

Manejo sustentable del agua, su captación pluvial y filtración a los mantos acuíferos sin contaminantes en unidades académicas del Instituto Politécnico Nacional

Federico Blancas-Vergara ¹, Francisco Garcia-Reyes ² y Jose Reginaldo Lopez-Escobedo ²

¹ Jefe de Recursos Materiales y servicios y Profesor Titular C del Instituto Politecnico Nacional, Mexico

² Docente en el Instituto Politecnico Nacional, Mexico

Desarrollo Sustentable (Bioconstrucción).

Resumen: El Instituto Politécnico Nacional (IPN) es una institución rectora de la enseñanza en México y es imprescindible que valla a acorde con los cambios y las actualizaciones de leyes así como los reglamentos referentes a la sustentabilidad y las tecnologías que se utilizan para que le permitan mejorar el medio ambiente en un corto y mediano plazo. Actualmente no cuenta con datos específicos que permitan tener un parámetro para poder llevar a cabo proyectos donde se aproveche toda la captación del agua pluvial dentro de cada una de las unidades académicas, Lo que brinda la oportunidad para poder hacer una investigación aplicada, mediante un análisis de áreas construidas dentro del Centro de Estudios Científicos y Tecnológicos # 7 del I.P.N. que cuenta con un pozo de absorción, se describen los porcentajes de metros cúbicos que dejan de captarse al subsuelo en un año contrastándolos con los métodos cúbicos que se contaminan directamente al captarse en la red sanitaria de la ciudad. Su impacto recae en los programas de sustentabilidad marcados en los ejes rectores del Instituto. Se propone una mejora permanente por medio de colocación de filtros de concreto armado con doble pared antes de la llegada del agua a los pozos de absorción y recolección de agua pluvial para reusarlas en los servicios de sanitarios y de riego, Con esto se planea que el 5% aproximado del consumo total anual que se suministra por la red de agua potable disminuya y controlar los niveles de contaminación de los mantos acuíferos en el subsuelo de la ciudad de México, y diseñar una cisterna de abastecimiento con aguas recuperadas por lluvia.

Palabras clave: Filtración, sustentabilidad, contaminantes, agua, pluvial, captación, absorción.

Sustainable management of water, its rainfall captation and filtration to aquifer mantles without contaminants in academic units of the National Polytechnic Institute.

Abstract: The National Polytechnic Institute (IPN) is a governing institution of education in Mexico and it is essential that it be in accordance with the changes and updates of laws as well as the regulations regarding sustainability and the technologies that are used to allow it to improve the environment in the short and medium term. Currently it does not have specific data that allow to have a parameter to carry out projects where all the rainwater catchment is used within each of the academic units, which provides the opportunity to carry out applied research, through an analysis of areas built within the Center for Scientific and Technological Studies # 7 of the IPN that has an absorption well, the percentages of cubic meters that cease to be captured from the subsoil in a year are described, contrasting them with the cubic methods that are directly contaminated when they are captured in the city's sanitary network. Its impact falls on the sustainability programs established in the guiding principles of the Institute. A permanent improvement is proposed through the placement of double-wall reinforced concrete filters before the arrival of the water to the absorption wells and rainwater collection to reuse them in the sanitary and irrigation services, with this it is planned that the Approximate 5% of the total annual consumption that is supplied by the drinking water network decrease and control the contamination levels of the aquifers in the subsoil of Mexico City, and design a supply cistern with water recovered by rain.

Keywords: Filtration, sustainability, pollutants, water, rainwater, catchment, absorption.

Introducción

La lluvia, al ser un mecanismo natural de limpieza, se puede emplear en una multitud de aplicaciones diarias que no requieren una calidad de potable y para las cuales el agua de lluvia es una alternativa eficaz y adecuada, pudiendo reducir más del 40% del consumo de agua potable en un hogar. La importancia de captarla, almacenarla, y utilizarla para estos fines es de gran relevancia para la mayoría de las poblaciones, sobre todo aquellas que no tienen acceso a ese vital líquido o se encuentra en escasez.

