima de lluvia de 50 mm/hr, como se muestra en la (**Figura 2.5**), en donde se presentan las isoyetas de la intensidad máxima de lluvia en 60 minutos.

¹⁰ Isoyetas son líneas dibujadas en un mapa que unen los puntos de igual precipitación, esto en base en las estaciones meteorológicas correspondientes. A partir de estas curvas, es posible calcular la precipitación media.



SIMBOLOGÍA

- * Estación climatológica
- Isoyetas
- Isotermas
- ⊙ Cabecera municipal
- Localidad de la meseta

Figura 2.5 Mapa de isoyetas e isotermas en la meseta Purhepecha. **Fuente:** INEGI-CNA, Cartas hidrográficas. Esc. 1:100,000

Antes de realizar el cálculo del caudal de conducción por la tubería de 4", se propone seccionamientos a cada 20 m de los 165 m de largo del techado lo que va resulta que tendremos subareas por cada bajada ver (**Tabla 2.8**).

Tabla 2.8 Superficie calculada por secciones de acuerdo a cada bajada de conducción, se consideró a cada 20 m.

Largo del techado (m)	Ancho del techado (m)	Superficie Destinada a Captación (m ²)
20	6.5	130

Con el área seccionada, procederemos a determinar el caudal de conducción por cada tubería (bajada).

Tabla 2.9 *Calculo de volumen (caudal de conducción), a partir del área seccionada como efectiva de captación.*

Factor de conversión (5/8) en (m3)	Área efectiva de captación de Agua de lluvia (m2)	Intensidad máxima de lluvia en la zona (m/hr)	Cauda de conducción	Unidad
00-ene	130	0.07	5.6875	lt/s

El caudal de conducción máximo que pasara a través de la tubería será de **5.68** (l/s) litros por segundos, de acuerdo al cálculo anterior, procederemos revisar si el diámetro de la sección de la tubería propuesta en el sistema es el indicado para desalojar el caudal determinado, para ello es necesario de determinar el caudal máximo que puede manejar la tubería elegida mediante la siguiente ecuación (**Ec. 2.7**) del gasto.

$$Q = A * v \quad (\text{Ec. 2.7})$$

Donde:

Q = Gasto (m³ /seg)

A = Área hidráulica (m²) (Ver tabla 3.2.6)

V = Velocidad (m/s)

Para determinar el cálculo, se considera una tubería de sección circular de 100 mm de diámetro, esto para determinar el valor de Q (gasto), y una vez obtenido, se compara con el valor de Qc.

Podemos presentar dos condiciones:

1. Si $Q \geq Q_c$ el valor de la tubería se acepta.
2. Si $Q < Q_c$ el tamaño no es suficiente y tendrá que repetirse la propuesta y calculo con otro tamaño de sección.

El cálculo de la velocidad del caudal se realizara aplicando la ecuación (**Ec. 2.8**) de Manning.

$$V = \frac{1}{n} r^{\frac{2}{3}} s^{\frac{1}{2}} \quad (\text{Ec. 2.8})$$

Donde:

v = Velocidad del caudal (m/s)

n = Coeficiente de rugosidad, se considera para PVC de 0.009

r = Radio Hidráulico (m)

s = Pendiente en % con respecto a uno.

El Radio Hidráulico lo vamos obtener a partir de las expresiones matemáticas presentadas en la (**Tabla 2.10**).

Tabla 2.10 Calculo de volumen (caudal de conducción), a partir del área seccionada como efectiva de captación.

Forma	Altura Tirante	Área Hidráulica	Perímetro mojado	Radio hidráulico	Observaciones
Circular	0.5 D	$1.57 r^2$	$3.14 r$	$0.50 r$	d = diámetro r = radio
Rectangular	y	By	b+2y	$\frac{by}{b+2y}$	b = base
Triangulo 90	y	y^2	$2.83y$	$\frac{y}{2.83}$	y = tirante
Trapezoidal talud 60 con la horizontal				$y \left(\frac{b + \frac{y}{\sqrt{3}}}{b + \frac{4y}{\sqrt{3}}} \right)$	b = ancho y = tirante

El radio hidráulico para la forma circular y se determina a partir de la sección propuesta de la tubería, y la determinamos en la siguiente (**Tabla 2.11**), y

Tabla 2.11 Calculo del Radio Hidráulico a partir de la tubería propuesta de 4".

Diametro tuberia 6"		10.16	cm
Radio hidráulico	Coeficiente de Radio hidráulico	Diámetro de la tuberia de 6" en (cm)	Radio Hidráulico (cm)
0.50 r	0.5	10.16	0.0508

El valor anterior (Radio Hidráulico) se sustituye en la ecuación de Manning y vamos obtener la velocidad del caudal en m/s **Tabla 2.12**.

Tabla 2.12 *Calculo de la velocidad del caudal en (m/s), misma que lo utilizamos para determinar el Caudal de conducción.*

Coeficiente de rugosidad del PVC	Radio Hidráulico (cm)	Pendiente en %, respecto de uno al otro	Velocidad del caudal (m/s)
0.009	0.0508	1	15.24

Con la velocidad anterior obtenida, calculamos en caudal de la tubería y se compara con el caudal de conducción Q_c .

$$\text{Área hidráulica} = 1.57 r^2$$

$$Q = (1.57 r^2)(V_c)$$

Tabla 2.13 *Calculo del caudal de conducción (en m³/s, y en l/s) en base de los cálculos anteriores: radio y área hidráulica, velocidad del caudal.*

Area hidráulica	Radio Hidráulico (m)	Area hidráulica (m²)	Velocidad del caudal (m/s)	Caudal de tubería (m³/s)	Caudal de tubería (l/s)
$0.57r^2$	0.0508	0.001471	15.24	0.022	22.418

Al comparar el resultado obtenido, del caudal de conducción (Q_{c1})¹¹ y en base de área de captación seccionada, y el caudal de conducción (Q_{c2})¹² determinado en base de la tubería propuesta de diseño, concluimos que **Q_{c2} es mayor que Q_{c1}** , lo que indica que el caudal que pueda desalojar la tubería es muy superior al estimado en Q_{c1} , y por lo tanto podemos dar por aceptado la tubería de 4”.

2.8 Almacenamiento de agua de Pluvial

¹¹ Caudal de conducción 1, es determinada a partir del área efectiva de captación y la intensidad máxima de lluvia de la zona. (meseta purhepecha).

¹²

En este apartado se determina el volumen o tanque de almacenamiento y para ello nos apoyamos en la ecuación (**Ec. 2.9**), para esto, se considera la demanda de agua mensual durante la sequía más de dos meses que servirán como coeficiente de seguridad.

$$V_{\text{cisterna}} = D_j * M_{\text{sequia}} + 2 \quad (\text{Ec. 2.9})$$

Donde:

V_{cisterna} = Volumen de la cisterna en m^3

D_j = Demanda anual en m^3/mes (Tabla 3.12)

M_{sequia} = Meses con sequia + 2

Los meses que se presenta la sequía, son los con precipitaciones menores a los 50 mm. En la figura (**Figura 2.6**), se observa que son seis meses que no alcanzan los 50 mm, más los dos meses de seguridad, por lo tanto vamos a considerar 8 meses.

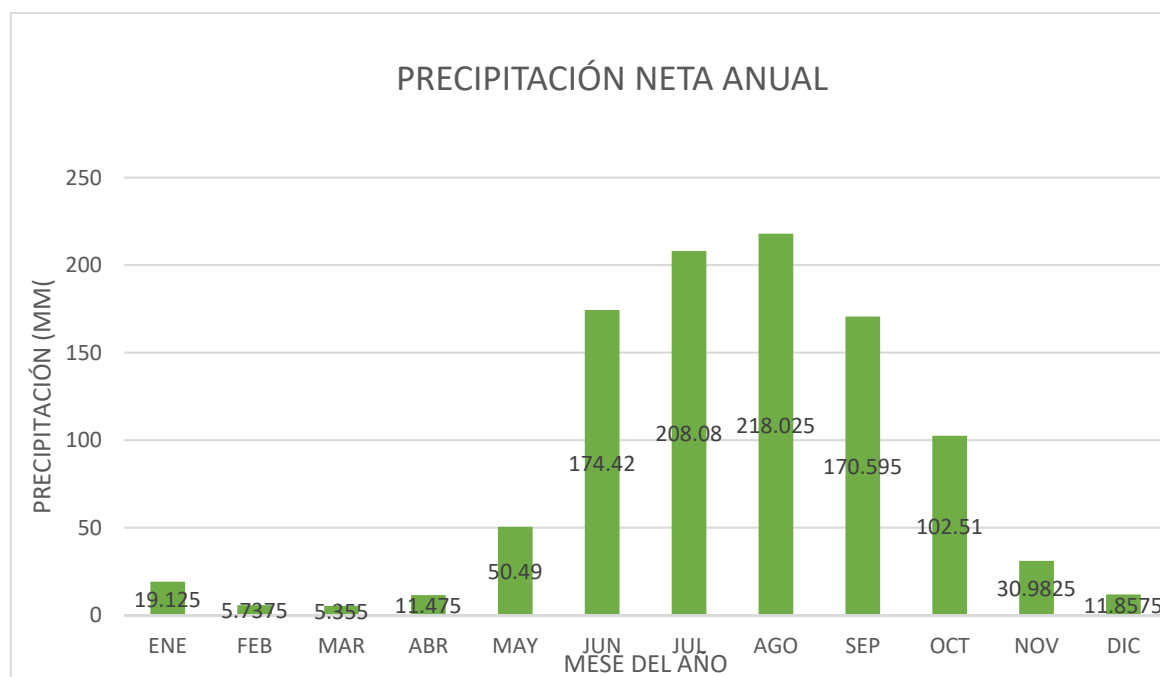


Figura 2.6 Grafica de la precipitación anual, se muestra los meses con mayor y menor (periodo de estiaje de noviembre a abril) registrada en la meseta Purhepecha. **Fuente:** INEGI-CNA.

