



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE MÉXICO**



FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA ÚNICO DE ESPECIALIZACIONES DE INGENIERÍA

CAMPO DE CONOCIMIENTO: INGENIERÍA CIVIL

**CAPTACIÓN DE AGUA PLUVIAL PARA LA REUTILIZACIÓN EN LAS  
INSTALACIONES HIDRÁULICA Y SANITARIA EN EL PROYECTO DE  
REMODELACIÓN DEL SUPER CENTER, CIUDAD SATÉLITE,  
NAUCALPAN, ESTADO DE MÉXICO.**

**T E S I N A**

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

**ESPECIALISTA EN HIDRÁULICA**

PRESENTA:

**ING. ALEJANDRO MARTINEZ MIRANDA**

DIRECTOR DE TESINA: M. EN I. ALEJANDRO MAYA FRANCO

MÉXICO, D.F.

FEBRERO 2021

# ÍNDICE

Introducción. ....	1
Alcances. ....	2
Capítulo 1.- Memoria descriptiva. ....	3
1.1 Localización de la zona. ....	3
1.2 Tipo y uso de suelo. ....	4
1.3 Clima. ....	5
1.4 Hidrología de la zona. ....	7
Capítulo 2.- Memoria técnica. ....	11
2.1 Características fisiográficas. ....	11
2.2 Área y perímetro de la cuenca. ....	12
2.3 Pendiente del cauce principal. ....	12
2.3.1 Método de Taylor – Schwarz. ....	12
2.4 Coeficiente de escurrimiento. ....	15
2.5 Precipitación media. ....	19
2.5.1 Método aritmético. ....	19
2.5.2 Poligonos de Thiessen ....	19
Capítulo 3 Proyecto de remodelación. ....	21
3.1 Planta arquitectónica. ....	25
3.2 Recolección de agua pluvial. ....	26
3.3 Red general de la instalación hidráulica. ....	32
3.4 Red general de la instalación sanitaria. ....	40
3.4.1. Separación de sólidos por cribado. ....	42
3.4.2 Proceso de cloración. ....	44

3.5 Planta de tratamiento de agua. ....	45
3.6 Costos de la instalación. ....	48
Capítulo 4 Conclusiones y recomendaciones. ....	50
Capítulo 5 Anexos.....	51
5.1 Índice de tablas.....	51
5.2 Índice de ilustraciones. ....	51
5.3 Índice de fotografías.....	51
Bibliografía.....	52

## Introducción.

Diversas civilizaciones han captado el agua pluvial para poder satisfacer sus necesidades a lo largo del tiempo, en regiones distintas del planeta haciendo uso de sistemas naturales (manantiales, arroyos y lagos) o artificiales (zanjas y acueductos).

A causa del incremento poblacional y la demanda de todos los sectores por el agua, la disponibilidad del recurso baja (1% con respecto al agua presente en el planeta) y se ve rebasada por causa de las propias actividades del ser humano, causando desabasto, escasez, pérdida de la calidad del líquido, entre otros efectos negativos.

Sumado a esto, las zonas urbanas, por lo general con acceso limitado al agua, pierden anualmente una cantidad sumamente considerable del recurso, debido a que es dirigida directamente hacia los sistemas de drenaje, lo que agrava los efectos de la pérdida de agua, el decremento de su calidad, así como su acentúa su bajo aprovechamiento.

Actualmente las obras de ingeniería civil buscan la estrategia y las técnicas adecuadas para la cosecha de lluvia y su reutilización eficiente. Este proyecto se desarrolla en la remodelación de las instalaciones de Superenter Satélite, en donde se pretende recolectar el agua pluvial del estacionamiento de la tienda (planta baja y alta) y de toda la cubierta; con el propósito de que consiga dos usos; el agua captada se almacenará en tanques existentes, de diferentes capacidades según la ubicación de los mismos, para direccionar el flujo a una planta de tratamiento; el agua que se obtenga se recircula para el uso de sanitarios.

## Alcances.

El presente trabajo muestra la memoria descriptiva del análisis hidrológico de una cuenca de aportación para la recolección de agua pluvial y el uso que se le puede dar dentro de una tienda Wal-Mart. Se toman en cuenta las estaciones climatológicas cerca de la zona de estudio, en donde se analizan los datos registrados durante un periodo determinado.

Éste trabajo se enfoca específicamente en el dimensionamiento hidráulico de las instalaciones alternas que se pueden utilizar para la recolección de agua pluvial. Se hace una propuesta técnica y de mejora para las instalaciones hidráulica y sanitaria del supercenter. Se mostrarán croquis de localización por medio de planos arquitectónicos, estructurales, hidráulicos o sanitarios según sea necesario para la descripción gráfica y precisa del tema en cuestión.

Los planos que se muestran en las ilustraciones corresponden con los que fueron utilizados en la obra para la ejecución de la remodelación; todas las medidas y ubicaciones de las tuberías son reales y están ejecutadas en sitio.

Dentro del tema del proceso de tratamiento de agua se hace una descripción breve del mismo, en donde se establece algunos parámetros para que la calidad de agua sea aceptable para su reúso y no se profundiza en el sentido químico o bacteriológico del proceso. Sin embargo, en este apartado se considera un complemento y proporciona datos promedio.

Finalmente se anexa un reporte fotográfico, en orden cronológico, de las actividades de obra referentes a las instalaciones que en el presente se mencionan y se calculan.

En resumen, este trabajo presenta la ingeniería conceptual de la propuesta de diseño de un sistema de aprovechamiento de agua lluvia como alternativa para el ahorro de agua potable en usos, tales como la descarga de sanitarios, el lavado de zonas comunes, entre otros.

## Capítulo 1 .- Memoria descriptiva.

### **1.1 Localización de la zona.**

La zona de estudio se encuentra en el municipio de Naucalpan, Estado de México, se localiza entre los paralelos 19° 24' 40' y 19° 32' 09' de latitud, los meridianos 99° 12' 22' de longitud oeste y se encuentra a 2,275 metros sobre el nivel del mar (msnm), tal como se muestra en la ilustración 1.

Colinda con:

Al norte: Los municipios de Tlanepantla de Baz y Atizapán de Zaragoza.

Al sur: El municipio de Huixquilucan y la Alcaldía de Cuajimalpa de Morelos.

Al oriente: Las Alcaldías Miguel Hidalgo y Azcapotzalco.

Al poniente: Los municipios de Jilotzingo, Lerma y Xonacatlán.

El municipio tiene una extensión territorial de 157.041 km<sup>2</sup>, lo cual representa aproximadamente 0.7 % del territorio del Estado de México. (JUAREZ, 2019).

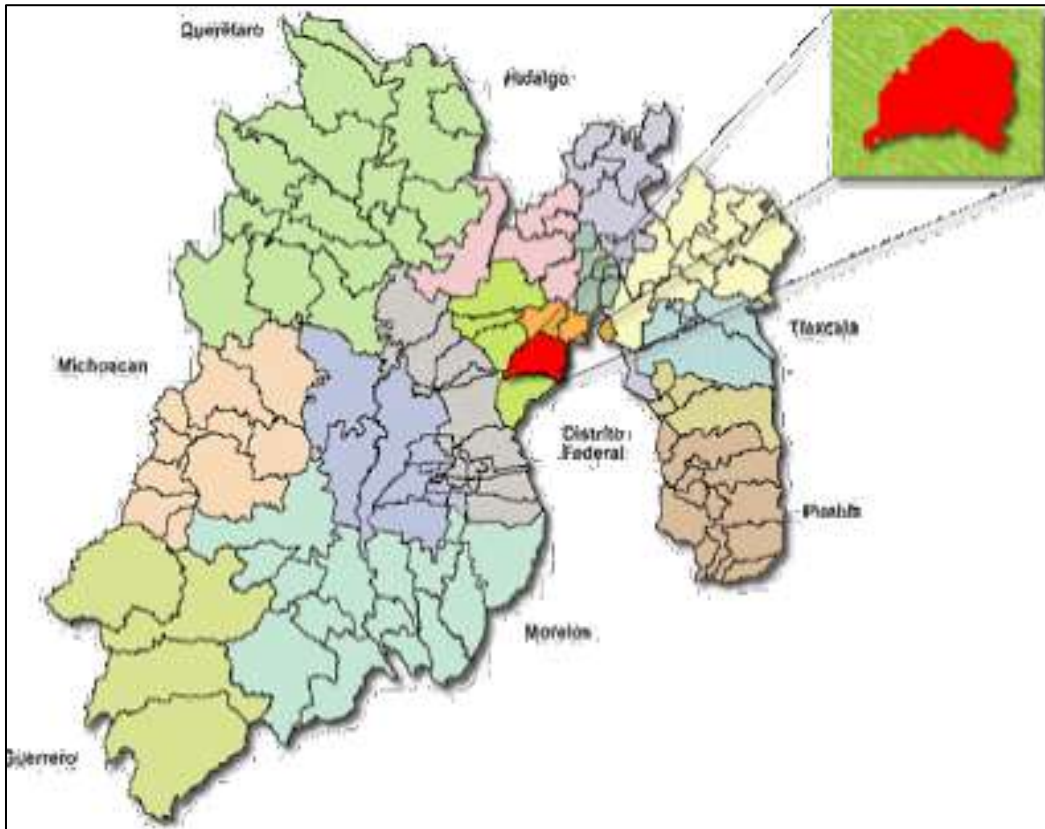


Ilustración 1.- Ubicación del municipio de Naucalpan de Juárez. (INEGI, 2019).

## 1.2 Tipo y uso de suelo.

En la ilustración 2 refiere al suelo localizado en el municipio de Naucalpan, proporcionados por la Dirección General de Desarrollo Urbano, se encuentra:

**Área urbana.-** El área urbana se ubica en el extremo este del territorio, ocupa alrededor del 43.8% de la superficie total del territorio municipal y concentra el 95% de la población total del municipio; es el lugar donde se desarrollan prácticamente todas las actividades sociales y económicas del municipio y cuenta con todos los servicios propios de una ciudad.

**Área urbanizable.-** El área urbanizable representa el 9.9% de la superficie de territorio municipal; es un área que se señaló como de futuro crecimiento y sobre la cual sólo se han generado asentamientos humanos irregulares, debido a que la forma de tenencia de la tierra es predominantemente ejidal, lo que impide la división del suelo con fines urbanos. Destaca dentro de esta área la existencia de grandes panteones privados, tierras ejidales sin uso, un parque recreativo ejidal, áreas de reserva ecológica y un gran polígono de 288 hectáreas aproximadamente.

**Área no urbanizable.-** El área no urbanizable conforma el 46.3% de la superficie del territorio y aloja el 5% de la población total. Se localiza al poniente del municipio; en ella se ubican los dos poblados rurales con los que cuenta Naucalpan: San Francisco Chimalpa y Santiago Tepatlaxco.