Como parte de la toma de conciencia ambiental a nivel mundial, se adoptó desde 1997 el protocolo de Kioto, que entró en vigor desde 2005 y promueve la sostenibilidad ambiental (Estupiñán y Zapata 2010). Aquellos países que se han acogido a este instrumento han tenido en cuenta el agua de lluvia para el mejoramiento o la ejecución de sistemas de suministro a nivel público o privado, agrícola, empresarial o colectivo. Por otra parte, la Asociación Internacional de

Sistemas de Captación de Agua de Lluvia (IRCSA) promueve, desde 1982, el uso de los sistemas de captación de agua de lluvia con tecnologías y conferencias (Gnadlinger 2015). Otra experiencia mundial es la “Declaración Conjunta sobre el Aprovechamiento de Agua de Lluvia”, editada el día Mundial del Agua en 2011 por 40 entidades internacionales, en la que se estimula el aprovechamiento de las potencialidades de este recurso (Gnadlinger 2015).

En el mundo Alrededor del 1710 a.n.e. antiguos palacios europeos, como el de Knossos en Creta y el de Alhambra en Granada, contaban con sofisticados sistemas mediante la utilización de los techos y la construcción de cisternas, piscinas y fuentes. Por otra parte, Venecia es una ciudad que por varios siglos ha venido practicando esta forma de abasto y almacenamiento de agua, más de 6 700 cisternas subterráneas filtrantes, llamadas pozos, fueron construidos en la Edad Media. El sistema partía de recolectar la lluvia desde los tejados de las casas y conducirla por canales hacia estos depósitos. En su interior se encontraba un lecho de arena para mantener el agua fresca y pura, que era extraída por un pozo, bordeando la cisterna se hallaba una capa de arcilla, que servía para impedir la intrusión del agua salada (Gnadlinger 2015)

En México, el contar con un eficiente sistema de red para la captación de aguas pluviales es un tema de suma importancia toda vez que en la actualidad son muy pocas las escuelas y edificaciones que cuentan con este sistema.

Esta carencia ocasiona que no sea aprovechado el recurso del agua que de forma natural cae por medio de la lluvia y lejos de aprovecharla y reutilizarla, Se contamina al infiltrarse al subsuelo con todos los elementos nocivos que va arrastrando a su paso y que al pasar por las diferentes capas de suelo no llegan a purificarse en su totalidad resultando la contaminación de los mantos acuíferos superficiales.

En gran parte de la ciudad de México sufren inundaciones colonias completas en diversas alcaldías sobre todo las ubicadas al oriente debido a que los diámetros de las tuberías con que se cuenta ya fueron rebasadas por las grandes cantidades de agua a desalojar y al juntarse las aguas de lluvia con las aguas negras saturan las tuberías y brota el agua por las alcantarillas.

Específicamente en el CECyT 7 “Cuauhtémoc” ubicado en la alcaldía de Iztapalapa no es la excepción, en las temporadas de lluvias se desbordan los colectores con aguas negras quedando todas las áreas con heces fecales a cielo abierto, explanada, pasillos, áreas verdes y sobre todo la red independiente que recolecta el agua de lluvia y la infiltra al pozo de absorción.

Los efectos negativos de este proceso que afectan la sustentabilidad del agua en el plantel son variados entre los que se destacan los siguientes:

- 1) La contaminación del agua de lluvia
- 2) La contaminación de los mantos acuíferos superficiales
- 3) La exposición de heces fecales y otros elementos contaminantes dañinos para la salud durante las inundaciones al interior del plantel vía cutánea, y respiratoria después de llover, cuando se secan y se hacen volátiles afectando a más de 8000 usuarios
- 4) El consumo de agua anual no se reducido significativamente por lo con no hay un ahorro económico.
- 5) El excesivo gasto por concepto de desazolves y limpiezas a todas las redes de aguas negras, entre otros.