USUARIOS!	Demanda!Diaria!		Demanda!Mensual		Demanda!Anual	
	Volumen(	Unidades(	Volumen(	Unidades(	Volumen(	Unidades(
!!!!!!!600.00!	!!!!!!!6.50	m3	!!!!!!!330.00	m3	!!!!!!!1,980.00	m3
!!!!!!!600.00!	!!!!!!!6,500.00	litros	!!!!!!!330,000.00	litros	!!!!!!!1,980,000.00	litros

En base de los datos anteriores de la (Figura 2.6) y de la Tabla 2.14, calculamos la capacidad requerida de la cisterna en m³, dato que utilizaremos para fines de diseño del tanque de almacenamiento.

Tabla 2.15 Volumen requerido para el diseño del tanque de almacenamiento.

Ecuación de la Volumen de cisterna	Demanda mensual (m3/mes)	Meses de sequia + 2	Meses de sequia como seguridad	Volumen de cisterna (m3)
$V_{cisterna} = D_j * M_{sequia} + 2$	330.00	4.67	2.00	2201.10

El resultado obtenido (volumen de cisterna) obtenida a partir de la demanda mensual en un periodo de 6 meses, aunque es necesario señalar que se consideraron los días únicamente con actividad académica, equivalentes 4.67 meses, además se agregan dos meses como seguridad si la sequía se prolonga. A partir del volumen obtenido de cisterna 2200 m³, se trabajó el proyecto y el diseño con este resultado, el tanque de almacenamiento se propone de concreto hidráulico armado con capacidad de 2000 m³, almacenamiento que cubriría la demanda anual de la población universitaria. Además es importante señalar la ubicación de la Universidad es una zona con heladas en invierno y de niebla en otoño lo que indica que también se captaría agua con estos fenómenos naturales un volumen considerable provocando la recarga en el sistema de almacenamiento.

2.9 Presupuesto del SCAPT.

Para poder realizar un análisis de costo beneficio cercano a las circunstancias reales, es importante conocer el presupuesto integrado a través precios unitarios

del SCAPT, que también lo podemos definir como Inversión inicial, misma que se basa en la volumetría y características de esta sistema, también nos permitirá realizar una factibilidad económica, lo anterior permite realizar una conclusión y esta incidir finalmente en una toma de decisión para los administradores o autoridades de las instituciones públicas competentes en este problema público que padece la institución de educación superior. En este apartado presentamos el presupuesto de la implementación del SCAPT para la UIIM con capacidad de captación y almacenamiento de 2000 m³ de la cisterna o el tanque de almacenamiento de concreto armado.

Tabla 2.15 Se determina el presupuesto para una cisterna de concreto armado, como una primera propuesta.

preparada.

	EMPRESA:		X		HOJA NO:	
	LICITACION NO:		X		1 DE 5	
	DESCRIPCION DE LA OBRA:	CONSTRUCCIÓN Y HABILITACIÓN DE LA SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA EN LA UNIVERSIDAD INTERCULTURAL INDIGENA DE MICHOACÁN.				FECHA
						AGOSTO DE 2017
INSTITUTO DE INFRAESTRUCTURA FISICA EDUCATIVA DEL ESTADO DE MICHOACÁN, IIFEEM		CATÁLOGO DE CONCEPTOS: PARA LA CONSTRUCCIÓN Y HABILITACIÓN DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA, EN LA UNIVERSIDAD INTERCULTURAL INDÍGENA DE MICHOACÁN, SEDE COMUNIDAD DE PICHATARO DEL MUNICIPIO DE TINGAMBATÓ, MICHOACÁN.				
SUBDIRECCION DE INFRAESTRUCTURA Y EQUIPAMIENTO						
CLAVE	DESCRIPCION DEL CONCEPTO	U	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO CON LETRA	P.U.	IMPORTE EN \$
	ELABORACIÓN DEL PROYECTO Y EXPEDIENTE TÉCNICO					\$83,998.75
PRY-001	TRABAJO DE TOPOGRAFIA, DESLINDE DEL PREDIO, TRABAJO DE PLANIMETRIA Y ALTIMETRIA, UNA CUADRILLA DE UN TECNICO TITULA Y TRES AUXILIARES	HAS.	0.25	TRES MIL NOVECIENTOS NOVENTA Y CINCO PESOS 00/100 M.N.	\$3,995.00	\$998.75
PRY-002	ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS	ESTUDIO	1	DIEZ MIL PESOS 00/100 M.N.	\$10,000.0	\$10,000.00
PRY-003	HONORARIOS POR ELABORACIÓN DE PROYECTO E INTEGRACIÓN DEL EXPEDIENTE.	PROYECTO	1	CINCUENTA MIL PESOS 00/100 M.N	\$50,000.	\$50,000.00
PRY-004	PROYECTO ESTRUCTURAL	M2	600	TREINTA Y CINCO PESOS 00/100 M.N	\$35.00	\$21,000.00
PRY-005	GASTO DE PAPELERIA E IMPRESIONES	LOTE	1	DOS MIL PESOS 00/100 M.N.	\$2,000.00	\$2,000.00
	TRABAJOS PRELIMINARES Y DE EXCAVACION					\$390,126.00
TRP-001	LIMPIA, TRAZO Y NIVELACIÓN DEL TERRENO PARA DESPLANTAR EDIFICIOS CON TRÁNSITO Y NIVEL DE EJES, INCLUYE: MOJONERAS Y BANCO DE NIVEL, MATERIALES, MANO DE OBRA, HERRAMIENTA Y EQUIPO, POR UNIDAD DE OBRA TERMINADA.	M2	600	DIESCIOCHO PESOS 50/100 M.N.	\$18.50	\$11,100.00
TRP-002	DESPALME (AREA DEL TANQUE	M2	600	CINCUENTA Y	\$58.71	\$35,226.00

	DE ALMACENAMIENTO) DE 25 CM. DE ESPESOR Y ACARREOS DENTRO Y FUERA DE LA OBRA.			OCHO PESOS 71/100 M.N.		
TRP-003	EXCAVACIÓN EN TERRENO TIPO "B" CON MAQUINARIA EN MATERIAL (TEPETATE DURO, BOLEO CONSOLIDADO CON MATERIAL AGLUTINANTE Y ROCA) DE 0.00 A 2.00 M PROFUNDIDAD EN SECCIÓN OBLIGADA, INCLUYE: AFINE DE TALUD Y ACARREO DENTRO Y FUERA DE OBRA DE MATERIA NO UTILIZABLE.	M3	1800	CIENTO CUARENTA Y CINCO 50/100 M.N.	\$145.50	\$261,900.00
TRP-004	MOVIMIENTOS DE TIERRAS EN TERRENO TIPO "B" CON RETROEXCAVADORA CATERPILLAR 416 E O SIMILAR PARA DESPLANTAR TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE CONCRETO ARMADO, INCLUYE: TRASLADOS DE LA MAQUINARIA, EXCAVACIONES, CORTES O AFINES DE TALUD, CONFORMACIÓN DE BASES, CARGAS A CAMIÓN VOLTEO, DESPLAZAMIENTOS Y ACARREOS DE MATERIAL CON EL EQUIPO, AFINES O CUALQUIER OTRO TRABAJO DENTRO DE LA MISMA OBRA ADECUADO CON EL EQUIPO PARA LA REALIZACIÓN DE LOS TRABAJOS.	M3	1800	CUARENTA Y CINCO PESOS 50/100 M.N.	\$45.50	\$81,900.00
	ELEMENTOS DE CIMENTACIÓN					\$304,354.52
TECM-001	RELLENO Y COMPACTACIÓN SUBSEDE MATERIAL INERTE (GRAVA-ARENA) COMPACTADO EN CAPAS DE 20 CM. CON BAILARINA AL 90% PROCTOR ADICIONANDO AGUA, INCLUYE: SUMINISTRO, ACARREO DENTRO DE LA OBRA, MEDIR COMPACTADO, VOLTEO CON PALA, MANO DE OBRA, EQUIPO Y HERRAMIENTA.	M3	220	TRESCIENTOS SESENTA Y TRES PESOS 26/100 M.N.	\$363.26	\$79,917.66
TECM-002	RELLENO Y COMPACTACIÓN BASE DE MATERIAL INERTE (GRAVA-ARENA) COMPACTADO EN CAPAS DE 20 CM. CON RODILLO AL 90% PROCTOR ADICIONANDO AGUA, INCLUYE: SUMINISTRO, ACARREO DENTRO DE LA OBRA, MEDIR COMPACTADO, VOLTEO CON PALA, MANO DE OBRA, EQUIPO Y HERRAMIENTA.	M3	220	TRESCIENTOS SESENTA Y TRES PESOS 26/100 M.N.	\$363.26	\$79,917.66
TECM-003	ZAPATA AISLADA (1.5 *1.5m* 20 CM) DE CONCRETO ARMADO) F'c = 250 KG/CM2 EN CIMENTACIÓN, TAMAÑO MÁXIMO DE AGREGADO GRAVA TRITURADA DE 3/4" Y ARENA CLASIFICADA, INCLUYE: (ARMADO DE ACERO VARILLA No. 3 @ 19 * 19 CM) CON BASTON DE 5 CM (HECHURA, ACARREO, COLOCADO, VIBRADO, CURADO, MANO DE OBRA, EQUIPO Y HERRAMIENTA.	PZA.	15	CUATRO MIL Y SIETE PESOS 83/100 M.N.	\$4,047.83	60,717.38
TECM-004	PLANTILLA DE CONCRETO HECHO EN OBRA F'c = 100 KG/CM2 DE 5 cm. DE ESPESOR. INCLUYE: COMPACTACIÓN DEL FONDO, ELABORACION, COLOCADO, CURADO.	M2	600	DOSCIENTOS SESENTA Y OCHO PESOS 14/100 M.N.	\$139.67	\$83,801.83
	ESTRUCTURA DE CONCRETO					\$1,506,854.03
TREC-001	COLUMNA (C-3) DE 35 X 35 CMS HECHA DE CONCRETO F'c = 250 KG/CM2, ARMADA CON 8 VARILLAS DEL No. 4 CON ESTRIBOS y GRAPAS DEL No. 3 @ 15 CM, INCLUYE: CIMBRA APARENTE,	ML	45	SETECIENTOS TREINTA PESOS 12/100 M.N.	\$730.12	\$32,855.40