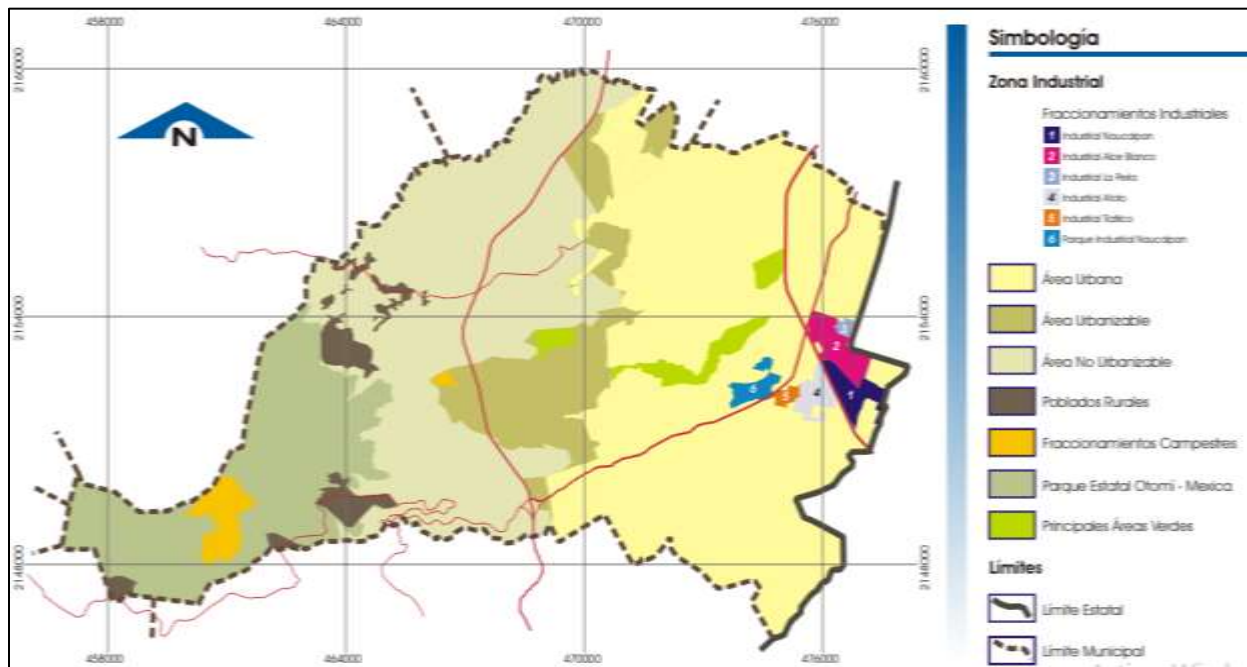


Ilustración 2.- Zonificación de usos generales. (MEXICO, 2019).

**Fraccionamientos campestres.-** áreas autorizadas para el asentamiento humano no urbano; así mismo existen grandes extensiones de tierra ejidal, comunal y de pequeña propiedad, hoy en día con una cantidad importante de asentamientos humanos irregulares. Dentro de esta área no urbanizable se localiza el Parque Estatal Otomí-Mexica, declarado como tal en el año de 1980, teniendo como límite la cota 2800 m. s. n. m. Asimismo, se consideran áreas no urbanizables los parques urbanos enclavados dentro del área urbana por ser elementos importantes en las actividades de la estructura urbana.

**Parque Estatal Otomí - México.-** Corresponde al área más al poniente del territorio, de acuerdo con el Decreto del Ejecutivo del Estado, por el que se crea el Parque Ecológico Turístico y Recreativo Zempoala – La Bufa, que se denominará Parque Otomí Mexica del Estado de México. Este parque comprende toda la superficie del territorio del Estado de México que se localice arriba de la cota 2,800 metros sobre el nivel del mar. (JUAREZ, 2019).

### 1.3 Clima.

El clima predominante en el municipio de Naucalpan es el templado con verano fresco y largo, que a su vez se divide en tres subtipos que se diferencian por el grado de humedad y temperatura. El subtipo



climático que predomina en el 47% del territorio municipal es el templado subhúmedo con un grado intermedio de humedad y lluvias en verano. En la zona central del territorio municipal el subtipo prevaleciente es el templado subhúmedo con un cociente de humedad mayor y lluvias en verano. En la región oeste del municipio el subtipo climático es semifrío subhúmedo con lluvias en verano; en la tabla 1 se hace referencia a lo antes mencionado.

TIPO DE CLIMA	SIMBOLO	% DE LA SUPERFICIE MUNICIPAL
Templado subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media	C(W1)	47%
Templado subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad	C(W2)	41%
Semifrío subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad	C(E)(W2)	12%

Tabla 1.- Clima del Municipio de Naucalpan. (JUAREZ, 2019).

La temperatura media anual fluctúa entre los 12°C y los 18°C La temperatura media del mes más frío se ubica entre los -3°C y los 18°C y la media del mes más caluroso, entre los 6.5°C y los 22°C. La oscilación térmica anual de las temperaturas medias mensuales varía entre los 5°C y los 7°C.

El régimen de lluvias es de verano, la precipitación promedio anual es de 972.2 mm (en la estación meteorológica Presa Totolinga) aumentando hasta 1,000 mm al este y disminuyendo hasta el intervalo 600-700 mm al oeste. La humedad relativa promedio anual es de 70% con valor máximo de 81%, registrado durante los días de mayor precipitación pluvial, mientras que el valor mínimo se ubica en 45%, en el invierno.

Los vientos predominantes entre enero y abril son de dirección noroeste, mientras que de mayo a diciembre prevalecen los de dirección noreste, la velocidad promedio anual es del orden de los 3.0 m/seg. Finalmente, en la zona de mayores pendientes, el clima es Semifrío Subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad. Esta zona corresponde a región del extremo suroeste del municipio. (JUAREZ, 2019).

En la ilustración 3 se muestra el medio físico de la zona de estudio.

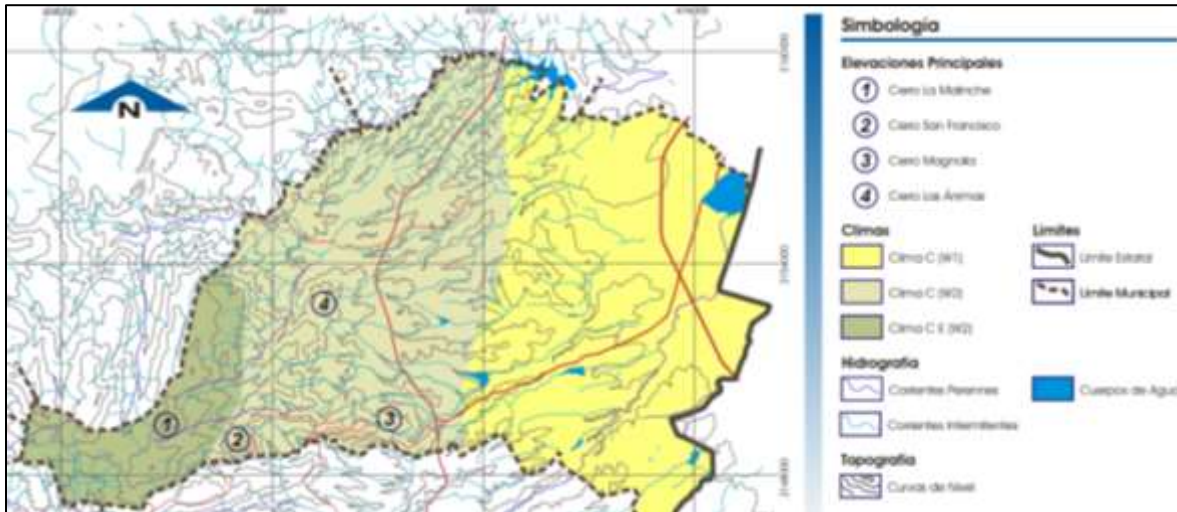


Ilustración 3.- Medio Físico de Naucalpan. (JUAREZ, 2019).

#### 1.4 Hidrología de la zona.

**Aguas superficiales:** El 97% de la superficie del territorio municipal de Naucalpan, de acuerdo a la nomenclatura en uso por la Comisión Nacional del Agua (Conagua) y la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), se ubica dentro de la Región Hidrológica PÁNUCO; Subcuenca Lagos Texcoco y Zumpango, la cual pertenece a la cuenca Río Moctezuma. El resto de la superficie municipal (3%) corresponde a la Región Hidrológica Lerma-Santiago. Dicha cuenca comprende cuerpos de agua destinados al riego, principalmente las presas Huapango, Santa Clara, Danxhó y Thaxhimay, así como las presas Madín, Totolica y Zumpango destinadas al uso urbano e industrial; abastece a la mayor parte de la industria y la población del centro de México, consumidora de grandes cantidades de agua. Además de suministrar agua a Naucalpan, abastece a los municipios de Nezahualcóyotl, Ecatepec, Tlalnepantla de Baz, Atizapán de Zaragoza, Cuautitlán, Tepotzotlán y Nicolás Romero.

**Aguas subterráneas:** El principal volumen de recarga por precipitación pluvial se ubica en la zona de la Sierra de Los Remedios, que bordea el valle por el límite occidental y es considerada una zona de permeabilidad alta. Según Decreto Presidencial del 21 de julio de 1954, este acuífero se encuentra bajo veda de extracción rígida; el Decreto recomendó no incrementar la explotación acuífera para ningún fin o uso, como medida de control de la sobreexplotación a que previamente fue sometido.

El país se ha dividido en 13 regiones hidrológico-administrativas (RHA), formadas por agrupaciones de cuencas, consideradas como las unidades básicas para la gestión de recursos hídricos. Los límites de las regiones respetan los municipales, para facilitar la administración e integración de datos socioeconómicos. En la ilustración 4 se muestra en el mapa la localización de la zona en estudio.



Ilustración 4.- Región Hidrológica. (CONAGUA, 2014).

La zona de estudio pertenece a la región XIII Aguas del Valle de México, con una superficie de 16, 438 km<sup>2</sup>. Para propósitos de administración de las aguas nacionales, la Conagua ha definido 731 cuencas hidrológicas. Las cuencas del país se encuentran organizadas en 37 regiones hidrológicas (RH); la zona en estudio pertenece a la RH 26 “Pánuco”. (CONAGUA, 2014).

En el Estado de México existen 66 estaciones meteorológicas automatizadas operadas por la Comisión del Agua del Estado de México (CAEM), de las cuales en la tabla 2 se recopila información de 7 estaciones (más cercanas de la zona de estudio).

NO.	NOMBRE DE ESTACIÓN	MUNICIPIO	DIRECCIÓN.
1	Oficinas Centrales CAEM	Naucalpan de Juárez	Félix Guzmán No. 10, Col. El Parque
12	Toma II Agua Limpia	Tlalnepantla de Baz	Av. Sn. José No. 1, Fracc. Ind. San Juan Ixhuatepec.
21	Tanque Lomas Verdes	Naucalpan de Juárez	Av. Paraíso s/n, Col. Petroquímica Lomas Verdes.
22	Tanque Viveros	Tlalnepantla de Baz	Av. Viveros de Asís s/n, Col. Viveros de la Loma.
23	Tanque Barrientos	Tlalnepantla de Baz	Interior de la Planta Barrientos CNA/Conagua.

52	Toma III Cutzamala	Naucalpan de Juárez	Prol. Av. de las Huertas a 1 Km del Ejido San Francisco Chimalpa.
53	Tanque Lázaro Cárdenas	Naucalpan de Juárez	Av. Emilio G. Baz s/n, Col. El Chamizal.

Tabla 2.- Estaciones meteorológicas del Estado de México. (México, 2013).

Para éste trabajo se utilizarán los datos de la estación “Tanque Lomas Verdes” debido a que se encuentra a 6.7 km y es la más cercana a la zona de estudio, cabe destacar que las estaciones climatológicas no cuentan con más de 35 años de registro. Los registros de precipitación que se presentan en la tabla 3, son los valores máximos mensuales de la estación climatológica, con el objetivo de dimensionar la cantidad de agua máxima que se puede recuperar.