Por todo lo anterior se hace necesario rediseñar la infraestructura física de los planteles educativos del Instituto Politécnico Nacional, Considerando una prioridad el cuidado del agua en todas sus modalidades, para lo cual este proyecto en específico se tiene como meta el diseño de una cisterna donde se recolecte agua de lluvia y que se mejoren las condiciones de la misma. Integrando un sistema de purificación que permita reutilizarla para riego y para descargas de los muebles sanitarios (retretes).

La sustentabilidad representa un cambio de paradigma en el manejo y aplicación de los recursos, ahora se busca la rentabilidad como guía de las actividades productivas, sin embargo en la sustentabilidad los proyectos no sólo deben ser rentables sino también ser incluyentes y por lo tanto se requiere repensar toda la actividad económica y tecnológica.

Materiales y Métodos

La metodología empleada es de tipo cualitativo, que nos permitió por medio de una técnica de campo recopilar datos primarios y secundarios para organizar en un procedimiento lógico los resultados, analizar y definir una propuesta de mejora que impactara a 18,000 estudiantes en esta etapa inicial a mediano plazo.

También se utilizó investigación descriptiva donde se realizaron visitas a la unidad en los momentos de precipitación pluvial y se anotaron en los apuntes los principales problemas que ocasionaban según la intensidad y tiempo, extrayendo datos que no podemos controlar como la cantidad de precipitaciones, se realizó la recopilación de información en distintas fuentes de divulgación como son: libros manuales, normas, páginas electrónicas y se tomó una muestra de agua de lluvia antes de entrar al pozo de visita y se analizaron los cuatro principales elementos bajo norma para detectar si realmente se podría reutilizar.

A continuación se detallan los trabajos realizados de manera cronológica para poder llegar a la obtención de los resultados:

- 1) Se realizó un estudio de las áreas totales del Centro De Estudios Científicos Y Tecnológicos No.7 Cuauhtémoc contemplando en donde se puede filtrar el agua de lluvia previamente captada.



Figura 1. Plano de conjunto del centro de estudios unidad Cuauhtémoc

- 2) Se realizó el levantamiento de las áreas permeables que permitían la filtración de agua pluvial al subsuelo y se calculó los metros cuadrados de áreas impermeables para poder obtener la cantidad de agua que recolecta el pozo de absorción obteniendo y registrando los porcentajes, utilizando un método analítico.
- 3) Se consultaron fuentes disponibles de información, se tomaron en cuenta los datos con registros reconocidos a nivel internacional así como la norma oficial mexicana que contempla la captación e infiltración de agua de lluvia previamente captada, la cual es : NOM-015-CONAGUA-2007
- 4) En gabinete se recopiló toda la información obtenida de campo, se analizó, comparó y se contrastó con la información previa que se tenía con los modelos ya existentes.
- 5) Se consideró el diseño actual del pozo de absorción existente en el plantel y la modificación del mismo para hacerlo más eficiente.