	COLADO, DESCIMBRADO, MATERIALES, MANO DE OBRA, HERRAMIENTA Y EQUIPO.					
TREC-002	LOSA DE CONCRETO DE 20 CM DE ESPESOR, ARMADO (LC-1), DE ACERO No. 3 @ 20 CM, BASTONES A CADA 40 CM, CONCRETO F'c= 250 KG/CM2, APARENTE, COLADO, MATERIALES, MANO DE OBRA, HERRAMIENTA Y EQUIPO.	M2	551	OCHOCIENTOS SESENTA Y SIETE PESOS 14/100 M.N.	\$867.14	\$477,796.83
TREC-003	MURO DE CONCRETO DE 20 CM DE ESPESOR, ARMADO (MC-1), DE ACERO No. 3 @ 20 CM, BASTONES A CADA 40 CM, CONCRETO F'c= 250 KG/CM2, CIMBRADO, APARENTE, COLADO, DECIMBRADO, MATERIALES, MANO DE OBRA, HERRAMIENTA Y EQUIPO.	M2	300	OCHOCIENTOS SESENTA Y SIETE PESOS 14/100 M.N.	\$867.14	\$260,143.47
TREC-004	TRABE (T-1), DE CONCRETO 25 CM * 35 CM, F'c= 250 KG/CM2, ARMADO 4 VARILLA No. 4 Y 2 VARILLAS DEL No. 3, ESTRIBOS @ 20 CM Y 15 CM.	ML	190	MIL DOSCIENTOS DIECINUEVE PESOS 88/100 M.N.	\$1,251.96	\$237,873.08
TREC-005	CADENA CERRAMIENTO DE CONCRETO F'c = 150 KG/CM2 DE 28 * 28 CM, ARMADA CON 4 VARILLAS DE 3/8" Y ESTRIBOS DE 1/4" A CADA 20 CM., TAMAÑO MÁXIMO DE AGREGADO GRAVA TRITURADA DE 3/4" Y ARENA CLASIFICADA, HECHO EN OBRA. INCLUYE: CIMBRA COMÚN, DESCIMBRADO, COLADO, CRUCE DE VARILLAS, MATERIALES, MANO DE OBRA, HERRAMIENTA Y EQUIPO.	ML	100	QUINIENTOS OCHENTA Y DOS PESOS 49/100	\$582.49	\$58,248.98
TREC-006	LOSA MACIZA DE 12 CM DE ESPESOR, F'c = 200 kg/cm2, CON ACERO @ 20 CM EN AMBOS SENTIDOS.	M2	600	NOVECIENTOS CINCUENTA Y TRES PESOS 24/100 M.N.	\$733.23	\$439,936.28
	ALBAÑILERIA					\$251,975.39
TRAL-001	APLANADO EN MUROS CON MORTERO-ARENA CLASIFICADA 1:3, A PLOMO Y REGLA, ACABADO FINO CON PLANA DE MADERA, INCLUYE: REMATES Y EMBOQUILLADO.	M2	851	DOSCIENTOS CINCUENTA Y NUEVE PESOS 94/100 M.N.	\$259.94	\$221,208.94
TRAL-002	GUARNICIÓN DE CONCRETO F'c = 150 KG/CM2 15 x 30 CM. SIN ARMAR TAMAÑO MÁXIMO DE AGREGADO 3/4", HECHO EN OBRA ACABADO APARENTE SOLO CARA EXTERIOR CIMBRA Y DESCIMBRADO, INCLUYE: SUMINISTRO DE MATERIALES, MANO DE OBRA, HERRAMIENTA Y EQUIPO.	ML	140	CIENTO SETENTA Y CINCO PESOS 50/100 M.N.	\$175.50	\$24,570.00
TRAL-003	CASETA DE 0.60 x 0.60 x 0.80 M. PARA MOTOBOMBA, INCLUYE: FORJADO DE VENTILACIÓN, HERRAJES Y TODO LO NECESARIO PARA SU BUEN FUNCIONAMIENTO.	PIEZA	1	MIL DOSCIENTOS CUARENTA Y CINCO PESOS 55/100 M.N.	\$1,245.55	\$1,245.55
TRAL-004	S Y C ESCAL. MARINA C/2 TUBOS FO. GAL. CED. 40 1 1/4" Y ESCALONES C/VAR. #5 DE 40 CM. LONG. A/C 30 CM. INCL. ANCLAJE Y PINT. ESMALTE	ML	3	TRESCIENTOS CUARENTA Y DOS PESOS 40/100 M.N.	\$342.40	\$1,027.20
TRAL-005	VENTILACIÓN DE CISTERNA CON TUBO GALVANIZADO DE 100 MM. DE DIÁMETRO, INCLUYE: SUMINISTRO Y COLOCACIÓN, UNA "TEE", 2 CODOS, 2 NIPLES, Y MATERIAL DE FIJACIÓN. SEGÚN PLANO DE CISTERNA.	PIEZA	6	CUATROCIENTOS CINCUENTA Y TRES PESOS 95/100 M.N.	\$653.95	\$3,923.70
	SISTEMA DE CAPATCION Y CONDUCCION					\$97,550.60
TSC-001	CANALETA AQUAPLUV BLANCO DE 3M, (SKU: 111027-6), DIAMETRO 4", INCLUYE COLOCACION, HERRAMIENTA, ANDAMIOS Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA COLOCACION.	TRAMOS	60	CUATROCIENTOS CINCUENTA Y NUEVE PESOS 60/100 M.N.	\$459.60	\$27,576.00

TSC-002	EMBUDO AQUAPLUV BLANCO (SKU: 111030-6), DIAMETRO 4", INCLUYE COLOCACION, HERRAMIENTA, ANDAMIOS Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA COLOCACION.	PZAS	10	CIENTO OCHENTA Y TRES PESOS 90/100 M.N.	\$183.90	\$1,839.00
TSC-003	UNION CANALETA AQUAPLUV BLANCO (SKU: 111034-9), DIAMETRO 4", INCLUYE COLOCACION, HERRAMIENTA, ANDAMIOS Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA COLOCACION.	PZAS	60	CIENTO SESENTA NUEVE PESOS 90/100 M.N.	\$169.90	\$10,194.00
TSC-004	CODO 90 AQUAPLUV BLANCO (SKU: 111038-1), DIAMETRO 4", INCLUYE COLOCACION, HERRAMIENTA, ANDAMIOS Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA COLOCACION.	PZAS.	30	CIENTO CINCUENTA Y SIETE PESOS 90/100 M.N.	\$157.90	\$4,737.00
TSC-005	TRAMPA DE HOJAS AQUAPLUV 88(SKU: 111040-3), DIAMETRO 4", INCLUYE COLOCACION, HERRAMIENTA, ANDAMIOS Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA COLOCACION.	PZAS	10	CIENTO VEINTIOCHO PESOS 50/100 M.N.	\$128.50	\$1,285.00
TSC-006	TAPA IZQUIERDA AQUAPLUV BLANCO (SKU: 111033-0), DIAMETRO 4", INCLUYE COLOCACION, HERRAMIENTA, ANDAMIOS Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA COLOCACION.	PZAS	2	CIENTO VEINTIDOS PESOS 90/100 M.N.	\$122.90	\$245.80
TSC-007	TAPA DERECHA AQUAPLUV BLANCO (SKU: 111032-2), DIAMETRO 4", INCLUYE COLOCACION, HERRAMIENTA, ANDAMIOS Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA COLOCACION.	PZAS	2	CIENTO VEINTIDOS PESOS 90/100 M.N.	\$122.90	\$245.80
TSC-008	ABRAZADERA PARA TUBO AQUAPLUV BLANCO (SKU: 111031-4), DIAMETRO 4", INCLUYE COLOCACION, HERRAMIENTA, ANDAMIOS Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA COLOCACION.	PZAS	30	CIENTO DIESCISIETE PESOS 60/100 M.N.	\$117.60	\$3,528.00
TSC-009	SOPORTE METALICO CURVO DE 125 MM (SKU: 111043-8), DIAMETRO 4", INCLUYE COLOCACION, HERRAMIENTA, ANDAMIOS Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA COLOCACION.	PZAS	80	DOSCIENTOS TREINTA Y NUEVE PESOS 00/100 M.N.	\$239.00	\$19,120.00
TSC-010	BAJADA DE AGUA PLUVIAL CON TUBO BLANCO (SKU: 111028-4) REFORZADO DE PVC LISO DE 100 MM. DE DIÁMETRO, PARA 6 MTS DE ALTURA. DE ALTURA Y UN DESARROLLO DE 8 MTS., INCLUYE: CONEXIÓN A REGISTRO, FIJACIÓN CON ABRAZADERAS (SKU: 111031-4), CODOS Y COPLES DE PVC, TAQUETES, PIJAS, SELLADOR DE POLIURETANO A LA CANALETA, MANO DE OBRA Y HERRAMIENTA.	PZAS.	8	OCHOCIENTOS SESENTA Y CINCO PESOS 50/100 M.N.	\$865.50	\$6,924.00
TSC-011	REGISTRO Y SEDIMENTADOR DE TABIQUE ROJO RECOCIDO DE 1 M* 1M * 1.2 M., APLANADO CON CEMENTO Y ARENA (PROPORCIONAMINETO1:3), AFINADO Y QUEDADO CON CEMENTO, CON DOBLE MARCO DE PTR DE 1 1/4" * 1/4" DE ESPESOR, Y SISTEMA DE FILTRADO CAPAS DE 20 CM CON GRAVA DE 1 1/2", 20 CM DE GRAVA DE 1/2", 15 CM DE ARENA.	PZAS	8	DOS MIL SETECIENTOS TREINTA Y DOS PESOS 00/100 M.N.	\$2,732.00	\$21,856.00
	ELABORACIÓN DEL PROYECTO Y EXPEDIENTE TÉCNICO				SUBTOT AL	\$83,998.75
	TRABAJOS PRELIMINARES Y DE EXCAVACIÓN				SUBTOT AL	\$390,126.00