REGISTROS DE PRECIPITACIÓN MENSUAL (mm)													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MAX. ANUAL
1982	0.40	7.60	7.10	24.90	79.40	120.90	148.00	105.80	35.70	29.00	1.70	2.00	148.00
1983	16.10	14.20	7.60	0.00	19.70	76.10	225.75	127.80	110.90	42.80	13.30	4.10	225.75
1984	6.80	4.80	1.90	1.00	67.50	120.90	186.10	149.60	191.00	63.40	0.20	3.60	191.00
1985	1.30	4.00	6.90	52.50	59.30	193.00	139.60	115.70	102.80	29.70	5.40	0.40	193.00
1986	0.00	0.60	0.00	20.40	69.70	213.00	97.20	138.60	70.30	50.60	9.80	3.00	213.00
1987	0.00	2.80	11.60	17.20	50.00	160.20	183.60	155.50	94.10	0.00	9.50	0.00	183.60
1988	0.40	3.11	40.97	5.58	57.78	140.04	160.27	144.90	133.03	25.94	4.32	0.00	160.27
1989	3.10	0.93	2.33	17.64	50.59	158.79	142.45	165.65	140.62	30.04	3.40	17.45	165.65
1990	7.70	8.24	12.09	49.49	76.01	127.35	214.08	163.20	149.37	75.91	3.12	1.92	214.08
1991	6.14	0.70	0.08	9.44	60.24	193.15	168.43	107.54	126.73	130.74	5.04	6.71	193.15
1992	49.80	23.43	8.46	24.67	93.94	48.01	160.35	195.61	212.31	126.71	49.04	2.40	212.31
1993	9.20	5.38	6.91	19.13	16.23	163.93	159.43	112.97	150.29	29.87	18.43	0.01	163.93
1994	11.03	1.47	2.58	32.40	52.02	156.21	146.84	193.73	162.44	71.92	5.66	4.52	193.73
1995	24.42	11.54	11.04	8.27	66.76	159.25	134.79	198.56	107.19	38.55	47.77	53.33	198.56
1996	0.00	0.26	2.18	26.52	20.75	113.10	115.50	114.65	129.23	41.91	0.12	16.08	129.23
1997	1.19	0.79	28.71	54.78	54.46	79.57	191.97	126.96	105.97	50.24	11.65	7.76	191.97
1998	10.36	0.00	0.00	3.61	2.48	64.03	99.26	221.77	275.26	119.68	21.85	0.00	275.26
1999	0.09	0.10	10.45	15.22	22.22	70.53	159.44	200.63	86.36	102.31	1.63	0.66	200.63
2000	0.00	0.71	6.25	8.20	97.50	184.97	124.06	183.89	95.91	58.07	10.82	1.63	184.97
2001	2.34	5.95	10.35	48.85	61.58	142.88	143.94	127.12	159.61	42.13	3.09	3.04	159.61
2002	11.43	3.20	7.56	21.34	23.48	85.43	140.22	97.07	180.74	84.63	24.56	0.52	180.74
2003	0.26	0.50	15.25	17.20	14.56	191.63	145.93	155.50	180.11	68.28	8.50	0.10	191.63
2004	35.92	0.16	20.81	20.67	52.95	131.20	120.06	159.67	159.79	59.74	5.96	0.70	159.79
2005	5.75	3.17	8.40	23.29	20.90	94.02	155.82	168.63	72.51	86.87	9.31	1.39	168.63
2006	1.79	1.15	8.83	23.45	60.26	99.33	149.82	181.85	158.44	80.28	37.01	4.53	181.85
2007	5.39	25.11	21.38	21.47	64.65	86.69	151.48	192.83	166.41	46.75	9.14	2.14	192.83
2008	0.07	2.93	1.56	35.31	41.93	141.37	156.61	164.65	131.80	39.36	0.00	0.00	164.65

<b>2009</b>	11.57	5.20	9.87	10.99	40.95	74.52	87.20	140.03	217.99	60.02	1.27	6.56	217.99
<b>2010</b>	27.11	69.17	1.99	13.07	27.06	81.46	173.26	174.96	126.54	3.35	1.68	0.00	174.96
<b>2011</b>	1.04	1.02	6.74	33.17	28.95	133.77	191.01	155.95	103.04	60.67	24.69	1.02	191.01
<b>2012</b>	6.83	25.65	17.75	17.69	18.48	131.07	174.16	126.27	85.42	23.69	11.99	0.00	174.16
<b>2013</b>	3.92	1.93	5.20	24.90	66.37	127.61	143.90	166.04	184.64	77.64	44.43	3.49	184.64
<b>2014</b>	0.48	1.55	15.18	24.68	85.38	135.94	136.14	132.57	133.59	111.23	8.88	28.13	136.14
<b>2015</b>	0.39	5.46	36.11	16.80	115.82	104.48	121.26	112.46	125.15	23.20	7.07	4.30	125.15
<b>2016</b>	7.68	1.13	32.82	20.00	60.03	157.81	170.96	139.84	133.87	19.65	52.52	2.53	170.96

Tabla 3.- Registro de precipitación mensual de la estación "Tanques Lomas Verdes". (México, 2013).

## Capítulo 2 .- Memoria técnica.

### 2.1 Características fisiográficas.

La obtención de las características fisiográficas de una cuenca es de gran utilidad ya que con estos datos se puede predecir la respuesta hidrológica de la cuenca en estudio. Cabe mencionar que es necesaria esta información debido a que el agua que pueda captarse del drenaje de ésta, se podrá recuperar para su reutilización.

En la ilustración 5 se presenta la cuenca de la zona de estudio, indicando la localización del supercenter del proyecto, la proyección de los escurrimientos.

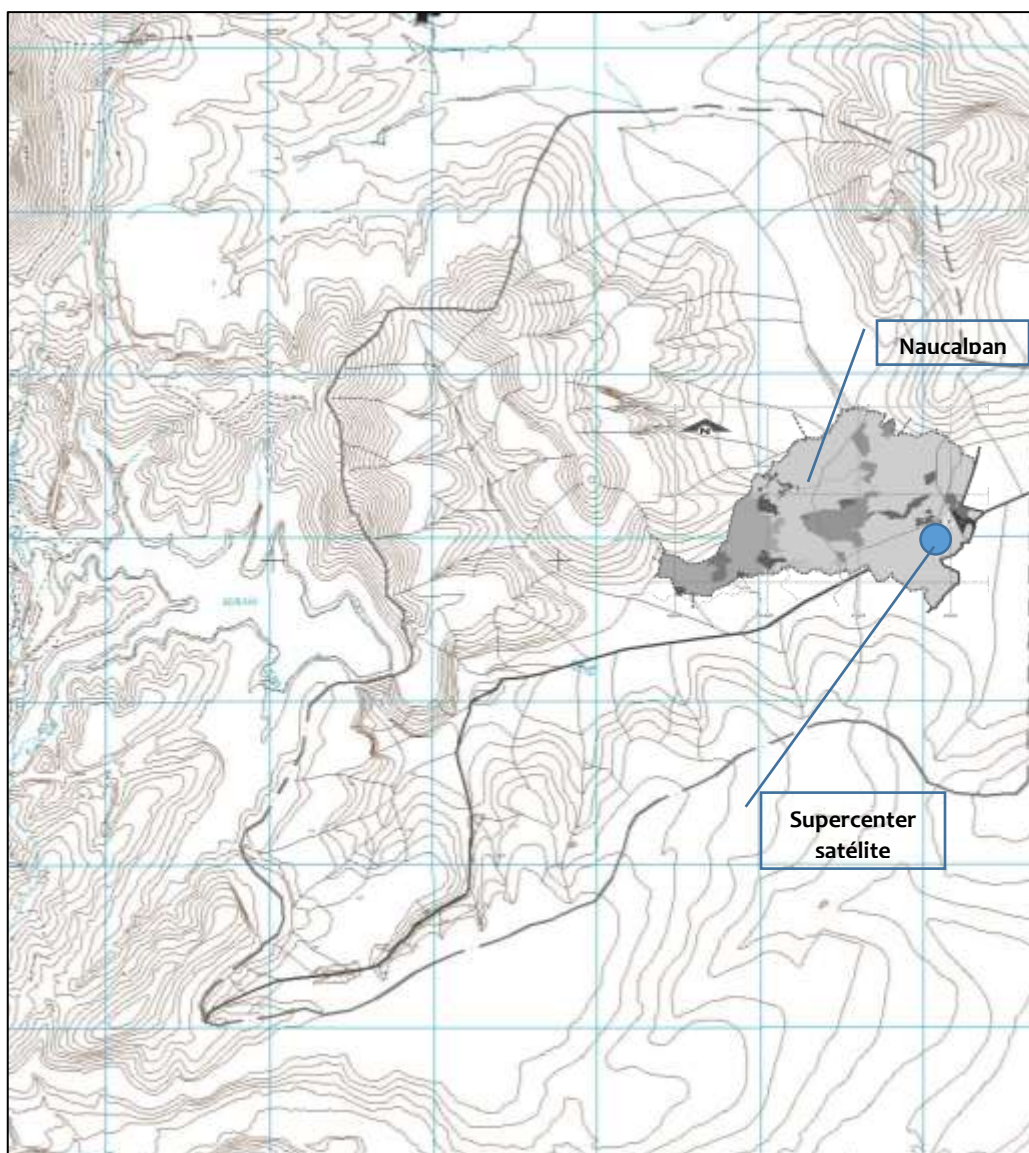


Ilustración 5.- Escurremientos y Partaguas de la Cuenca. Elaboración propia.

## 2.2 Área y perímetro de la cuenca.

El área de una cuenca es el área plana en proyección horizontal, encerrada por el parteaguas. Usualmente el área es determinada en gabinete y se reporta en km<sup>2</sup>.

Una vez delimitado el parteaguas a partir de la identificación de los puntos más altos del terreno, se consiguen los siguientes datos sólo de carácter informativo debido a que el área a considerar es únicamente del supercenter.

Área de la cuenca: 66.10 km<sup>2</sup>

Perímetro de la cuenca: 39.18 km

## 2.3 Pendiente del cauce principal.

### 2.3.1 Método de Taylor – Schwarz.

Uno de los indicadores más importante del grado de respuesta de una cuenca a una tormenta es la pendiente del cauce principal. Dado que la pendiente varía a lo largo del cauce, es necesario definir una pendiente media, para lo cual se utilizará el método de Taylor y Schwarz, en este método se requiere del perfil topográfico del cauce principal para poder obtener las pendientes de cada tramo entre curvas de nivel.

$$S = \left[ \frac{Lc}{\sum_{i=1}^n \frac{l_i}{\sqrt{S_i}}} \right]^2$$

Donde:

S: pendiente de la cuenca

Lc: longitud del cauce principal

$L_i$ : longitud del tramo i

$S_i$ : pendiente en el tramo i

Una vez que se ha delimitado la cuenca, marcado los escurrimientos y reconocido el cauce principal, como se muestra en la ilustración 6, se elabora la tabla 4, donde se relacionan la pendiente de los escurrimientos y la longitud de los mismos.