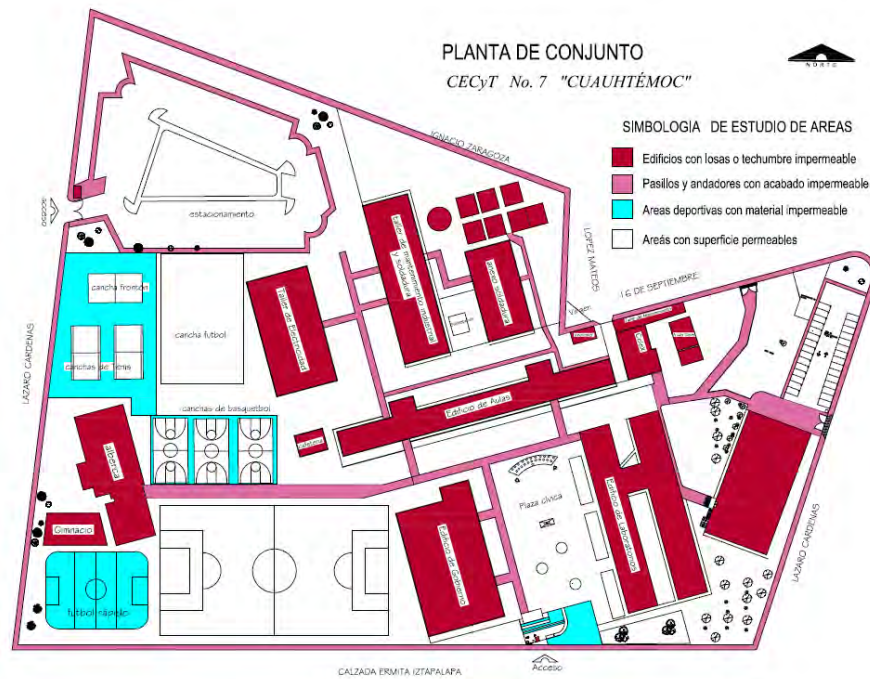


Figura 2. Plano de conjunto donde se indican las áreas permeables

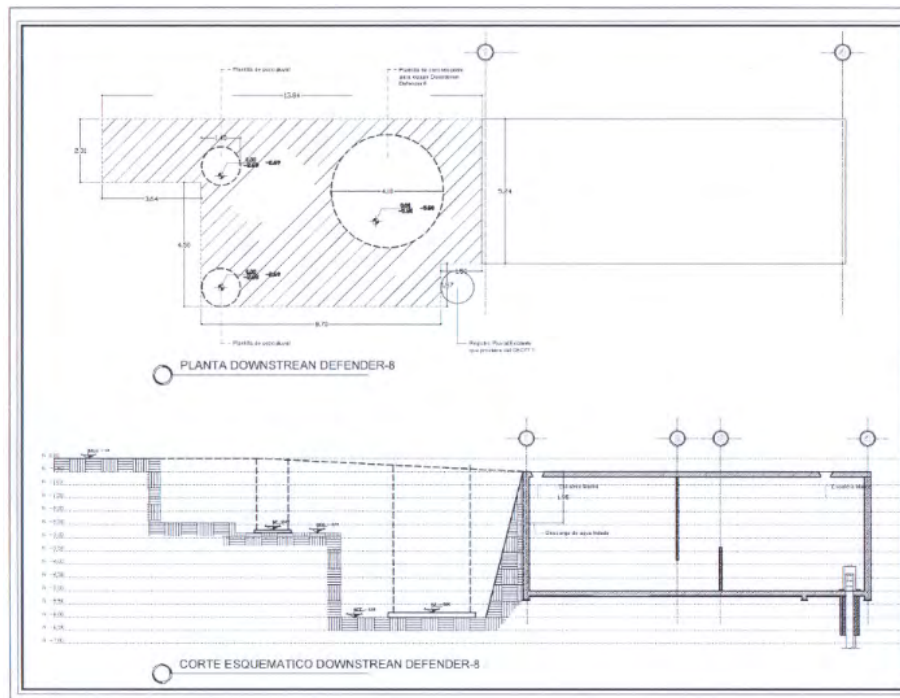


Figura 3. Plano arquitectónico del tanque para filtración de agua.

Resultados y Discusión

Se calculó un área total de 50,655.87 m² de los cuales 20,890.62 m² son de suelo impermeable mientras que 24,692.08 m² son de suelo permeable, además se determinó la trayectoria de tuberías tanto de agua pluvial como de drenaje a través de los planos del tanque para filtración de agua.