	ELEMENTOS DE CIMENTACIÓN	SUBTOT AL	\$304,354.52
	ESTRUCTURA DE CONCRETO	SUBTOT AL	\$1,506,854.03
	ALBAÑILERIA	SUBTOT AL	\$251,975.39
	SISTEMA DE CAPATCION Y CONDUCCION	SUBTOT AL	\$97,550.60
	PRECIO CON IVA	\$3,056,436.78	
TRES MILLONES CINCUENTA Y SEIS MIL CUATROCIENTOS TREINTA Y SEIS PESOS 78/100 M.N.			

El presupuesto obtenido se estima a partir de los generadores del proyecto, es decir las especificaciones y volúmenes de la propuesta a implementar (Sistema de Captación de Agua Pluvial en Techos SCAPT). En catálogo de conceptos y sus respectivos precios, son elevados debido por los materiales que se proponen como los elementos de concreto hidráulico armado como: las losas, muros, través, columnas. Otra característica que hace que el presupuesto se eleva es porque el tanque se propone subterráneo provocando costos en: volúmenes de excavación, movimiento y tiro producto de la excavación. Los tanques o cisternas de concreto hidráulico con dimensiones como el caso suelen ser costosos, aunque tienen varios beneficios que se comentara en el siguiente capítulo.

En esta parte es viable también proponer cisternas de otros materiales como geomembranas de material de PVC, polietileno de alta densidad o polipropileno de alta densidad, que también tiene sus ventajas como el costo es relativamente menor que el de concreto armado, aunque la vida útil es mucho menor, más adelante también se revisara los costos con estas características y materiales.

Finalmente el sistema de captación o recolección, su implementación es fácil de habilitar además los materiales que se emplean son fáciles de encontrar en el

mercado, revisando el presupuesto anterior permite concluir dentro del sistema SCAPT, es la parte más económica.

Una segunda alternativa es considerar el tanque de almacenamiento de material PVC, geomembrana de polietileno de alta densidad que su costo de genera en la siguiente **Tabla 2.16**

Tabla 2.16 Se determina el presupuesto para una cisterna de geomembrana de Polietileno de alta densidad como una segunda propuesta.

		EMPRESA:		X		HOJA NO:	
		LICITACION NO:		X		1 DE 5	
		DESCRIPCION DE LA OBRA:		CONSTRUCCIÓN Y HABILITACIÓN DE LA SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA EN LA UNIVERSIDAD INTERCULTURAL INDIGENA DE MICHOACÁN.			
INSTITUTO DE INFRAESTRUCTURA FISICA EDUCATIVA DEL ESTADO DE MICHOACÁN, IIFEEM		CATÁLOGO DE CONCEPTOS: PARA LA CONSTRUCCIÓN Y HABILITACIÓN DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA, EN LA UNIVERSIDAD INTERCULTURAL INDÍGENA DE MICHOACÁN, SEDE COMUNIDAD DE PICHATARO DEL MUNICIPIO DE TINGAMBATO, MICHOACÁN.					
		SUBDIRECCION DE INFRAESTRUCTURA Y EQUIPAMIENTO					
CLAVE	DESCRIPCION DEL CONCEPTO	U	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO CON LETRA	P.U.	IMPORTE EN \$	
	ELABORACIÓN DEL PROYECTO Y EXPEDIENTE TÉCNICO					\$ 10,998.75	
PRY-001	TRABAJO DE TOPOGRAFIA, DESLINDE DEL PREDIO, TRABAJO DE PLANIMETRIA Y ALTIMETRIA, UNA CUADRILLA DE UN TECNICO TITULA Y TRES AUXILIARES	HAS.	0.25	TRES MIL NOVECIENTOS NOVENTA Y CINCO PESOS 00/100 M.N.	\$3,995.00	\$998.75	
PRY-002	ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS	ESTUDIO	1	DIEZ MIL PESOS 00/100 M.N.	\$10,000.0	\$10,000.00	
	TRABAJOS PRELIMINARES Y DE EXCAVACION					\$289,026.00	
TRP-002	DESPALME (AREA DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO) DE 25 CM. DE ESPESOR Y ACARREOS DENTRO Y FUERA DE LA OBRA.	M2	600	CINCUENTA Y OCHO PESOS 71/100 M.N.	\$58.71	\$35,226.00	
TRP-003	EXCAVACIÓN EN TERRENO TIPO "B" CON MAQUINARIA EN MATERIAL (TEPETATE DURO, BOLEO CONSOLIDADO CON MATERIAL AGLUTINANTE Y ROCA) DE 0.00 A 2.00 M PROFUNDIDAD EN SECCIÓN OBLIGADA, INCLUYE: AFINE DE TALUD Y ACARREO DENTRO Y FUERA DE OBRA DE MATERIA NO UTILIZABLE.	M3	1800	NOVENTA Y CINCO PEOS 50/100 M.N.	\$95.50	\$171,900.00	
TRP-004	MOVIMIENTOS DE TIERRAS EN TERRENO TIPO "B" CON RETROEXCAVADORA CATERPILLAR 416 E O SIMILAR PARA DESPLANTAR TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE CONCRETO ARMADO, INCLUYE: TRASLADOS DE LA MAQUINARIA, EXCAVACIONES,	M3	1800	CUARENTA CINCO PESOS 50/100 M.N.	\$45.50	\$81,900.00	

	CORTES O AFINES DE TALUD, CONFORMACIÓN DE BASES, CARGAS A CAMIÓN VOLTEO, DESPLAZAMIENTOS Y ACARREOS DE MATERIAL CON EL EQUIPO, AFINES O CUALQUIER OTRO TRABAJO DENTRO DE LA MISMA OBRA ADECUADO CON EL EQUIPO PARA LA REALIZACIÓN DE LOS TRABAJOS.					
	ELEMENTOS DE CIMENTACIÓN					\$79,917.66
TECM-001	RELLENO Y COMPACTACIÓN SUBASE DE MATERIAL INERTE (GRAVA-ARENA) COMPACTADO EN CAPAS DE 20 CM. CON BAILARINA AL 90% PROCTOR ADICIONANDO AGUA, INCLUYE: SUMINISTRO, ACARREO DENTRO DE LA OBRA, MEDIR COMPACTADO, VOLTEO CON PALA, MANO DE OBRA, EQUIPO Y HERRAMIENTA.	M3	220	TRESCIENTOS SESENTA Y TRES PESOS 26/100 M.N.	\$363.26	\$79,917.66
	POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD					\$230,945.55
TREC-001	IMPERMEABILIZACIÓN EN VERTEDEROS MEDIANTE EL SUMINISTRO A PIE DE OBRA E INSTALACIÓN DE GEOMEMBRANA LISA EN POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD DE 2 MM DE ESPESOR, COLOR NEGRO Y DENSIDAD MÍNIMA DE 0,948+/-0,004 GR/CM3, SEGÚN NORMA UNE53020 Y ASTM D792. SE INCLUYE EJECUCIÓN DE SOLAPES ENTRE ROLLOS, FIJACIONES Y DEMÁS ELEMENTOS O MATERIALES NECESARIOS PARA SU CORRECTA PUESTA EN OBRA. TOTALMENTE INSTALADO.	ML	875	DOSCIENTOS DIECIOCHO PESOS 00/100 M.N.	\$218.00	\$190,750.00
TREC-005	BANQUETA DE CONCRETO F'c = 150 KG/CM2 DE 1 M DE ANCHO, Y 8 CM DE ESPESOR, CON ARAMDO DE MALLA ELECTROSOLDADA, TAMAÑO MÁXIMO DE AGREGADO 3/4", HECHO EN OBRA ACABADO APARENTE SOLO CARA EXTERIOR CIMBRA Y DESCIMBRADO, INCLUYE: SUMINISTRO DE MATERIALES, MANO DE OBRA, HERRAMIENTA Y EQUIPO.	ML	100	TRESCIENTOS SETENTA Y NUEVE PESOS 50/100	\$379.50	\$37,950.00
TREC-006	CASETA DE 0.60 x 0.60 x 0.80 M. PARA MOTOBOMBA, INCLUYE: FORJADO DE VENTILACIÓN, HERRAJES Y TODO LO NECESARIO PARA SU BUEN FUNCIONAMIENTO.	PIEZA	1	DOS MIL DOSCIENTOS CUARENTA Y CINCO PESOS 55/100 M.N.	\$2,245.55	\$2,245.55
	SISTEMA DE CAPATCION Y CONDUCCION					\$251,975.39
TSC-001	CANAleta AQUAPLUV BLANCO DE 3M, (SKU: 111027-6), DIAMETRO 4", INCLUYE COLOCACION, HERRAMIENTA, ANDAMIOS Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA COLOCACION.	TRAMOS	60	CUATROCIENTOS CINCUENTA Y NUEVE PESOS 60/100 M.N.	\$259.94	\$221,208.94
TSC-002	EMBUDO AQUAPLUV BLANCO (SKU: 111030-6), DIAMETRO 4", INCLUYE COLOCACION, HERRAMIENTA, ANDAMIOS Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA COLOCACION.	PZAS	10	CIENTO OCHENTA Y TRES PESOS 90/100 M.N.		\$97,550.60
TSC-003	UNION CANAleta AQUAPLUV BLANCO (SKU: 111034-9), DIAMETRO 4", INCLUYE COLOCACION, HERRAMIENTA,	PZAS	60	CIENTO SESENTA NUEVE PESOS 90/100 M.N.	\$459.60	\$27,576.00