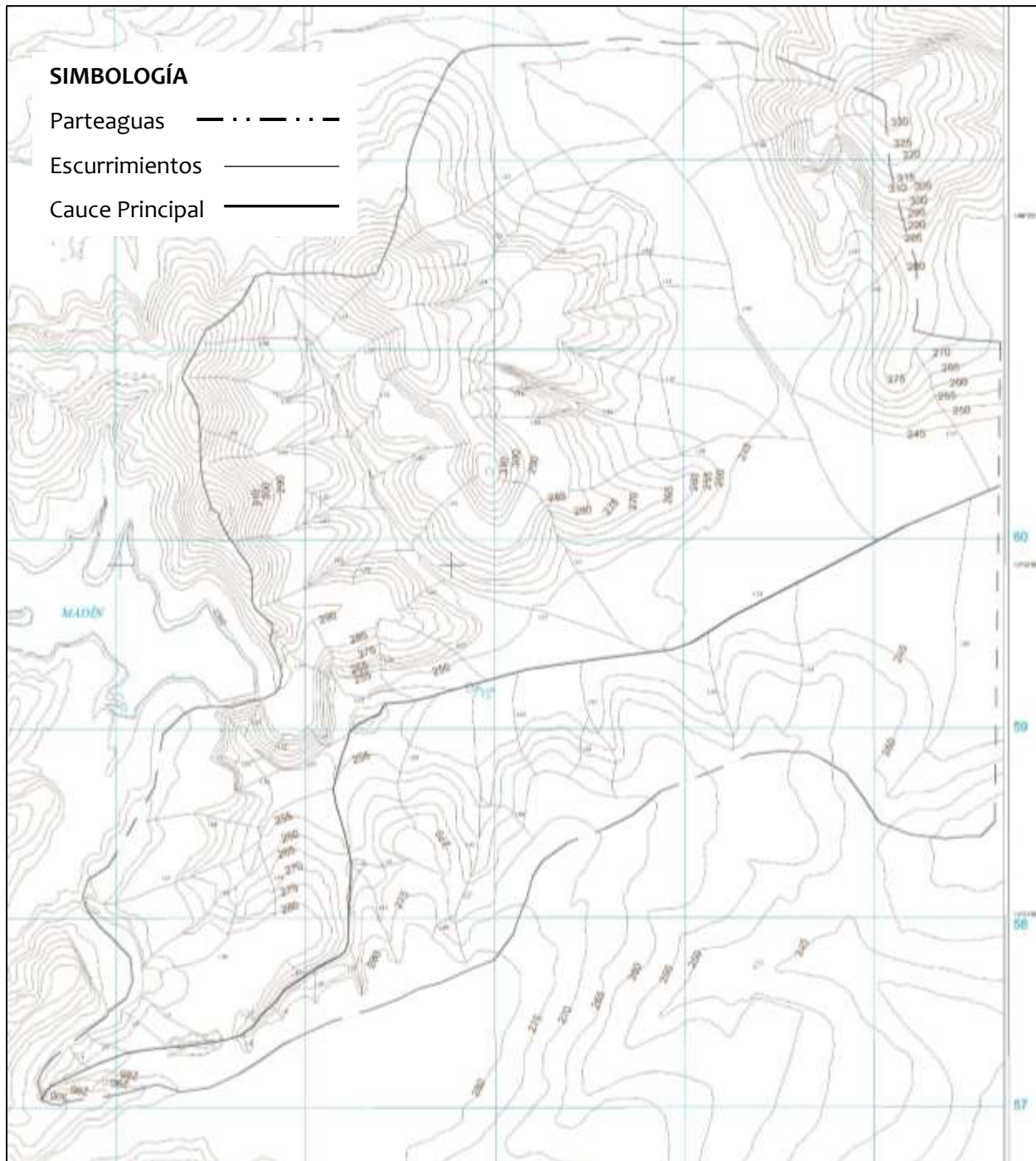


Ilustración 6.- Longitud de las corrientes.



CORRIENTE	LONGITUD L (km)	CURVA DE NIVEL 1	CURVA DE NIVEL 2	vS	L/vS
L1	0.30	285.00	300.00	0.14	2.12
L2	0.60	285.00	300.00	0.20	3.00
L3	0.49	285.00	300.00	0.18	2.71
L4	0.62	285.00	300.00	0.20	3.05
L5	0.89	285.00	300.00	0.24	3.65
L6	0.21	265.00	280.00	0.12	1.77
L7	0.22	265.00	280.00	0.12	1.82
L8	0.19	265.00	280.00	0.11	1.69
L9	0.26	265.00	280.00	0.13	1.97
L10	0.36	265.00	280.00	0.15	2.32
L11	0.55	265.00	280.00	0.19	2.87
L12	1.17	265.00	280.00	0.28	4.19
L13	0.63	265.00	280.00	0.20	3.07
L14	1.37	265.00	290.00	0.23	5.85
L15	2.87	265.00	290.00	0.34	8.47
L16	0.75	260.00	280.00	0.19	3.87
L17	1.97	255.00	295.00	0.22	8.88
L18	1.26	255.00	295.00	0.18	7.10
L19	0.56	255.00	280.00	0.15	3.74
L20	0.58	255.00	280.00	0.15	3.81
L21	0.41	255.00	280.00	0.13	3.20
L22	0.32	255.00	280.00	0.11	2.83
L23	0.31	255.00	280.00	0.11	2.78
L24	1.74	255.00	300.00	0.20	8.85
L25	2.04	250.00	290.00	0.23	9.03
L26	0.80	250.00	285.00	0.15	5.29
L27	1.16	250.00	285.00	0.18	6.37
L28	0.60	255.00	285.00	0.14	4.24
L29	0.33	265.00	285.00	0.13	2.57
L30	1.75	255.00	300.00	0.20	8.87
L31	1.63	255.00	300.00	0.19	8.56
L32	0.33	270.00	285.00	0.15	2.22
L33	1.51	255.00	300.00	0.18	8.24
L34	0.67	290.00	325.00	0.14	4.84
L35	1.52	280.00	325.00	0.18	8.27
L36	1.09	280.00	325.00	0.16	7.00
L37	0.98	280.00	325.00	0.15	6.64
L38	1.01	280.00	295.00	0.26	3.89

CORRIENTE	LONGITUD (km)	CURVA DE NIVEL 1	CURVA DE NIVEL 2	vS	L/vS
L39	1.02	280.00	295.00	0.26	3.91
L40	1.13	280.00	295.00	0.27	4.12
L41	1.04	280.00	295.00	0.26	3.95
L42	2.32	250.00	295.00	0.23	10.22
L43	5.82	240.00	290.00	0.34	17.06
L44	2.65	245.00	285.00	0.26	10.30
L45	1.22	260.00	305.00	0.16	7.41
L46	2.73	250.00	305.00	0.22	12.25
L47	2.66	245.00	285.00	0.26	10.32
L48	1.82	245.00	285.00	0.21	8.53
L49	1.67	245.00	285.00	0.20	8.17
L50	2.58	250.00	300.00	0.23	11.36
L51	1.17	285.00	295.00	0.34	3.42
L52	2.29	250.00	290.00	0.24	9.57
L53	2.89	250.00	290.00	0.27	10.75
L54	6.45	240.00	250.00	0.80	8.03
L55	2.25	250.00	310.00	0.19	11.62
L56	1.47	250.00	310.00	0.16	9.39
L57	3.51	245.00	330.00	0.20	17.27
L58	0.93	250.00	280.00	0.18	5.28
L59	1.68	245.00	275.00	0.24	7.10
L60	3.34	245.00	250.00	0.82	4.09
L61	1.61	245.00	260.00	0.33	4.91
L62	1.25	245.00	260.00	0.29	4.33
L63	1.54	245.00	270.00	0.25	6.20
L64	0.71	250.00	270.00	0.19	3.77
L65	1.14	245.00	270.00	0.21	5.34
L66	0.74	250.00	270.00	0.19	3.85
L67	2.98	250.00	280.00	0.32	9.46
L68	0.37	270.00	280.00	0.19	1.92
L69	1.55	250.00	275.00	0.25	6.22
<b>L70</b>	<b>13.31</b>	<b>240.00</b>	<b>300.00</b>	<b>0.47</b>	<b>28.26</b>
<b>TOTAL :</b>	<b>111.89</b>	<b>---</b>	<b>---</b>	<b>---</b>	<b>448.08</b>

Tabla 4.- Longitud de corrientes en la cuenca. Elaboración propia.

Recurriendo a la ecuación, la pendiente de la cuenca es:

$$S = \left[ \frac{111.89}{448.08} \right]^2$$

$$S = 0.0624 \cong 0.06$$

## 2.4 Coeficiente de escurrimiento.

Este valor indicará la cantidad de agua de que se dispone y cuánta agua se infiltra en el suelo. Esto dependerá de las condiciones topográficas, de la cobertura vegetal y uso de suelo de la zona en estudio. Se dispone de distintos métodos y que en todos ellos se utiliza un coeficiente de escurrimiento que agrupa a los distintos factores, tales como la permeabilidad, infiltraciones, evaporación y rugosidad de los materiales de las tuberías y del terreno o área drenada, y que origina el volumen de agua que llega a las tuberías sea menor que el llovido. El coeficiente de escurrimiento tiene para una localidad distintos valores en diferentes zonas, según sea tipo de edificaciones y clase de pavimento, techos, áreas de jardines, etc.

Para representar lo mejor posible a los factores que afectan al coeficiente de escurrimiento, es necesario elegir un coeficiente razonable que considere dichos factores. La ilustración 6 indica los coeficientes de escurrimiento que recomienda el Manual de Hidráulica Urbana para suelos no urbanizados, obtenidos de un análisis regional hecho en varias cuencas experimentales en distintas partes del Valle de México.

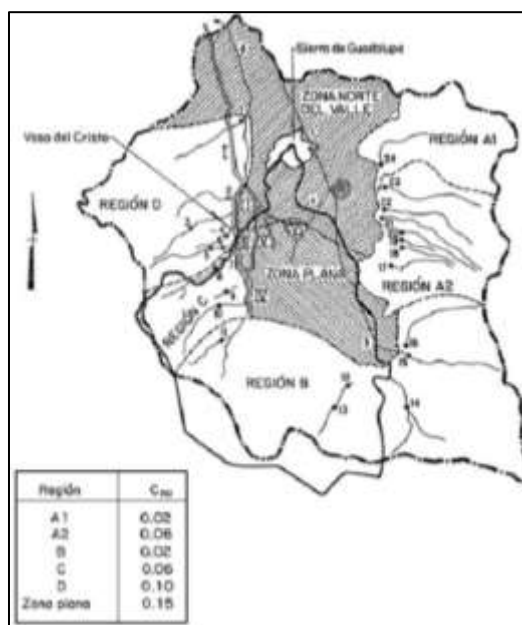


Ilustración 7.- Coeficientes de escurrimiento para el Valle de México. (Dominguez, 1982).

Por otro lado, Aparicio (2007) propone los coeficientes que aparecen en la tabla 5, que dependen de, si es una zona urbana, del tipo de urbanización que tenga; si es una zona no urbana, del tipo de suelo y pendiente de la cuenca.

TIPO DE ÁREA DRENADA		COEF. DE ESCURRIMIENTO		
		MÍNIMO	MÁXIMO	
Zonas Comerciales	Zona Comercial	0.70	0.95	
	Vecindarios	0.50	0.70	
Zonas Residenciales	Unifamiliares	0.30	0.50	
	Multifamiliares espaciados	0.40	0.60	
	Multifamiliares compactos	0.60	0.75	
	Semiurbanas	0.25	0.40	
Zonas industriales	Casas habitación	0.50	0.70	
	Espaciada	0.50	0.80	
	Compacta	0.60	0.90	
	Cementerios, parques	0.10	0.25	
	Campos de juego	0.20	0.35	
	Patios de ferrocarril	0.20	0.40	
	Zonas Suburbanas	0.10	0.30	
	Calles	Asfaltadas	0.70	0.95
Estacionamientos		De concreto hidráulico	0.70	0.95
		Adoquinadas	0.70	0.85
			0.75	0.85
	Techados	0.75	0.95	
	Praderas	Suelos arenosos planos (S<0.02)	0.05	0.10

	Suelos arenosos con pendientes medias ( $0.02 < S < 0.07$ )	0.10	0.15
	Suelos arenosos escarpados ( $S \geq 0.07$ )	0.15	0.20
	Suelos arcillosos planos ( $S \leq 0.02$ )	0.13	0.17
	pendientes medias ( $0.02 < S < 0.07$ )	0.18	0.22
	Suelos arcillosos escarpados ( $S \geq 0.07$ )	0.25	0.35

Tabla 5.- Valores del Coeficiente de escurrimiento. (Aparicio, 1992).