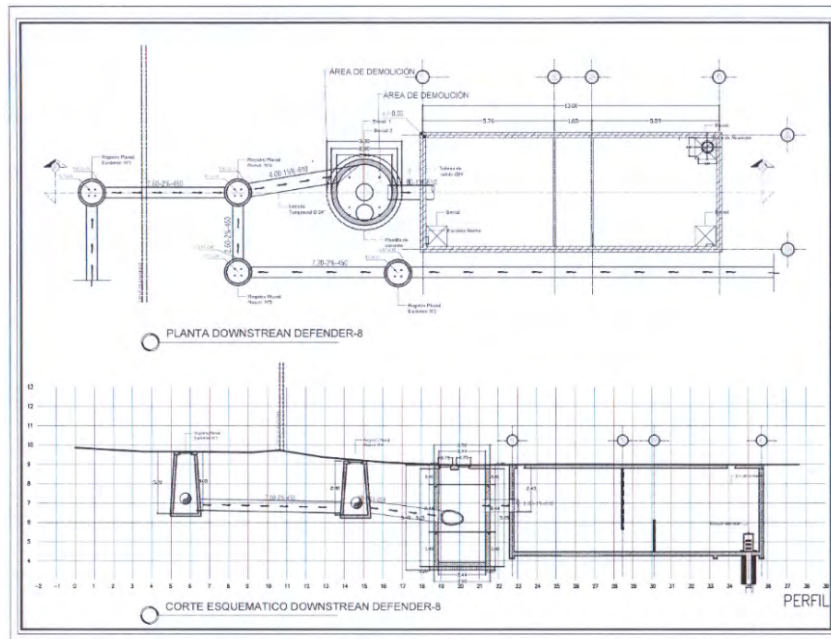


Figura 4. Plano arquitectónico del tanque para filtración de agua

Tabla 1. Niveles máximos permisibles para la captación e infiltración de agua de lluvia.

Contaminante	Unidad de medida	Límite	Metodo de prueba	Métod de muestreo
Grasas y Aceites	mg/L	15	NMX-AA-005-SCFI-2000	
Materia Flotante	Unidad	0	NMX-AA-006-SCFI-2000	
Sólidos Sedimentables	mg/L	2	NMX-AA-004-SCFI-2000	
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	150	NMX-AA-034-SCFI-2001	NMX-AA-003-1980
Nitrógeno Total	mg/L	40	NMX-AA-026-SCFI-2001	
Fósforo Total	mg/L	20	NMX-AA-029-SCFI-2001	
Coliformes Fecales	NMP/100 mL	No detectable	NMX-AA-042-1987	



Figura 5. Precipitación pluvial en (mm). Por mes/año

Se utilizaron datos del Instituto de Ingeniería de la UNAM y su Observatorio Hidrológico, así como también datos del Servicio Meteorológico Nacional, ya que estos fueron fundamentales para el cálculo de la cantidad de agua captada en el Centro De Estudios Científicos y Tecnológicos No.7 Cuauhtémoc. Con los que se obtuvieron las siguientes tablas en donde se muestra la cantidad de lluvia en los últimos 10 años y más específicamente en una estación hidrológica ubicada a las afueras del CECyT 7 para tener datos más exactos.

De dichas tablas se observó que el mes con mayor precipitación fue el mes de Agosto, en la tabla 2 se muestra el promedio mensual en la Ciudad de México mientras que en la tabla 3 se muestra un valor distinto ya que estos datos son únicamente de la zona aledaña al CECyT 7. Después de analizar los porcentajes de lluvia tenemos que 191.29 mm fue el valor más alto de lluvia lo cual es equivalente a 191.29 litros de agua por metro cuadrado.

Tabla 2. Datos de precipitación acumulada mensualmente en los últimos 10 años descargados del Servicio Meteorológico Nacional.