	ANDAMIOS Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA COLOCACION.					
TSC-004	CODO 90 AQUAPLUV BLANCO (SKU: 111038-1), DIAMETRO 4", INCLUYE COLOCACION, HERRAMIENTA, ANDAMIOS Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA COLOCACION.	PZAS.	30	CIENTO CINCUENTA Y SIETE PESOS 90/100 M.N.	\$183.90	\$1,839.00
TSC-005	TRAMPA DE HOJAS AQUAPLUV 88(SKU: 111040-3), DIAMETRO 4", INCLUYE COLOCACION, HERRAMIENTA, ANDAMIOS Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA COLOCACION.	PZAS	10	CIENTO VEINTIOCHO PESOS 50/100 M.N.	\$169.90	\$10,194.00
TSC-006	TAPA IZQUIERDA AQUAPLUV BLANCO (SKU: 111033-0), DIAMETRO 4", INCLUYE COLOCACION, HERRAMIENTA, ANDAMIOS Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA COLOCACION.	PZAS	2	CIENTO VEINTIDOS PESOS 90/100 M.N.	\$157.90	\$4,737.00
TSC-007	TAPA DERECHA AQUAPLUV BLANCO (SKU: 111032-2), DIAMETRO 4", INCLUYE COLOCACION, HERRAMIENTA, ANDAMIOS Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA COLOCACION.	PZAS	2	CIENTO VEINTIDOS PESOS 90/100 M.N.	\$128.50	\$1,285.00
TSC-008	ABRAZADERA PARA TUBO AQUAPLUV BLANCO (SKU: 111031-4), DIAMETRO 4", INCLUYE COLOCACION, HERRAMIENTA, ANDAMIOS Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA COLOCACION.	PZAS	30	CIENTO DIESCISIETE PESOS 60/100 M.N.	\$122.90	\$245.80
TSC-009	SOPORTE METALICO CURVO DE 125 MM (SKU: 111043-8), DIAMETRO 4", INCLUYE COLOCACION, HERRAMIENTA, ANDAMIOS Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA COLOCACION.	PZAS	80	DOSCIENTOS TREINTA Y NUEVE PESOS 00/100 M.N.	\$122.90	\$245.80
TSC-010	BAJADA DE AGUA PLUVIAL CON TUBO BLANCO (SKU: 111028-4) REFORZADO DE PVC LISO DE 100 MM. DE DIÁMETRO, PARA 6 MTS DE ALTURA. DE ALTURA Y UN DESARROLLO DE 8 MTS., INCLUYE: CONEXIÓN A REGISTRO, FIJACIÓN CON ABRAZADERAS (SKU: 111031-4), CODOS Y COPLES DE PVC, TAQUETES, PIJAS, SELLADOR DE POLIURETANO A LA CANALETA, MANO DE OBRA Y HERRAMIENTA.	PZAS.	8	OCHOCIENTOS SESENTA Y CINCO PESOS 50/100 M.N.	\$117.60	\$3,528.00
TSC-011	REGISTRO Y SEDIMENTADOR DE TABIQUE ROJO RECOCIDO DE 1 M* 1M * 1.2 M., APLANADO CON CEMENTO Y ARENA (PROPORCIONAMINETO1:3), AFINADO Y QUEDADO CON CEMENTO, CON DOBLE MARCO DE PTR DE 1 1/4" * 1/4" DE ESPESOR, Y SISTEMA DE FILTRADO CAPAS DE 20 CM CON GRAVA DE 1 1/2", 20 CM DE GRAVA DE 1/2", 15 CM DE ARENA.	PZAS	8	DOS MIL SETECIENTOS TREINTA Y DOS PESOS 00/100 M.N.	\$239.00	\$19,120.00
	ELABORACIÓN DEL PROYECTO Y EXPEDIENTE TÉCNICO				SUBTOT AL	\$10,998.75
	TRABAJOS PRELIMINARES Y DE EXCAVACIÓN				SUBTOT AL	\$289,026.00
	ELEMENTOS DE CIMENTACIÓN				SUBTOT AL	\$79,917.66
	POLIETILENO DE ALTA DENCIDAD				SUBTOT AL	\$230,945.55

	SISTEMA DE CAPATCION Y CONDUCCION				SUBTOT AL	\$97,550.60
			PRECIO SIN IVA		\$708,438.73	
			PRECIO CON IVA		\$821,788.73	
OCHOCIENTOS VEINTE Y UN MIL SETECIENTOS OCHENTA Y OCHO PESOS 73/100 M.N.						

Esta alternativa de cisterna para la implementación del SCAPT, resulta ser más económica que el de concreto armado, aunque no se contempló una cubierta que evite la contaminación de agua captada.

CAPITULO III

ANÁLISIS DE COSTO BENEFICIO.

En este análisis es necesario conocer y definir los conceptos que vamos emplear y de esta manera facilitar más su desarrollo, como:

Costo: es el recurso que se sacrifica o se pierde para lograr un objeto específico. Por lo general se mide por el importe monetario que se debe pagar para adquirir bienes y servicios (Horngren, 2002).

Para la toma de decisiones, los gerentes (pueden ser autoridades universitarias o funcionarios públicos involucrados en el tema) desean conocer cuánto cuesta algo en particular (un producto, un servicio, o un proceso). A este “algo” lo denominamos objeto del costo, que es cualquier cosa de la que se desee una medición por separado de los costos.

Un *análisis de costo beneficio* es un estudio del retorno, no sólo financiero de nuestras inversiones, sino también de aspectos sociales y medioambientales de lo que el proyecto tiene alguna o toda influencia.

La relación costo-beneficio (B/C), conocida también como índice neto de rentabilidad, es un cociente que se obtiene al dividir el Valor Actual de los Ingresos totales netos o beneficios netos (VAI) entre el Valor Actual de los Costos de inversión o costos totales (VAC) de un proyecto.

$$B/C = VAI / VAC$$

Según el análisis de costo-beneficio, un proyecto será rentable cuando la relación costo-beneficio es mayor que la unidad.

3.1 Análisis de costo y el impacto económico

Para la implementación de esta propuesta (Sistema de Captación de Agua Pluvial en Techos, SCAPT) en la UIIM se requiere de inversión como toda obra civil, la necesaria para resolver el problema que atraviesa esta Institución de Educación Superior, que es la escasez de los recursos hídricos para su funcionamiento y cumplir las funciones elementales por las que fue creada.

Para nuevamente citamos los costos que genera en la actualidad por el suministro por medios móviles (pipas), considerando los volúmenes que recomienda y establece la CNA, para una población de 600 personas (estudiantes y empleados).

Tabla 3.1 Volúmenes (dotación recomendado y establecido por la CNA) y costos estimados que generarían abriendo y funcionando otras áreas académicas como los laboratorios.

VOLUMEN Y COSTOS DE CONSUMO DIARIO: CASO 15 M3												
PERÍODO DE CONSUMO	DÍA			SEMANA			MES			PERÍODO DE ESTIAJE.		
	22 DÍAS HÁBILES			(15 DE OCTUBRE AL 15 DE JUNIO). 130 DÍAS								
Unidades	m3	\$ M3	\$ M3	m3	\$ M3	\$ M3	m3	\$ M3	\$ M3	m3	\$ M3	\$ M3
VOLUMEN DE CONSUMO	17.5	100	\$2,030.00	87.5	100	\$10,150.00	385	100	\$44,660.00	2275	100	\$263,900.00
			COSTO CON IVA			COSTO CON IVA			COSTO CON IVA			COSTO CON IVA

Fuente: Elaboración propia a partir de documentación oficial de la UIIM

El gasto por el suministro por este medio móvil anual es de **\$263,900.00** (doscientos sesenta y tres mil novecientos pesos 00/100 M.M), actualmente y por otra parte la inversión que se requiere para la implementación del SCAPT es de **\$3, 056,436.78** (Tres Millones Cincuenta y Seis Mil Cuatrocientos Treinta y Seis Pesos 78/100 M.N.), este presupuesto lo consideramos como el más elevado debido al tipo de material propuesto como cisterna¹³. Esto nos llevar hacer el siguiente análisis y podemos determinar el periodo de recuperación de la inversión con los costos de suministro de agua por los medios actuales.

¹³ Depósito de almacenamiento generalmente subterráneo, para recoger y conservar agua.