Es evidente que el proceso lluvia-escurrimiento es complejo, pues la evidencia estadística, la experiencia y el sentido común sugieren que el escurrimiento rara vez se genera de manera uniforme sobre una cuenca. Las variaciones en la cantidad e intensidad de la precipitación, las características del suelo, la cobertura vegetal, la humedad antecedente y la topografía, son factores que influyen simultáneamente en el comportamiento de la cuenca, aunados a que el escurrimiento de la mayoría de las tormentas se deriva de un área relativamente pequeña de la cuenca.

El área de estudio se encuentra en la Zona plana según la ilustración 6, para la cual el coeficiente de escurrimiento recomendado es de 0.15. La ilustración 7 es una fotografía satelital que muestra la urbanización del área de estudio. En la ilustración se puede observar que es una zona urbana; lo anterior implica que el coeficiente de escurrimiento es un poco mayor.



Ilustración 8.- Fotografía satelital de Naucalpan. (Google, 2020).

Otra forma de determinar el coeficiente de escurrimiento es considerar los valores propuestos por Aparicio (2007). Dado que se trata de cuencas no urbanas, el valor del coeficiente de escurrimiento se haya entre los propuestos para praderas, dependiendo del tipo de suelo y de la pendiente. De acuerdo con lo que se calculó en el subcapítulo 2.8.1, una pendiente de 0.06 por lo que se consideró como coeficiente de escurrimiento el valor promedio entre los valores medios de suelos arenosos como se muestra en la tabla 6.

Pendiente	Suelos arenosos con pendientes medias ( $0.02 < S < 0.07$ )		Valor promedio
	Mínimo	Máximo	
0.06	0.10	0.15	<b>0.12</b>

Tabla 6.- Coeficientes de escurrimiento, considerando los propuestos por Aparicio.

Por lo tanto se tiene que:

- Considerando al autor: Domínguez **C=0.15**
- Considerando al autor: Aparicio **C=0.12**

Los valores obtenidos considerando los propuestos por Aparicio, son menores que los recomendados en el Manual de Hidráulica Urbana. Sin embargo, es importante mencionar que estos valores suelen ser muy conservadores. Por lo anterior expuesto se considerará el valor  $C=0.12$ .

## 2.5 Precipitación media.

### 2.5.1 Método aritmético.

El método más simple para obtener la precipitación media sobre un área es efectuando un promedio aritmético de las cantidades de lluvia medidas en el área de la cuenca. El método es suficiente en regiones planas y con lluvias ciclónicas, donde los gradientes de precipitación no son muy fuertes, es decir, que el valor captado por cada pluviómetro no varía mucho respecto a la media. Lógicamente el número de pluviómetros deberá ser elevado y distribuidos uniformemente en el área. De las estaciones que se encuentran dentro de la cuenca se toman las que se indican en la tabla 7:

NO.	NOMBRE DE ESTACIÓN	PRECIPITACIÓN MEDIA	ÁREA QUE ABARCA
1	Tanque Lomas Verdes	743.58 mm	45.34 km <sup>2</sup>
12	Toma II Agua Limpia	722.34 mm	12.56 km <sup>2</sup>
14	Toma III Cutzamala	665.34 mm	8.20 km <sup>2</sup>

Tabla 7.- Registro de precipitaciones en mm.

$$\bar{hp} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n hp_i$$

Donde:

$\bar{hp}$ : precipitación media (mm)

$hp$ : precipitación normal (mm)

$n$ : número de estaciones de referencia

$$\bar{hp} = \frac{743.58 + 722.34 + 665.34}{3}$$

$$\bar{hp} = 710.42 \text{ mm}$$

### 2.5.2 Poligonos de Thiessen

Para poder sacar la precipitación media por éste método, se debe conocer cuáles son las estaciones pluviométricas que se encuentran dentro de la zona en estudio. En este caso son 3, las cuales se deben marcar en la carta topográfica, uniéndolas con una línea recta, posteriormente a mitad de la línea marcada trazamos otra, perpendicular a la que ya tenemos; se debe conocer el área que abarca cada uno de los polígonos.

$$\overline{hp} = \frac{1}{AT} \sum_{i=1}^n hp_i * A_i$$

Donde:

$\overline{hp}$ : precipitación media (mm)

$AT$ : área total de la cuenca (mm)

$A_i$ : área designada por cada estación(mm)

$$\overline{hp} = \frac{(0.00074358 * 45.34) + (0.00072234 * 12.56) + (0.00066534 * 8.20)}{66.10}$$

$$\overline{hp} = 729.84 \text{ mm}$$

## Capítulo 3 Proyecto de remodelación.

El proyecto ejecutivo consiste en la remodelación total de la tienda; con el objetivo de ampliar las áreas de venta, y crear nuevos espacios de mercado en donde los clientes tengan mayor acceso y tengan un espacio de confort.

Se realiza la remodelación de 27, 087.37 m<sup>2</sup> incluyendo bodegas, piso de ventas y estacionamiento de dos niveles. Las especialidades involucradas en estos trabajos de remodelación son:

- Gerencia de remodelación Walmart
- Supervisión de obra
- Residencia de obra
  - Residentes de obra
  - Programación y costos
  - Área de Compras
  - Bodegueros
- Seguridad e higiene
- Seguridad privada
- Tablaroca y pintura
- Plomería, Instalaciones hidráulicas y sanitarias
- Eléctrico
- Sistemas CCTV y Alarmas
- Obra civil
- Pisos
- Cerrajería y Cancelería
- Refrigeración y congelado
- Aire acondicionado y Extracción
- Herrería
- Limpieza

Las anteriores complementan un trabajo de obra programado para un periodo de ejecución de 5 meses, con fecha de inicio 11 de febrero 2019 y término 13 de julio de 2019.

La obra se programa en 9 etapas consecutivas, planeadas para no interferir en la operación de la tienda, haciendo labores en turno diurno y nocturno en 6 días laborales.



El presente trabajo se enfoca a los trabajos hidráulicos dentro de la remodelación. En el siguiente subcapítulo se presenta un esquema general de la recolección de agua, el tránsito y la disposición final de la misma. Cubre las instalaciones hidráulicas, de protección contra incendio, sanitaria y bajadas pluviales, necesarias para satisfacer las demandas de la tienda. Comprende los tanques cisterna y redes generales de agua con cuarto de máquinas y equipos de bombeo para agua de servicios y protección contra incendios. Tomando en cuenta que el suministro municipal y la presión son variables, se optó por un abastecimiento a los servicios, con 3 tanques cisterna y un sistema de bombeo hidroneumático. Se puede observar en la ilustración 8 muestra la conversión de UM a litros por segundo (LPS).

**TABLA 3.2 CONVERSION DE UNIDADES HUEBLE A LITROS POR SEGUNDO.**

GASTO (L.P.S.)	UNIDADES HUEBLE		GASTO (L.P.S.)	UNIDADES HUEBLE		GASTO (L.P.S.)	UNIDADES HUEBLE	
	TANQUE	FLUXO- METRO.		TANQUE	FLUXO- METRO.		TANQUE	FLUXO- METRO.
0.063	0	--	2.77	103	35	8.83	585	490
0.13	1	--	2.84	107	37	9.14	611	521
0.19	3	--	2.90	111	39	9.46	638	559
0.25	4	--	2.96	115	42	9.77	665	596
0.32	6	--	3.03	119	44	10.09	692	631
0.38	7	--	3.09	123	46	10.40	719	666
0.44	8	--	3.15	127	48	10.72	748	700
0.50	10	--	3.22	130	50	11.04	778	739
0.57	12	--	3.28	135	52	11.35	809	775
0.63	13	--	3.34	141	54	11.67	840	811
0.69	15	--	3.41	146	57	11.99	874	850
0.76	16	--	3.47	151	60	12.62	945	931
0.82	18	--	3.53	155	63	13.25	1018	1009
0.88	20	--	3.60	160	66	13.88	1091	1091
0.95	21	--	3.66	165	69	14.51	1173	1173
1.01	23	--	3.72	170	73	15.14	1254	1254
1.07	24	--	3.78	175	76	15.77	1335	1335
1.13	26	--	3.91	185	82	16.40	1418	1418
1.20	28	--	4.04	195	88	17.03	1500	1500
1.26	30	--	4.16	205	95	17.66	2583	2583
1.32	32	--	4.29	215	102	18.29	1668	1668
1.39	34	5	4.42	225	108	18.92	1755	1755
1.45	36	6	4.54	236	116	19.55	1845	1845
1.51	39	7	4.67	245	124	20.19	1926	1926
1.58	42	8	4.79	254	132	20.82	2018	2018
1.64	44	9	4.92	264	140	21.45	2110	2110
1.70	46	10	5.05	275	148	22.08	2204	2204
1.77	49	11	5.17	284	158	22.71	2298	2298
1.83	51	12	5.30	294	168	23.34	2388	2388
1.89	54	13	5.43	305	176	23.97	2480	2480
1.95	56	14	5.55	315	186	24.60	2575	2575
2.02	58	15	5.68	326	195	25.23	2670	2670
2.08	60	16	5.80	337	205	25.86	2765	2765
2.14	63	18	5.93	348	214	26.49	2862	2862
2.21	66	20	6.06	359	223	27.13	2960	2960
2.27	69	21	6.18	370	234	27.76	3060	3060
2.33	74	23	6.31	380	245	28.39	3150	3150
2.40	78	25	6.62	406	270	31.54	3620	3620
2.46	83	26	6.94	431	295	34.70	4070	4070
2.52	86	28	7.25	455	329	37.85	4480	4480
2.59	90	30	7.57	479	365	44.15	5380	5380
2.65	95	31	7.89	506	396	50.47	6280	6280
2.71	99	33	8.20	533	430	56.77	7280	7280
			8.52	559	460	63.06	8300	8300


D.D.F.  
  
D.G.C.D.H.

Ilustración 9.- Equivalencia de unidades.

En el desarrollo de la siguiente tabla 8 se muestra el cálculo del gasto máximo instantáneo se obtuvo en base al número de unidades-mueble (UM) que habrá en la instalación y el número de unidades

mueble que corresponde según el método del Dr. Roy Hunter. El método consiste en asignar un número de unidades de desagüe a cada mueble que forma parte de la instalación. Cada número de unidades de desagüe puede convertirse a unidades de gasto en [lps] según la relación obtenida de la anterior ilustración 8.