PRECIPITACION MENSUAL CIUDAD DE MEXICO (mm)													
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
2008	0.1	2.9	3.1	39.4	42.6	152.8	164	184.7	113.6	37.7	0	0	740.9
2009	13.2	6.8	8.6	5.9	41.7	86.3	103.6	143	227.8	72.1	0.7	3.4	713.1
2010	25.8	57.3	1.6	14.9	27.3	94.3	203.3	174.4	93.7	3.7	1.4	0.1	697.9
2011	0.1	0.7	8.1	39.8	28	129.8	230.5	158.9	101.9	62	21.9	0.9	782.6
2012	6.9	28.2	26.5	15.1	16.3	96	160.5	108.4	83.4	14.9	12.7	0	568.9
2013	2.2	1.4	2.3	15.6	52.8	107.1	113.8	130.3	169.7	64.3	36.1	2.5	698.1
2014	0.4	1.4	10.9	21.8	60	96.4	99	108.2	98.3	92.6	7.31	19.6	615.7
2015	0.3	2.9	19.5	8.3	69.6	74.1	94.1	79.2	114.3	20.2	5.4	4.1	492
2016	6.7	0.8	27.8	19	51.8	113	131.9	128.4	113.7	14.6	45.5	2.7	655.9
2017	0	0	18.1	12.9	48.9	86.2	101.7	101.3	86.8	31.4	0.6	0	487.9
2018	7.9	7.7	12.2	44.5	59.1	127.4	85.9	198.2	120.7	86.8	31.1	4.8	786.3

Tabla 3. Datos de lluvia obtenidos por Observatorio Hidrológico de la UNAM de una estación cercana al CECyT 7.

PRECIPITACION MENSUAL ESTACION MEYEHUALCO (mm)								
	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
2018	95.97	56.16	191.29	105.49	89.34	19.4	1.35	559

Se determinó el procedimiento por el cual el agua de lluvia se desviara al momento de caer al suelo yendo directamente a la cisterna, realizando una derivación en la tubería.

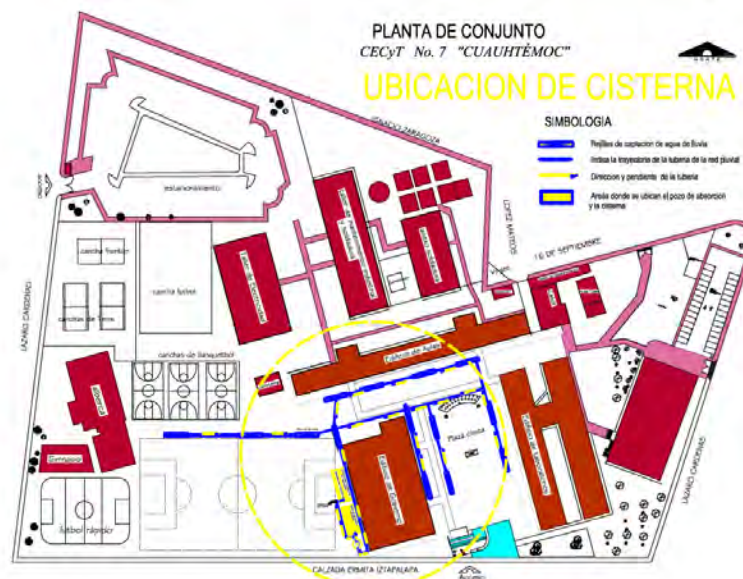


Figura 6. Ubicación de cisterna que albergara 173,000 litros de agua.

Una vez que el agua sigue la trayectoria de tuberías llega a un primer filtro el cual separa los sólidos flotantes que pudiera haber para posteriormente desviarse y llegar a una cisterna la cual tendrá un segundo filtro mediante un método que es principalmente hacer pasar el agua a través de carbón activado, quitando así olor, sólidos pequeños, color y olor, teniendo así una reserva de agua con mejor calidad. Como se muestra en la figura 7.