Tabla 3.2 *Calculo del flujo efectivo, a partir de de la inversión inicial, los ingresos y los gastos y costos anual para un periodo de 40 años,*

PERIODO INICIAL O PERIODO 0	INV. INICIAL	INGRESOS	GASTOS Y COSTOS	FLUJO EFECTIVO
0.00	3,050,436.78		50,000.00	-3,100,436.78
1.00		263,900.00	50,000.00	213,900.00
2.00		263,900.00	50,000.00	213,900.00
3.00		263,900.00	50,000.00	213,900.00
4.00		263,900.00	50,000.00	213,900.00
5.00		263,900.00	50,000.00	213,900.00
6.00		263,900.00	50,000.00	213,900.00
7.00		263,900.00	50,000.00	213,900.00
8.00		263,900.00	50,000.00	213,900.00
9.00		263,900.00	50,000.00	213,900.00
10.00		263,900.00	50,000.00	213,900.00
11.00		263,900.00	50,000.00	213,900.00
12.00		263,900.00	50,000.00	213,900.00
13.00		263,900.00	50,000.00	213,900.00
14.00		263,900.00	50,000.00	213,900.00
15.00		263,900.00	50,000.00	213,900.00
16.00		263,900.00	50,000.00	213,900.00
17.00		263,900.00	50,000.00	213,900.00
18.00		263,900.00	50,000.00	213,900.00
19.00		263,900.00	50,000.00	213,900.00
20.00		263,900.00	50,000.00	213,900.00
21.00		263,900.00	50,000.00	213,900.00
22.00		263,900.00	50,000.00	213,900.00
23.00		263,900.00	50,000.00	213,900.00
24.00		263,900.00	50,000.00	213,900.00
25.00		263,900.00	50,000.00	213,900.00
26.00		263,900.00	50,000.00	213,900.00
27.00		263,900.00	50,000.00	213,900.00
28.00		263,900.00	50,000.00	213,900.00
29.00		263,900.00	50,000.00	213,900.00
30.00		263,900.00	50,000.00	213,900.00
31.00		263,900.00	50,000.00	213,900.00
32.00		263,900.00	50,000.00	213,900.00
33.00		263,900.00	50,000.00	213,900.00
34.00		263,900.00	50,000.00	213,900.00
35.00		263,900.00	50,000.00	213,900.00
36.00		263,900.00	50,000.00	213,900.00
37.00		263,900.00	50,000.00	213,900.00
38.00		263,900.00	50,000.00	213,900.00
39.00		263,900.00	50,000.00	213,900.00
40.00		263,900.00	50,000.00	213,900.00

Tabla 3.3 Análisis de costo beneficio, donde también se calcula el TIR, VAN y la relación B/C. En diferentes periodos.

PERIODO	5 años	10 años	15 años	20 años	25 años	30 años	35 años	40 años
TIR	-27.47%	-6.24%	0.43%	3.28%	4.72%	5.52%	6.00%	6.30%
VAN AL 1%			-134,702.05	759,507.00	1,610,316.22	2,419,832.01	3,190,058.50	3,922,902.58
BENEFICIO			2,965,734.73	3,859,943.78	4,710,753.00	5,520,268.79	6,290,495.28	7,023,339.36
COSTOS			3,100,436.78	3,100,436.78	3,100,436.78	3,100,436.78	3,100,436.78	3,100,436.78
R=B/C			0.96	1.24	1.52	1.78	2.03	2.27

De acuerdo a los indicadores obtenidos con un horizonte de trabajo de 40 años, nos damos cuenta que a partir en una periodo de 20 años la relación B/C es mayor que 1, por lo que nos indica el proyecto es viable, Se puede observar también que el VAN es mayor que cero también en 20 años, lo que significa que además de recuperar la inversión inicial, las utilidades y las ganancias se tiene una ganancia extra al final del horizonte. Se tiene un TIR mayor que la tasa de evaluación, lo que también indica una viabilidad del proyecto.

La relación Beneficio-Costo es mayor que 1, en este caso es **1.24**, lo que significa por cada peso invertido además se obtendrá una ganancia de **24** centavos, a partir de 20 años.

El proyecto SCAPT esta diseñado para una vida útil de 40 años, la relación de Costo/Beneficio, es de **2.27**, lo que indica que por cada peso invertido además se genera una utilidad de **1.27** pesos, la TIR es de **6.30 %**, mayor que la tasa de evolución.

Por otra parte enumeramos las ventajas con características, materiales y dimensiones propuestos, para una cisterna de concreto hidráulico.

- ✓ Es resistente por que el concreto es armado con criterios estructurales de ingeniería.
- ✓ Tienen una vida útil por lo menos 40 años.
- ✓ Se puede darle mantenimiento fácil como lavado y pintado. Además como está cubierto (hermética) no es posible que el agua se contamine.

- ✓ En la cubierta se proyecta una losa de concreto armado, lo que permite sea aprovechado para otros usos como: las canchas deportivas de Fútbol rápido, basquetbol, tenis o volibol.
- ✓ También se le puede dar otro tipo de uso como: patio de exposición de prototipos, patio cívico, por mencionar algunos.

Es importante también señalar los recursos que se erogaron son presupuestos que se erogaron del gasto corriente de la Universidad, se vuelve como una utilidad o ahorro, misma que se puede utilizar para otro fin.

En segundo análisis es a partir de una propuesta donde el sistema de almacenamiento de material de PVC, polietileno de alta densidad o polipropileno de alta densidad, conocidos comercialmente como geomembrana, misma que se cotizó por la cantidad de **\$821,788.73 (Ochocientos veinte y uno mil setecientos ochenta y ocho 73/100 M.N)**, para capacidad de almacenamiento de 2000 m³.

Tabla 3.4 Calculo del flujo efectivo, a partir de de la inversión inicial, los ingresos y los gastos y costos anual para un periodo de 25 años, Para la segunda propuesta (tanque de polietileno PVC).

PERIODO INICIAL O PERIODO 0	INV. INICIAL	INGRESOS	GASTOS Y COSTOS	FLUJO EFECTIVO
0.00	821,788.73		30,000.00	-851,788.73
1.00		263,900.00	30,000.00	233,900.00
2.00		263,900.00	30,000.00	233,900.00
3.00		263,900.00	30,000.00	233,900.00
4.00		263,900.00	30,000.00	233,900.00
5.00		263,900.00	30,000.00	233,900.00
6.00		263,900.00	30,000.00	233,900.00
7.00		263,900.00	30,000.00	233,900.00
8.00		263,900.00	30,000.00	233,900.00
9.00		263,900.00	30,000.00	233,900.00
10.00		263,900.00	30,000.00	233,900.00
11.00		263,900.00	30,000.00	233,900.00
12.00		263,900.00	30,000.00	233,900.00
13.00		263,900.00	30,000.00	233,900.00
14.00		263,900.00	30,000.00	233,900.00
15.00		263,900.00	30,000.00	233,900.00
16.00		263,900.00	30,000.00	233,900.00
17.00		263,900.00	30,000.00	233,900.00
18.00		263,900.00	30,000.00	233,900.00
19.00		263,900.00	30,000.00	233,900.00
20.00		263,900.00	30,000.00	233,900.00
21.00		263,900.00	30,000.00	233,900.00
22.00		263,900.00	30,000.00	233,900.00
23.00		263,900.00	30,000.00	233,900.00
24.00		263,900.00	30,000.00	233,900.00
25.00		263,900.00	30,000.00	233,900.00

Tabla 3.5 Análisis de costo beneficio, donde también se calcula el TIR, VAN y la relación B/C. En diferentes periodos. Calculo a partir de una segunda propuesta (tanque de polietileno PVC).

PERIODO	5 años	10 años	15 años	20 años	25 años
TIR	11.59%	24.35%	26.67%	27.24%	27.40%
VAN AL 1%	283,428.84	1,363,549.40	2,391,247.05	3,369,066.11	4,299,427.39
INGRESO O BENEFICIO	1,135,217.57	2,215,338.13	3,243,035.78	4,220,854.84	5,151,216.12
COSTOS	851,788.73	851,788.73	851,788.73	851,788.73	851,788.73
R=B/C	1.33	2.60	3.81	4.96	6.05

De acuerdo a los indicadores obtenidos con un horizonte de trabajo de 5 años el proyecto es viable, Se puede observar que el VAN es mayor que cero, lo que significa que además de recuperar la inversión inicial, las utilidades y las ganancias se tiene una ganancia extra al final del horizonte. Se tiene un TIR mayor que la tasa de evaluación, lo que también indica una viabilidad del proyecto.

Por otra parte la relación Beneficio-Costo es mayor que 1, en este caso es **1.33**, lo que significa por cada peso invertido además se obtendrá una ganancia de **0.33** centavos en un periodo de 5 años.

Relativamente la inversión inicial en la implementación para una cisterna con geomembrana de polietileno PVC de alta densidad, a partir de una periodo relativamente corto todas las variables como la VAN, TIR, la relación B/C, resulta ser viable y con beneficios económicos como resultado del proyecto.

Es importante señalar la vida útil de un tanque de PVC de polietileno de alta densidad, así como las ventajas y desventajas que presentan en su implementación.

Impacto económico

El agua de lluvia presenta una serie de características ventajosas.

- ✓ Ahorro económico.
- I. El agua de lluvia es un recurso gratuito e independiente totalmente de los sistemas suministradores habituales, además por las condiciones geográficas de la ubicación de la institución (alta precipitación), es un factor favorable para su implementación.
- II. Usar agua de lluvia supone una reducción substancial de la factura de agua en la tarificación, ahorrar el agua potable, no pagamos tarifas elevadas, en el suministro actual del agua para institución de dejaría de adquirir por medios físicos (en pipas).

- III. El precio del agua se multiplicara en pocos años, o por lo menos sufre un incremento porcentual anual, generando mayores erogaciones para la institución.
- IV. El costo inicial para la implementación del SCAPT seria alto o medio, va depender de las características de los materiales y dimensiones del proyecto, pero en un periodo corto se recupera la inversión, además es una infraestructura bastante sencilla para su captación, alimentación y distribución.