SERVICIOS			DEMANDA GENERAL			
MUEBLE	ÁREA	SERVICIO	UM	CANTIDAD	UMT	LPS
LAVABO	SANITARIOS CLIENTES HOMBRE - MUJERES	PÚBLICO	2	8	16	0.76
		PRIVADO				
LAVABO	SANITARIOS ASOCIADOS HOMBRE - MUJERES	PÚBLICO	2	4	8	0.44
		PRIVADO				
LAVABO	SANITARIOS PANADEROS HOMBRE - MUJERES	PÚBLICO	2	1	2	0.16
		PRIVADO				
REGADERA	SANITARIOS ASOCIADOS HOMBRE - MUJERES	PÚBLICO	2	1	2	0.16
		PRIVADO				
ALIMENTACION SIS. PROTOCOL	PROTOCOL	PÚBLICO				
		PRIVADO	2	3	6	0.32
LLAVE NARIZ CTO. DE BASURA	CUARTO DE BASURA	PÚBLICO				
		PRIVADO	2	1	2	0.16
EQUIPO A PRESIÓN	CUARTO DE BASURA	PÚBLICO				
		PRIVADO	2	1	2	0.16
TARJA DE PISO	CUARTO DE ASEO	PÚBLICO				
		PRIVADO	2	2	4	0.25
LLAVE NARIZ PARA MANT. A.A.	AZOTEA	PÚBLICO				
		PRIVADO	2	6	12	0.57
LOCALES COMERCIALES	LOCALES COMERCIALES	PÚBLICO	5	6	30	1.26
		PRIVADO				
LAVAMANOS	CONSULTORIO	PÚBLICO	2	1	2	0.16
		PRIVADO				
ALIMENTACIÓN A ULAS	CUBIERTA	PÚBLICO				
		PRIVADO	1	22	22	0.98
CAMARA DE FERMENTACIÓN	PANADERIA	PÚBLICO				
		PRIVADO	3	2	6	0.32
HORNO GIRATORIO	PANADERIA	PÚBLICO				
		PRIVADO	3	2	6	0.32
DOSIFICADOR DE AGUA	PANADERIA	PÚBLICO				
		PRIVADO	3	1	3	0.19
TARJA DE ACERO CON TRES COMP	PANADERIA	PÚBLICO				
		PRIVADO	3	1	3	0.19
ENFRIADOR DE AGUA	PANADERIA	PÚBLICO				
		PRIVADO	2	1	2	0.16
LAVAMANOS	PANADERIA	PÚBLICO				
		PRIVADO	2	1	2	0.16
AMASADORA ESPIRAL	TORTILLADORA	PÚBLICO				
		PRIVADO	1	1	1	0.13
TARJA DE ACERO CON TRES COMP	DELI	PÚBLICO				
		PRIVADO	3	1	3	0.19
LAVAMANOS	DELI	PÚBLICO				
		PRIVADO	3	1	3	0.19
HORNO INFERNO 3500	DELI	PÚBLICO				
		PRIVADO	2	1	2	0.16
VITRINA DELI CALIENTE	DELI	PÚBLICO				
		PRIVADO	2	1	2	0.16
TARJA DE ACERO DE TRES COMP	CARNES	PÚBLICO				
		PRIVADO	3	1	3	0.19

LAVAMANOS PREP. CARNES	CARNES	PÚBLICO				
		PRIVADO	2	1	2	0.16
TARJA DE ACERO DE TRES COMP	PESCADOS	PÚBLICO				
		PRIVADO	3	1	3	0.19
LAVAMANOS PREP PESCADOS	PESCADOS	PÚBLICO				
		PRIVADO	2	1	2	0.16
MAQUINA DE HIELO	PESCADOS	PÚBLICO				
		PRIVADO	2	1	2	0.16
TARJA DE ACERO DE TRES COMP	SALCHICHONERIA	PÚBLICO				
		PRIVADO	3	1	3	0.19
LAVAMANOS PREP SALCHICHONERIA	SALCHICHONERIA	PÚBLICO				
		PRIVADO	2	1	2	0.16
SISTEMA ROCIADOR DE LEGUMBRES	PREPARACION FRUTAS Y VERDURAS	PÚBLICO				
		PRIVADO	2	2	4	0.25
TARJA DE ACERO DE TRES COMP	PREPARACION FRUTAS Y VERDURAS	PÚBLICO				
		PRIVADO	3	1	3	0.19
LAVAMANOS PREP FRUTAS Y VERDURAS	PREPARACION FRUTAS Y VERDURAS	PÚBLICO				
		PRIVADO	2	1	2	0.16
TARJA DE ACERO DE UN COMP	CAFETERIA	PÚBLICO				
		PRIVADO	3	1	3	0.19
		TOTALES :	170			3.72

Tabla 8.- Cálculo de unidades mueble. Elaboración propia.

De los resultados de la tabla anterior, se tiene una demanda de **170 unidades muebles** que es equivalente a **3.72 lps**. De acuerdo con la normatividad vigente, las tuberías de desagüe en los núcleos de servicio (baños de clientes, baños de asociados y área de cocina) tendrán un diámetro no menor a 75 mm. Los inodoros deberán descargar a una tubería de 100 mm de diámetro y con una pendiente del 2%. Aplicando la ecuación de Manning para calcular la capacidad de las tuberías y considerando las características de una tubería de PVC [ $n=0.009$ ] se calcula:

$$Q = \frac{A}{n} R_h^{2/3} S^{1/2}$$

$$Rh = \frac{D}{4} \quad \text{para tubo lleno}$$

Donde:

Q: gasto [lps]

A: área del tubo [m<sup>2</sup>]

S: pendiente de la tubería

D: diámetro de la tubería [m]

R: radio hidráulico [m]

n: coeficiente de rugosidad

Aplicando la ecuación de Manning con los datos de proyecto se tienen los resultados en la tabla 9.

D propuesto [m]	A tubo [m <sup>2</sup> ]	S tubo	Q tubo lleno [lps]	Q medio tubo [lps]
0.075	0.0044	0.020	4.90	2.45
0.100	0.0079	0.020	10.55	5.28

Tabla 9.- Cálculo de la capacidad de las tuberías. Elaboración propia.

Se observa que tiene la capacidad suficiente para desalojar los gastos sanitarios mencionados.

### 3.1 Planta arquitectónica.

En la ilustración 7 se presenta en planta arquitectónica y de manera breve parte del proyecto ejecutivo y se muestran las áreas que comprenden el supercenter en remodelación; debajo de la ilustración se describe cada una de las áreas.



Ilustración 10.- Planta arquitectónica del supercenter



Estacionamiento: es un espacio exclusivo de los clientes para el acomodo de sus vehículos.



Piso de ventas: en esta área se realiza el proceso de venta de los productos en exposición.



Preparados: aquí se encuentra panadería, carnes, pasteles, pescados, salchichería. Son todos aquellos productos que necesitan una preparación para la venta.



Trastienda: se le llama así al espacio donde almacenan toda la mercancía.



Patio de maniobras: es el espacio en donde se realizan los trabajos de carga y descarga de los productos que llegan a tienda.



Planta de tratamiento: es un espacio asignado en donde se le da el tratamiento correspondiente a las aguas que salen de las áreas de toda la tienda.

### 3.2 Recolección de agua pluvial.

Los sistemas de captación de agua de lluvia deben considerar un área de captación, un sistema de conducción, el cual puede ser a través de lámina galvanizada, una canaleta la cual capta y conduce el agua de lluvia a la cisterna o a otros sistemas de almacenamiento. En la ilustración 8 y 9 se aprecia una vista en planta de la zona de estacionamiento planta alta y planta baja, respectivamente.

#### Áreas de recolección.

Espacio: Estacionamiento planta alta.

Área: 7,519.03 m<sup>2</sup>

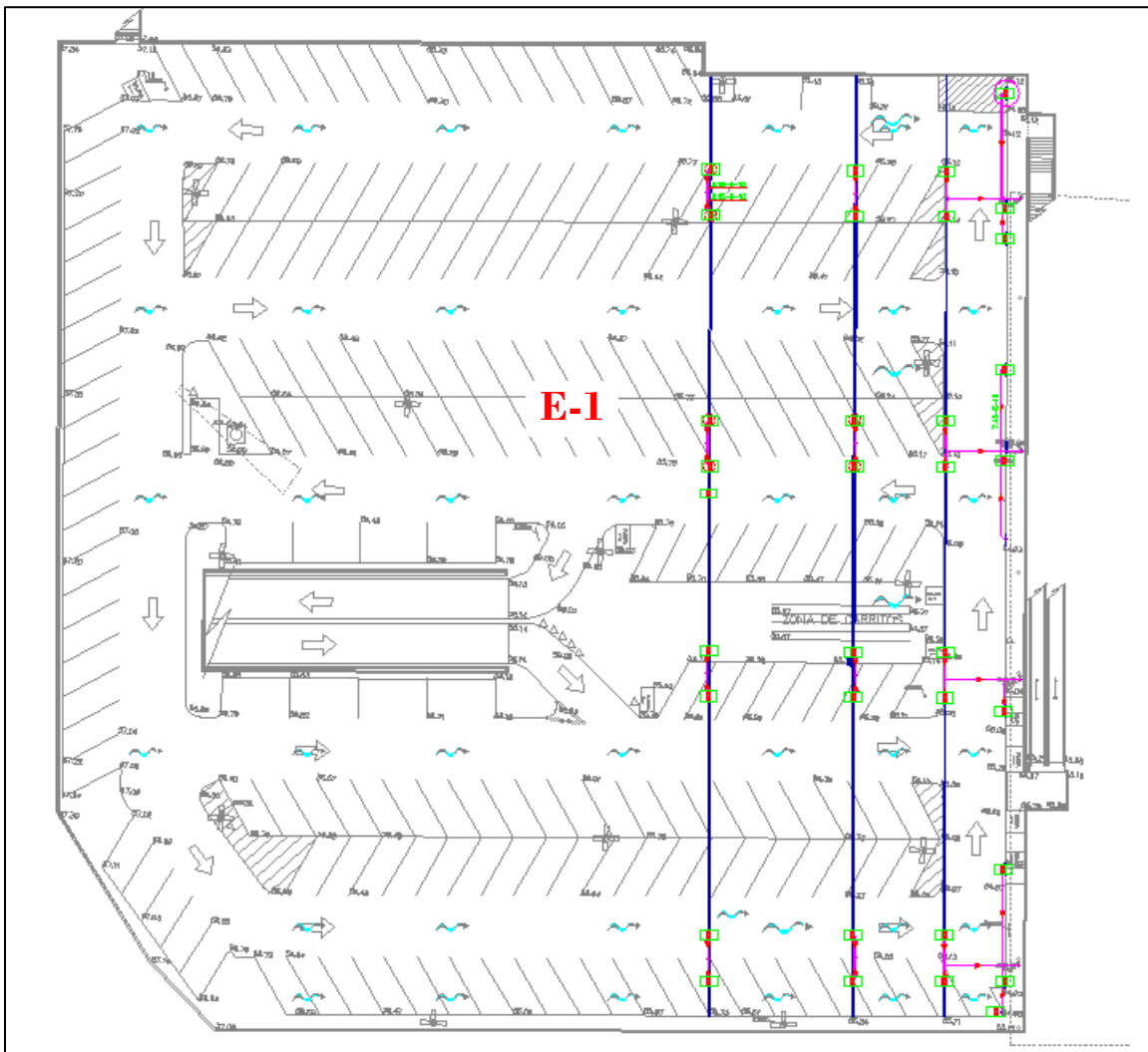


Ilustración 11.- Estacionamiento planta alta (vista en planta).

SIMBOLO	DESCRIPCIÓN
<b>E-1</b>	Sistema de losa Aligera a base de losacero de 15 cm de espesor con una resistencia de $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$ .

Espacio: Estacionamiento planta baja.