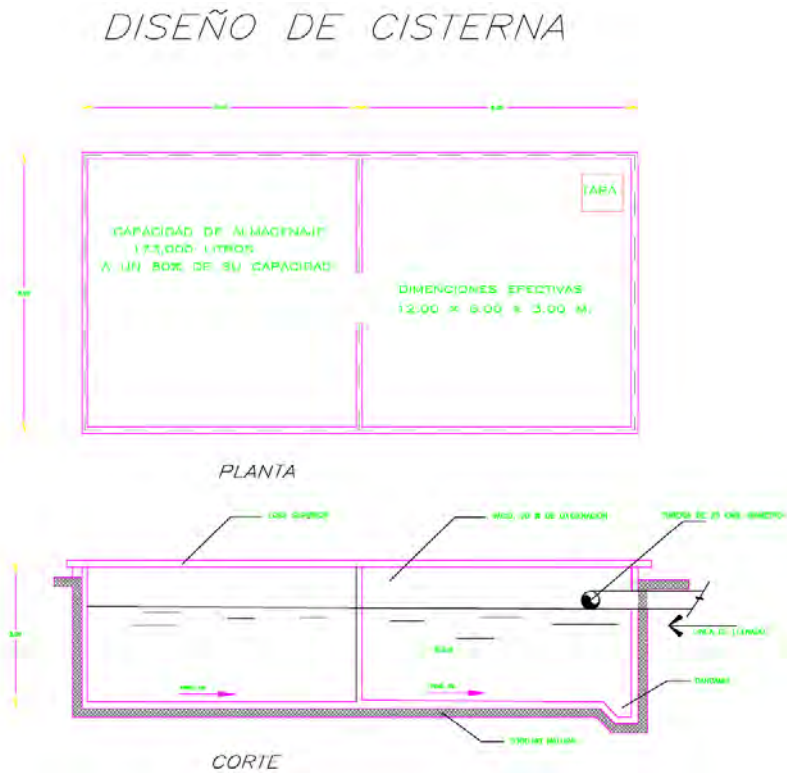


Figura 7. Plano arquitectónico ubicando las trayectorias que seguirá el agua de lluvia.

Como resultado final se diseña la colocación de la cisterna optimizando la distribución de el pozo de absorción con la cisterna para la recuperación de las aguas pluviales y la trayectoria de la red hidráulica para reusar el agua de manera eficiente contribuyendo así a la recuperación de los mantos freáticos en esta unidad académica.

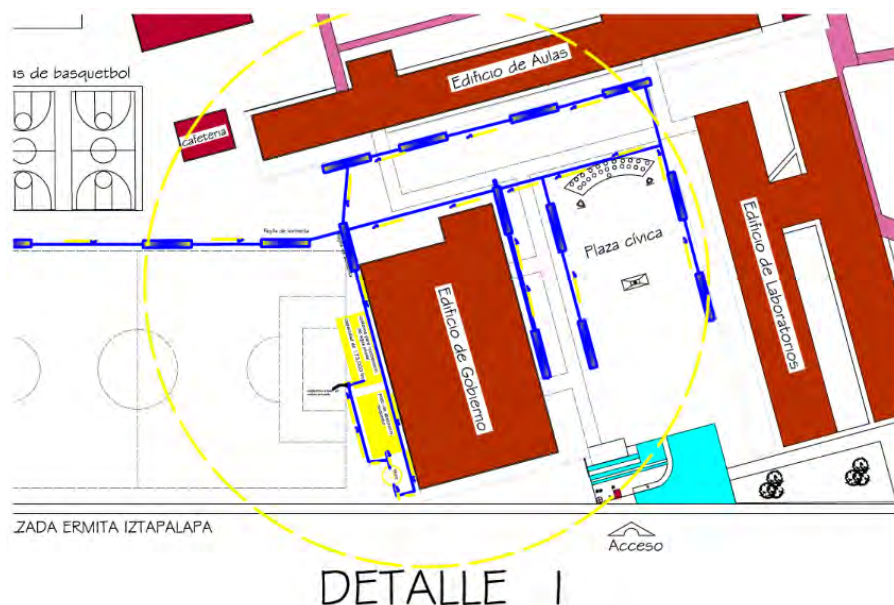


Figura 8. Plano arquitectónico ubicando las trayectorias que seguirá el agua de lluvia.