3.2 Impacto Ambiental.

Es necesario e importante de señalar una serie de beneficios ambientales que trae consigo la implementación del SCAPT, además del económico que se mencionaron. En cada obra civil, es importante mencionar los efectos positivos y negativos deseados, directos e indirectos, primarios y secundarios que producen una intervención o implementación.

Normalmente, se entiende que los impactos ocurren después, y como consecuencia, de resultados inmediatos. “las evaluaciones de impacto miden el cambio en un resultado de desarrollo que se puede atribuir a una intervención definida” las evaluaciones de impacto se basan en modelos de causa y efecto y requieren un contrafactual creíble y definido rigurosamente para controlar factores distintos a la intervención que podría explicar el cambio observado”.

La evaluación de impacto no es, por supuesto, el único tipo de evaluación que respalda el desarrollo eficaz. Es importante asegurarse de que las inversiones en la evaluación de impacto (en términos de tiempo y dinero), que también precisan para informar las decisiones acerca de la práctica y la política (Rogers, 2012).

A continuación enumeramos una serie de beneficios e impacto Ambiental que trae consigo la implementación del SCAPT en la Universidad Intercultural.

✓ Protección al medio ambiente.

- I. Importante ahorro energético en potabilización, desalinización o transporte de agua que acabamos tirando al WC o en jardines.
- II. Alargamos las reservas de agua potable disponibles al ahorrar en el consumo, como los mantos acuíferos además ríos, lagos, y humedales.
- III. Extraemos menos agua de nuestros ya desgastados recursos hídricos.
- IV. Se evitan inundaciones así como el daño que ocasiona a la infraestructura (edificio en la cimentación y muros).
- V. Menor grado de contaminación del agua que se extrae en los mantos acuíferos de la zona.
- VI. Fomenta en una cultura de conservación y uso óptimo del agua.

✓ Calidad.

- I. Por una parte es un agua extremadamente limpia en comparación con las otras fuentes de agua dulce disponibles.
- II. El agua se mantiene en óptima calidad para su uso.
- III. El agua de lluvia es mucho mejor para riego que el agua clorada de la red.
- IV. Las propiedades y características son óptimas para el uso requerido en la institución (servicios generales, sanitarios, laboratorios).

CONCLUSIONES.

La implementación del Sistema de Captación de Agua de Pluvial en Techados SCAPT, traen consigo beneficios muy grandes para una población, en este caso seria para la Universidad Intercultural, que es factible técnicamente por su fácil implementación, ambientalmente es amigable con la naturaleza, aunque existe una inversión grande inicial en una periodo corto se amortiza, generando beneficios económicamente.

Esta implementación del SCAPT, viene dar una respuesta como política pública sustentable a la añeja demanda de infraestructura de dotación de agua para institución de manera segura y permanente y que además dejara de adquirir y suministrar por los medios que hace actualmente, por consecuencia deja de erogar recursos económicos mismos que son limitados.

La precipitación, el área de captación y almacenamiento del sistema, son factores favorables para un almacenamiento en volumen de agua proyectado que cumpla la demanda en el periodo de estiaje, es decir en la zona la precipitación es muy alta 1200 a 1500 mm en un m², y la cisterna que tendrá la función de almacenar el agua cosechada por 1800 a 2000 m³ para cubrir necesidades en periodo de estiaje.

La implementación de los SCAPT se ha convertido ya una necesidad y deberá de ser considerado en cualquier edificio de educativo así como en todos los niveles, como un sistema de alternativo de abastecimiento de agua potable por todos los beneficios que trae consigo.

Por la ubicación geográfica (escasez de agua por la composición del suelo y altura sobre el nivel del mar), y de la institución pensar de dotar y suministro de agua de

manera convencional, no es factible técnicamente, económicamente, por costos de infraestructura, de funcionamiento y de mantenimiento.

La Universidad Intercultural, cumple una demanda social histórica en la región del Estado, por la función de actividad académica-cultural, es decir en la formación de entes capaces de analizar, estudiar, y revalorizar los elementos y rasgos culturales de los pueblos originarios de Michoacán, pero también proponer soluciones a los problemas más sentidos económicos, los socioculturales y ambientales de las comunidades indígenas.

En este caso de estudio del campus Purhepecha en Picharato, es indispensable y urgente de gestionar el abasto y dotación segura y permanente del agua, con la propuesta de implementación del SCAPT que se sustenta en este trabajo y por los beneficios que también se discutieron en esta tesis, puede dar respuesta a esta necesidad.

***“Si el agua nos cae del cielo, por que no aprovecharla para las necesidades de la
Universidad”***

***Dr. Ireneo Rojas Hernández (†),
Ex rector de la UIIM***

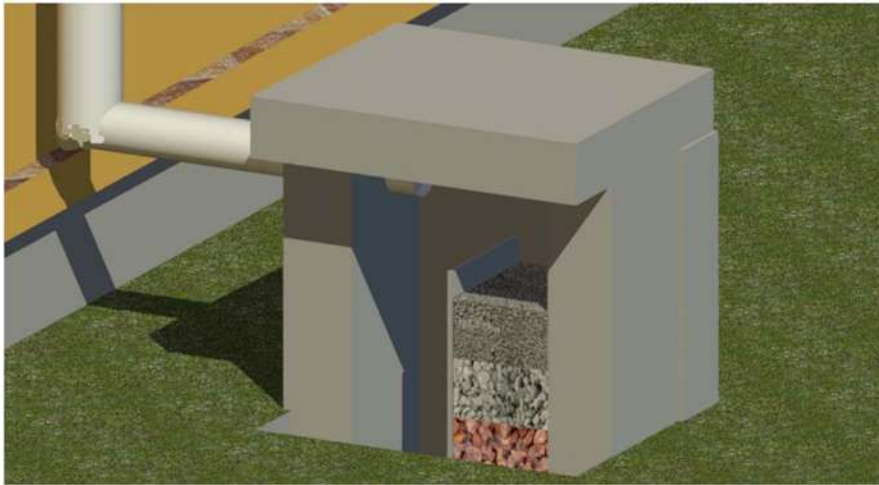
BIBLIOGRAFÍA

- Caballero Aquino T. (2006). *Manual técnico de Captación de agua de lluvia y almacenamiento en tanques de ferrocemento*. (PRIMERA ed., Vol. I). México, México: IPN.
- Chavarrías M. (2006). Los retos del acceso al agua potable.ç. *Foro Mundial del Agua*. Distrito Federal.
- Colegio de Michoacán, S. d. *Agua, Medio Ambiente y Desarrollo en el Siglo XXI* (Primera ed., Vol. 1). (Ávila García P., Ed.) Zamora, Michoacán, México: Colmich.
- Cruz, B. F. (2011). *Gestión y Política Pública* (Primera ed., Vol. IV). (C. d. Hidalgo, Ed.) Distrito Federal, México: Porrúa.
- Ávila García P. (1996). *Escasez de Agua en una Región Indígena: El caso de la Meseta Purépecha* (Primera ed.). (C. d. Michoacán, Ed.) Zamora, Estado, México.
- Anaya Garduño, M. (2004). *Presentación del CIDECALLI*. Foro mundial del Agua. MEXICO: COLPOS.
- Anaya Garduño, M. (2005). Sistema de Captación y aprovechamiento del Agua de Lluvia. *Conferencia Internacional del Agua Tabasco México 2005.*, (págs. 16-16). México.
- Anaya Garduño, M. (2007). Sistemas de Captacion y Aprovechamiento del Agua de Lluvia para consumo humano. *Diplomado Internacional*. Texcoco, Mexico.
- Anaya Garduño, M. (2007). Sistemas de Captación y Aprovechamiento del Agua de Lluvia para consumo humano. *Diplomado de Internacional*. Texcoco, México.
- Anaya, G. M. (2003). *Editores de la Memoria electronica de la XI th Internacional Conference on Rainwater Catchment Systems*. México.
- Anaya, G. M. *Sistema de Captación y parovechamiento del agua de lluvia para consumo humano y animal, producción en traspatio, ambientes controlados, agricultura de temporal y recarga de acuíferos*. CIDECALLI. Texcoco: -CP.
- Anaya, G. M. (2011). Sistemas de captación y aprovechamiento del agua de lluvia para consumo humano y animal, producción en traspatio, ambientes controlados, agricultura de temporal y recarga de acuíferos. . En CP (Ed.), *XV Diplomado Internacional* (pág. México). Texcoco: CIDECALLI.
- Andrade P., A., & Navarrete Le Blas, F. (2004). *Lineamientos para la Aplicación del Enfoque Ecosistemico a la Gestión Integral del Recurso Hídrico* (Primera ed., Vol. I). (A. Rodriguez, Ed.) Distrito Federal , México: Leff Zimmerman.
- Balanyá, B. B. *Por un Modelo Publico de Agua, Triunfos, Luchas y Sueños*. (Primera ed., Vol. I). (B. G. Ruiz, Trad.) España: intervención Cultural El Viejo Topo.
- Bellén, J. A. (2006). Historia de los Sistemas de aprovechamiento de agua de Lluvia,. *Seminario Iberoamericano sobre Sistemas de Abastecimiento Urbano de Agua, VI SEREA*. Joao Pessoa, Brasil.