Área: 7,782.85 m<sup>2</sup>

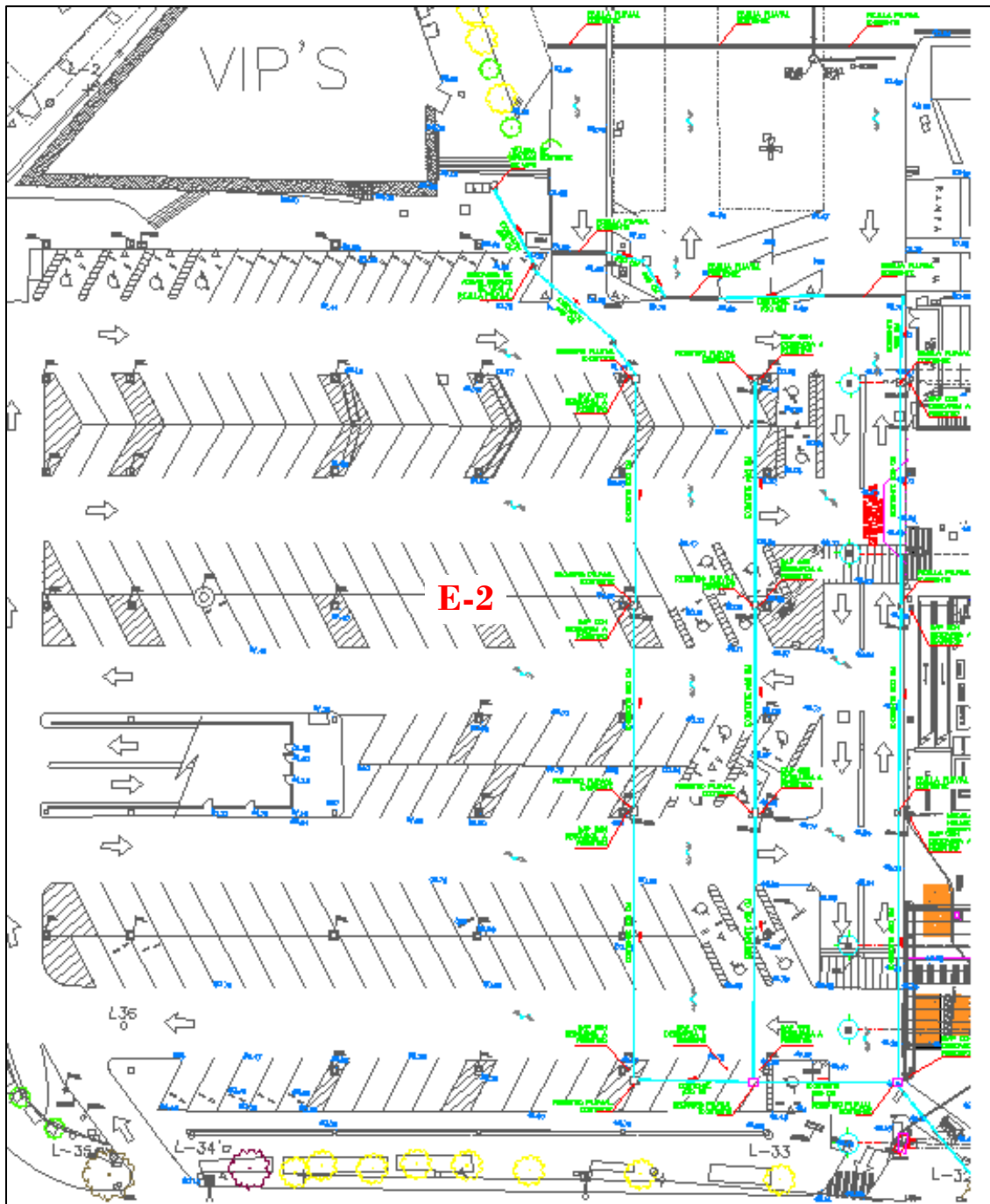


Ilustración 12.- Estacionamiento planta baja (vista en planta).

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
<b>E-2</b>	Sistema de losa de concreto $f'c$ 300 kg/cm <sup>2</sup> con un espesor de 15 cm armado con varilla del No. 2 a cada 30 cm y varilla del No. 3 a cada 30 cm intercalando la posición en sentido largo y corto.

En la ilustración 10 se puede observar la planta azotea con los diferentes materiales que se utilizan. Al mismo tiempo se determina el área donde se puede recolectar el agua pluvial.

Espacio: Techumbre o cubierta

Área: 12, 590.70 m<sup>2</sup>

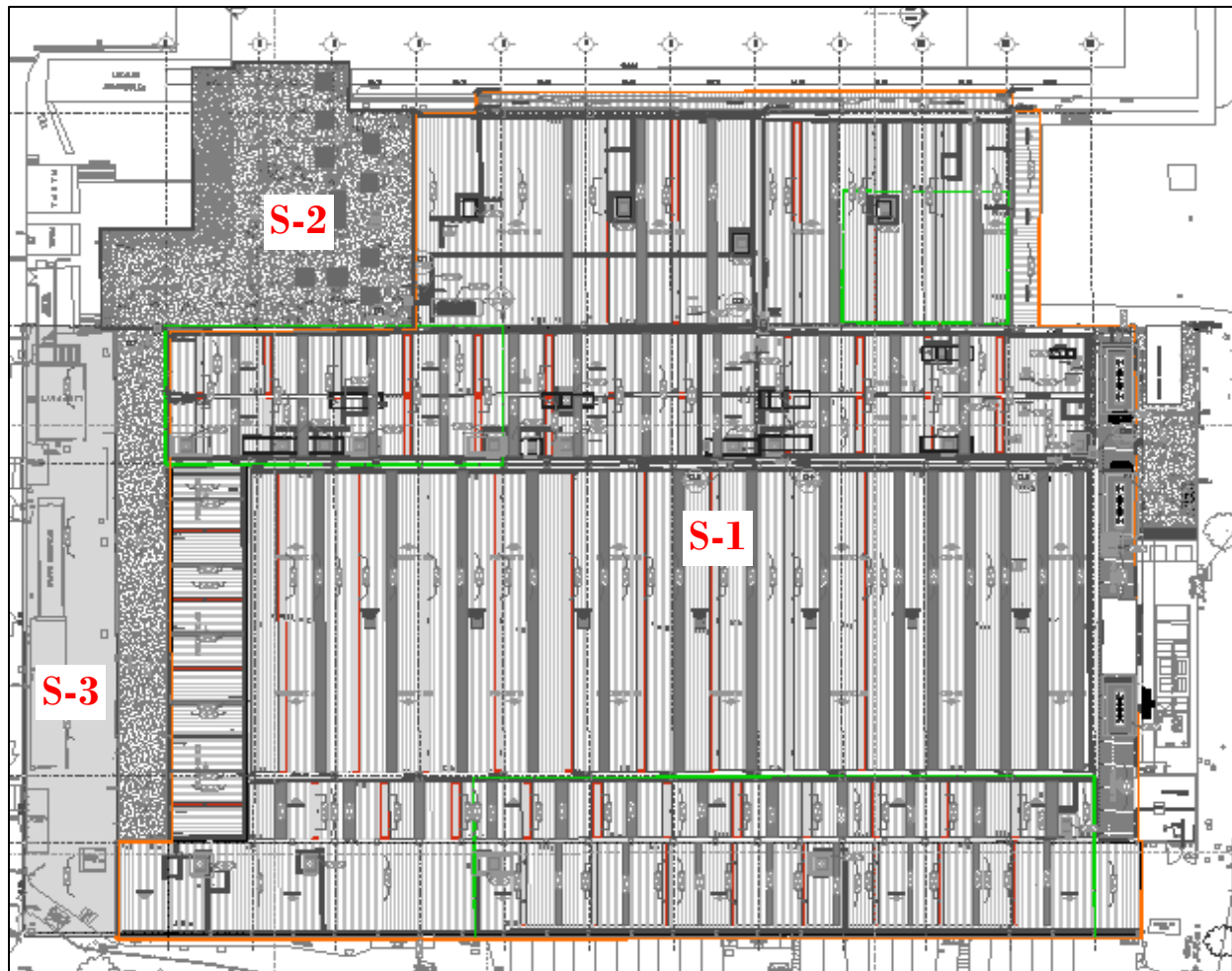


Ilustración 13.- Planta de azotea.

En la cubierta se utilizan diferentes materiales, los cuales se describen brevemente a continuación y se hace referencia de cada uno en la figura anterior.

SIMBOLO	DESCRIPCIÓN
<b>S-1</b>	Sistema de cubierta tipo SSR (Standing Seam Roof) acanalada y engargolada en obra; este material disminuye el riesgo de posibles filtraciones debido a que no se requiere la perforación de la lámina para la instalación.
<b>S-2</b>	Sistema de impermeabilizante asfáltico prefabricado; este material se coloca a base de una mezcla asfáltica que sirve como adherente para la colocación de gravilla unida en una capa de poliéster.

<b>S-3</b>	Sistema de lámina traslúcida de policarbonato de 8 mm de espesor; lo colocación de este material se hace en el sentido largo de tal manera de formar un arco.
------------	---

En patio de maniobras se representa en la ilustración 11; la cual representa una zona considerable ante la recolección de agua pluvial. Cabe mencionar que esta zona de descarga cuenta con un pesado tránsito y tiene mucha recurrencia.

Espacio: Patio de maniobras

Área: 515.97 m<sup>2</sup>

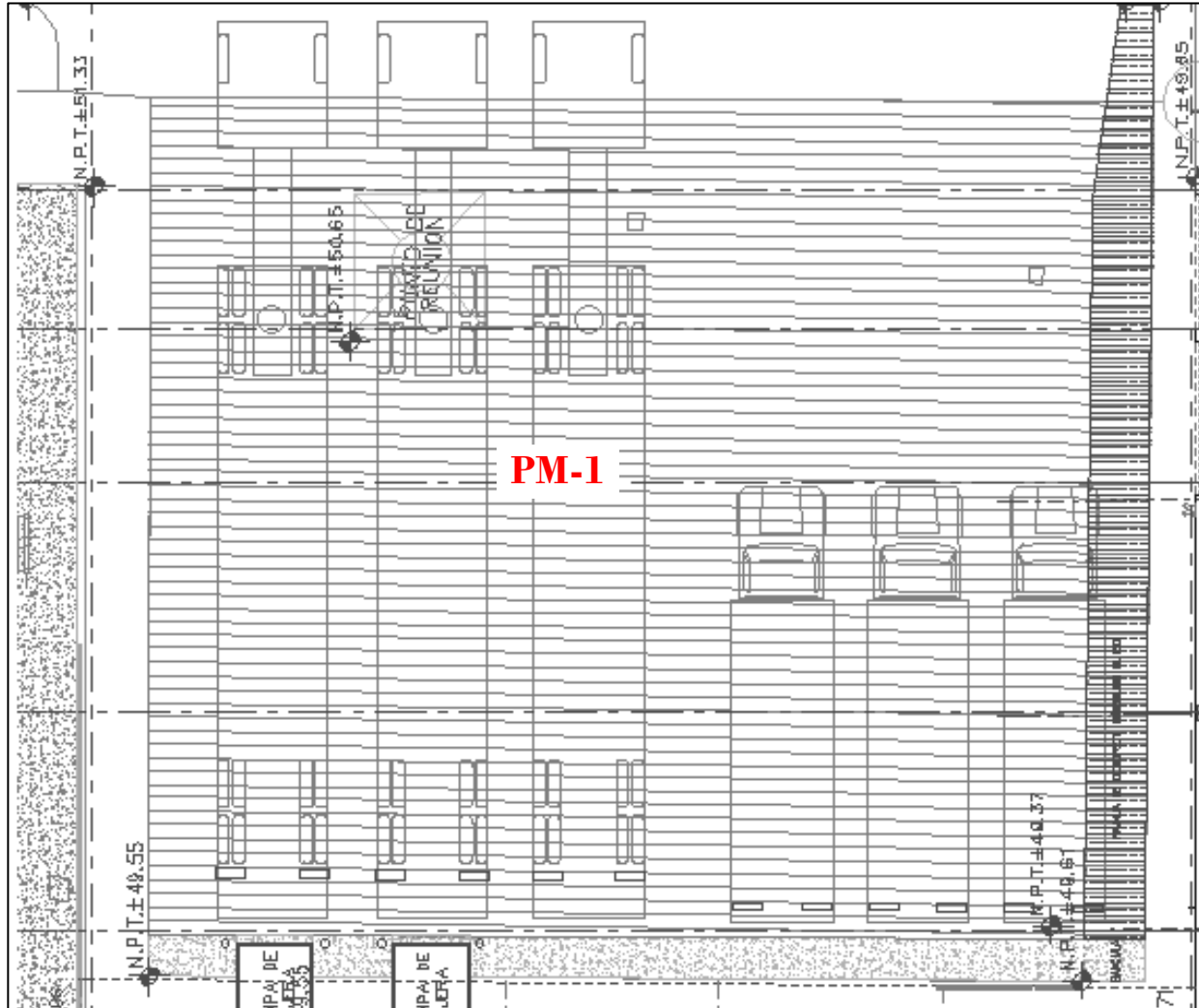


Ilustración 14.- Patio de maniobras (vista en planta).