Conclusiones

Se logra un proyecto donde se capta el agua pluvial para poder aprovecharla considerando el espacio físico más óptimo, diseñando una cisterna para albergar aproximadamente 173,000 litros de agua.

A partir de esta investigación tipo experimental se determinó que la cantidad de agua pluvial que puede ser captada para ser reutilizada en un lapso de un año es 16,424.62 metros cúbicos al tener una superficie impermeable de 20,890.62 metros cuadrados que representa el 41.24 % de la superficie total del predio. Con esto se llenarán un total de 94.93 cisternas con una capacidad de 173 metros cúbicos.

Con este proyecto se reduce el suministro de la red pública por parte de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) en la Ciudad de México la cual en su mayoría surge por medio de la extracción de pozos, Esto impactara de forma positiva toda vez que los mantos acuíferos pueden ser recuperados más rápidamente.

A nivel económico reduce los gastos de operación para el mantenimiento de la infraestructura física de la Unidad Académica del I.P.N. por concepto de pago de agua.

En cuestión de la calidad con que se filtra al subsuelo, se determinó que los principales agentes contaminantes son coliformes fecales, materia flotante y sólidos suspendidos totales, los cuales están dentro de los niveles de la norma permitiéndonos reutilizarla principalmente en riego y para servicio de retretes.

Así mismo con el desarrollo estratégico de la investigación se pudo diseñar un proyecto donde pueda ser usada de forma racional el agua de una manera sustentable.

Bibliografía

- Anaya M. (1998). "Sistemas de captación de agua de lluvia para uso doméstico en América Latina y El Caribe. Manual Técnico", Ed. Agencia de Cooperación Técnica IICA-México, México. [[Links](#)]
- Anaya M. (2009). "Antecedentes de la captación del agua de lluvia", Centro Internacional de Demostración y Capacitación en Aprovechamiento del Agua de Lluvia CIDECALLI - CP, Reporte DDCTS, México, septiembre. [[Links](#)]
- Louise Rolland, Yenny Vega Cárdenas. (2009). La gestión del agua en México. 2010, de Université de Montreal Sitio web: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-23332010000200006.
- Rita Vázquez del Mercado y Javier Lambarri. (2017). Huella Hídrica en México: análisis y perspectivas. Paseo Cuauhnáhuac 8532 62550 Progreso, Jiutepec, Morelos MÉXICO: "Divulgación".
- Comisión Nacional del Agua. (2017). Agua renovable. En Estadísticas del Agua en México (37-41). Ciudad de México: Coordinación General de Comunicación y Cultura del Agua de la Comisión Nacional del Agua.
- Blanca Jiménez Cisneros, María Luisa Torregrosa y Armentia Luis Aboites Aguilar. (2010). El Agua en México: Cauces y encauces. Iztapalapa, Ciudad de México: "Casa Tlalpan".
- Luis Pérez Courtade. (2014). Gobierno del DF se decide a infiltrar agua de lluvia. 2018, de Soluciones Hidropluviales Sitio web: <https://hidropluviales.com/2014/08/21/gobierno-del-df-se-decide-a-infiltrar-agua-de-lluvia/>
- Tanni Guerrero. (2009). El agua en la Ciudad de México. Abril-Junio, de Ciencias 94 Sitio web: <http://www.revistaciencias.unam.mx/es/43-revistas/revista-ciencias-94/203-el-agua-en-la-ciudad-de-mexico.html>
- Mario del Roble Pensado Leglise, Luz Arcelia García Serrano. (2017). Los retos actuales de las ciencias ambientales y de la sustentabilidad en México. Puebla, Puebla; México: Altres Costa-Amic.
- Coordinación Politécnica para la Sustentabilidad. (2018). Coloquio de los Comités Ambientales del IPN. Ciudad de México, México: Coordinación Politécnica para la Sustentabilidad.
- Dr.C Ronnie Torres Hugue, Centro de Investigaciones Hidráulicas, Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría (Cujae), La Habana, Cuba: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1680-03382019000200125 , extraído 27/09/2021.