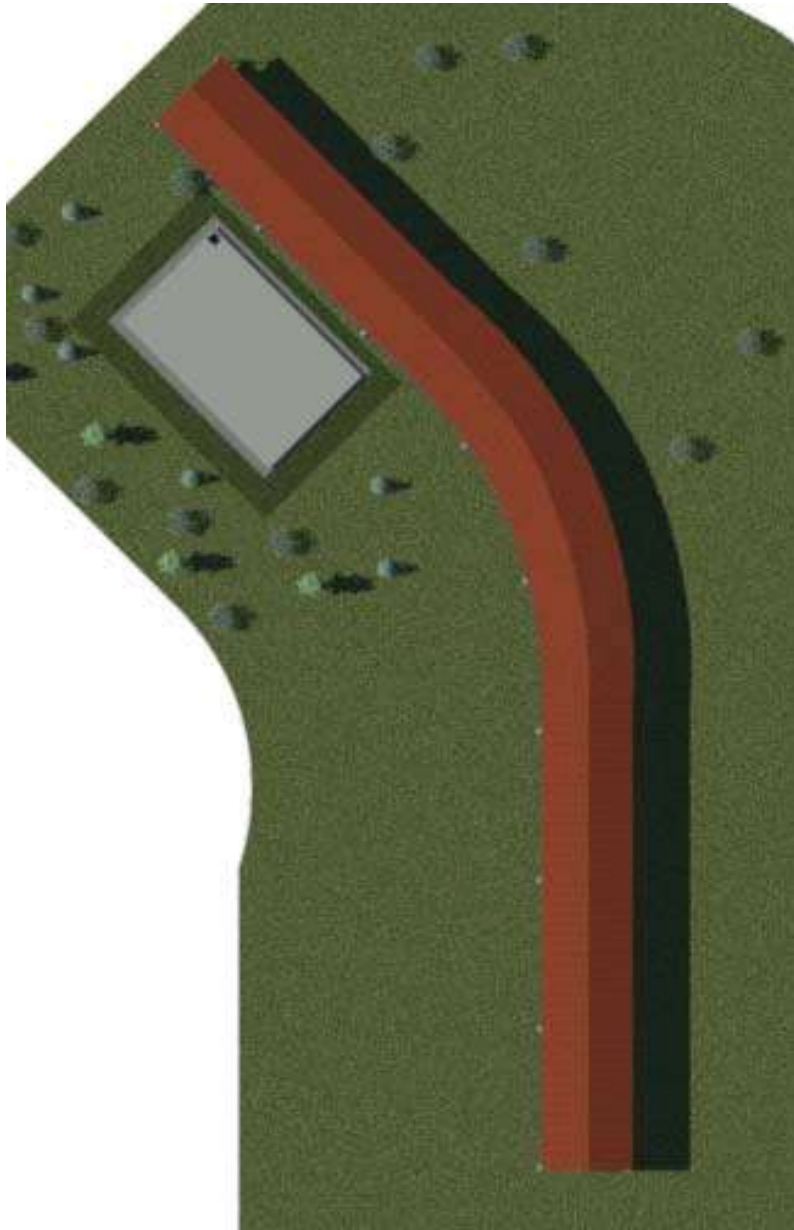
- Bellen, J. A. (2006). Historia de los sistemas de Aprovechamientos del Agua de Lluvia. *Seminario Iberoamericano Sobre Sistemas de abastecimiento Urbano de Agua , VI SEREA (VI)*.
- FAO. (2013). "*Manual de Captación y aprovechamiento del agua de Lluvia Experiencias en América Latina, Serie; Zonas Áridas y Semiáridas*". FAO, Oficina Regional de la FAO para America Latina. Chile: Chile.
- FAO. (2000). *Manual de Captación y Aprovechamiento de Agua, Experiencias en America Latina* (1ª ed., Vol. I). (O. R. Caribe, Ed., & Casilla, Trad.) Santiago, Santiago, Chile: FAO.
- Herrera, M. L. (2010). *Estudio de alternativas, Para el Uso sustentable del Agua de Lluvia* (Vol. 1). Distrito Federal, México: IPN.
- Horngren, F. D. (2002). *Contabilidad de Costos, Un Enfoque Genencial* (Décima ed., Vol. I). (M. d. Anta, Ed.) Ciudad de México, México: Pearson Educación.
- IMTA. (2003). *Rescatando el agua del cielo para el uso doméstico en la tierra. Captacion y tratamiento del agua de lluvia en Morelos*. (1 a ed.). (I. M. Agua, Ed.) Morelos, México.
- INEGI. (2010). *Anuario Estadístico de Michoacán de Ocampo 2010*. Anuario, Gobierno del Estado de Michoacán de Ocampo, Planeación, Aguascalientes.
- Résendiz, H. R. (2012). *Diseño de un Sistema de Captación y Purificacion de Agua de Lluvia Mediante Fotocatálisis Solar*. México, México: UNAM.
- Rogers, P. (2012). Introducción a la Evaluación de Impacto. (U. R. Evaluation, Ed.) *THE ROCKEFELLER FOUNDATION*, 1 (1), 23.
- UNEP. (2000). *Rainwater Harvesting and utilization, international technology centre*. Unite Nations Environment Program;, News letter and Technical Publications.

ANEXOS

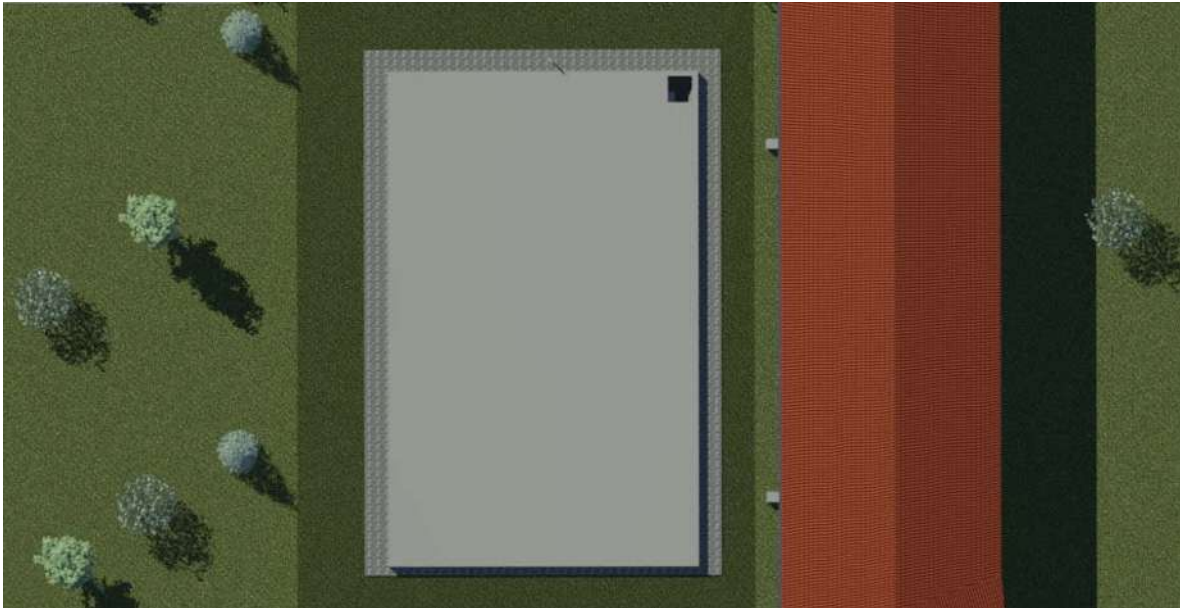
A. Diseño de registro con filtro de material pétreo para la separación de partículas.



B. Planta de cubierta del edificio "B", y del tanque de almacenamiento.



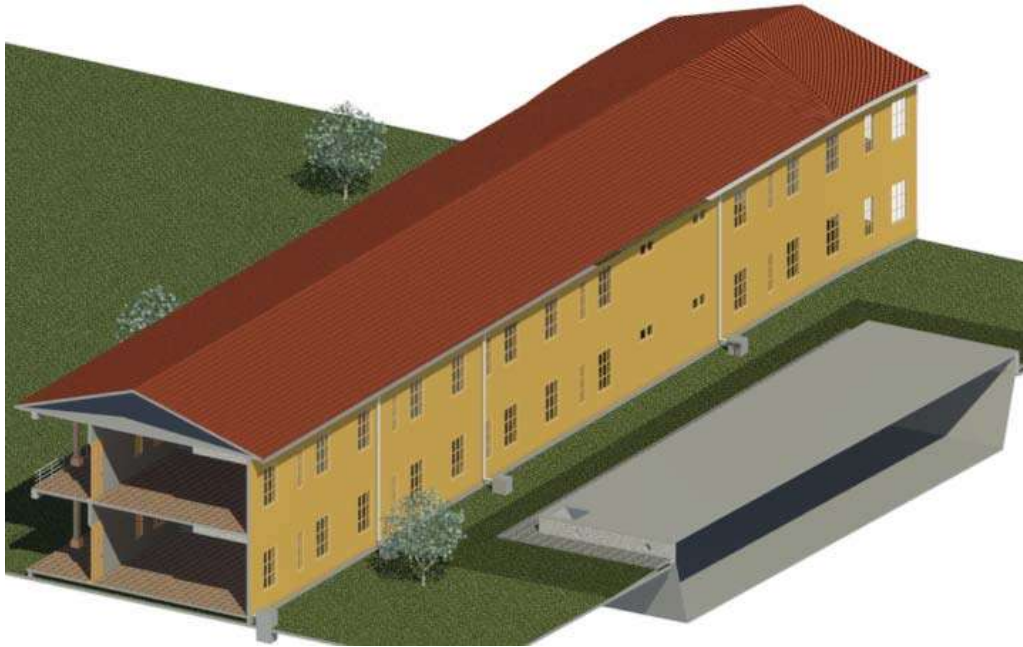
C. Planta del tanque de almacenamiento (cisterna).



D. Perspectiva frontal parcial del SCAPT.



E. Perspectiva del corte longitudinal edificio “A”, y el cisterna de concreto armado del SCAPT.



F. Perspectiva del corte transversal edificio “A”, y el cisterna de concreto armado del SCAPT.



G. Prototipo del SCAPT en la UIIM, proyectado.



H. Vista General de Prototipo del SCAPT en la UIIM..