SIMBOLO	DESCRIPCIÓN
<b>PM-1</b>	Sistema de rampa a base de concreto tipo R-40 con un espesor de 30 cm, armado con malla electrosoldada 6-6/10-10, terminado barrido con una separación de 5 cm.



En la fotografía 1 se puede observar un ángulo de percepción del estacionamiento en la planta baja, cabe destacar que se encuentra vacío debido a que los trabajos se estaban realizando en el turno nocturno. La fotografía 2 y 3 muestra una parte de la cubierta, en donde se ve el tipo de material que se utiliza y la posición de las láminas. De la misma manera se considera la forma de canaleta sobre la cual el agua pretende escurrir.



*Fotografía 1.- Estacionamiento Planta Baja.*



Fotografía 2.- Techumbre. Sellado de láminas.



Fotografía 3.- Colocación de pasos de gato.

### 3.2.1 Almacenamiento de agua pluvial.

De las áreas de recolección que se mostraron en el subcapítulo anterior, se estima lo siguiente:

ESPACIO	ÁREA (m <sup>2</sup> )
Estacionamiento planta alta	7519.03
Estacionamiento planta baja	7782.85
Techumbre o cubierta	12590.7
Patio de maniobras	515.97
<b>TOTAL (m<sup>2</sup>) :</b>	<b>28408.55</b>
<i>Precipitación (m) :</i>	0.275
Volumen medio (m <sup>3</sup> ) :	7812.35

Se procede al cálculo del diámetro de la toma conociendo que:

- 1) Coeficiente de variación diaria (cvd) : 1.40
- 2) Coeficiente de variación horaria (cvh) : 1.55
- 3) Área de recolección: 28, 408. 55 m<sup>2</sup>

$$Q_{med} = \frac{28408.55}{86400} = 0.33 \text{ lps}$$

$$Q_{max \text{ diario}} = 0.33 * 1.40 = 0.462 \text{ lps} = 0.000462 \text{ m}$$

De la ecuación de continuidad se obtiene lo siguiente:  $Q = VA$ ;  $A = \frac{Q}{V}$

Para la selección del diámetro de la línea, se consideró que había que conducir el gasto máximo diario, es decir 3.72 lps. y que la velocidad con la que trabajaría el tubo estaría entre 0.70 y 2.50 m/s, por lo

tanto se tiene:

$$A = \frac{0.00372}{1.5} = 0.00248 \text{ m}^2$$

De la ecuación del área de un círculo:  $A = \pi * r^2$ ;  $r = \sqrt{\frac{A}{\pi}}$

$$r = 0.028 \text{ m} = 28 \text{ mm} \times 2 = 56 \text{ mm}$$

Según la memoria de cálculo se necesita una tubería de 56 mm de diámetro, en términos comerciales, se deberá emplear una tubería de 1 ½" equivalente.

### 3.3 Red general de la instalación hidráulica.

El objetivo principal es proporcionar un proyecto adecuado y eficiente que permita satisfacer completamente la necesidad de abastecimiento de agua potable para el supercenter. La red para el abastecimiento de agua será de tuboplus, que es una tubería de polipropileno muy durable y flexible; éste tipo de material ha sido hecho como un sistema integral, ya que abarca una gran variedad de tubos, conexiones y herramientas para cubrir las necesidades de toda instalación hidráulica.

La forma de instalación de ésta tubería se hace con termofusión que es un avanzado sistema que garantiza cero fugas, ya que fusiona molecularmente el tubo y la conexión, formando una sola pieza indisoluble sin necesidad de aporte de material, roscas o pegamentos especiales. El proceso de termofusión que se aprecia en la fotografía 4 es rápido, limpio y seguro, permitiendo ahorros importantes en tiempo y costo de instalación. Usando una herramienta eléctrica llamada termofusor (mostrado en la fotografía 5), el tubo y la conexión se calientan con dados teflonados a 260 °C y posteriormente se unen en pocos segundos.



Fotografía 4.- Proceso de termofusión.



Fotografía 5.- Termofusor.

La ilustración 14 representa el plano que muestra la trayectoria hidráulica de la tienda. Cabe mencionar que el cuarto de bombas se encuentra localizado a 89.69 metros de la tienda, frente a las instalaciones del VIPs, de forma subterránea. Y en la ilustración 15 se marca de manera general la ubicación del cuarto de bombas y el inicio de la instalación.

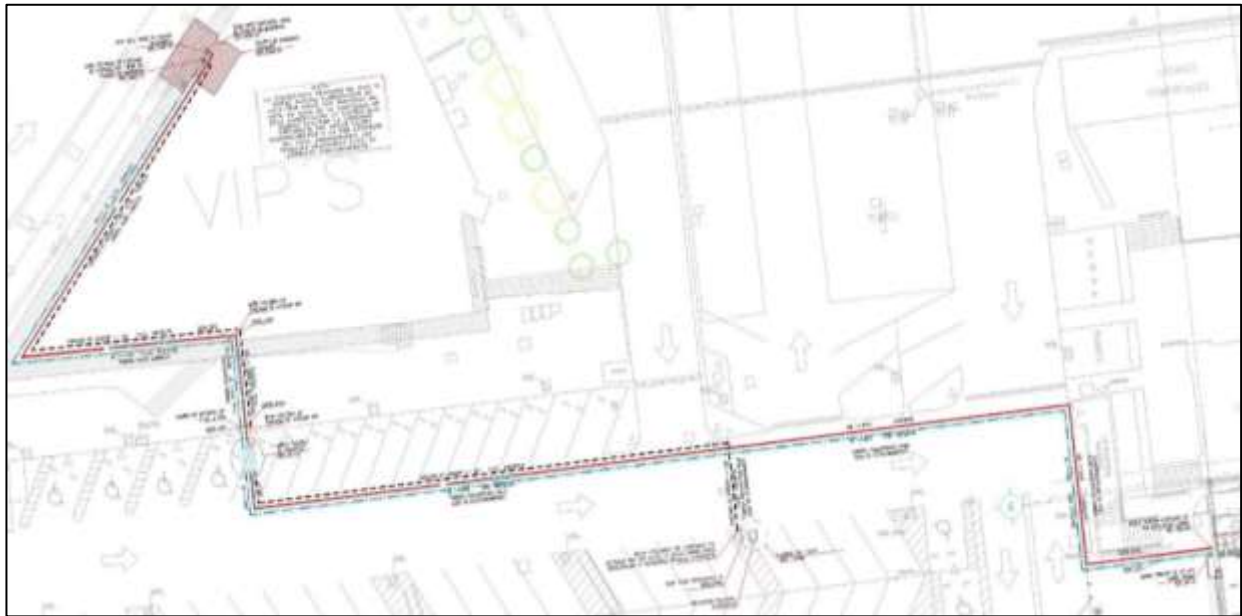


Ilustración 15.- Ubicación de la red general y el cuarto de bombas.

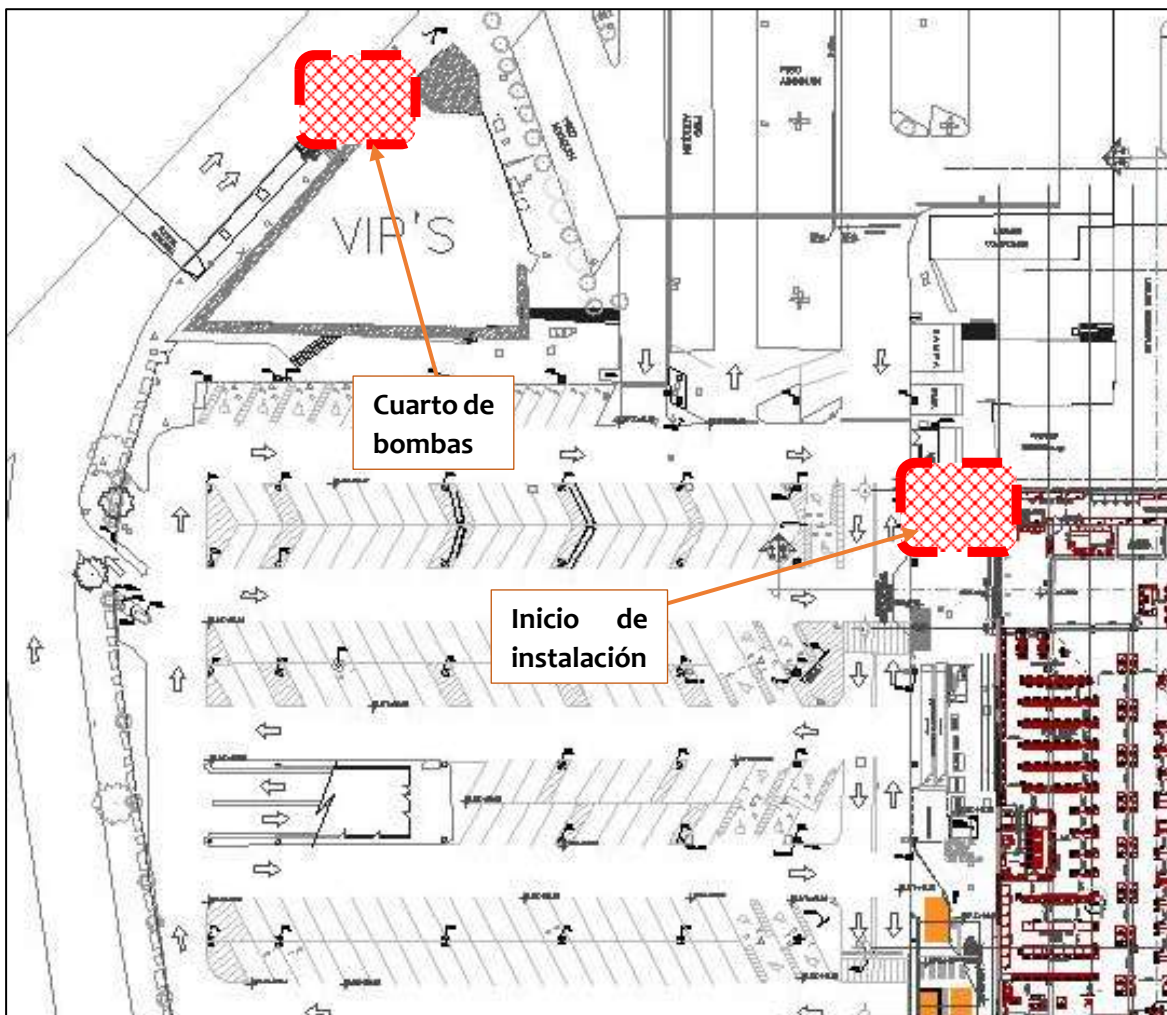


Ilustración 16.- Línea principal de la red hidráulica.

En la fotografía 4 se percibe una parte de la instalación hidráulica a base de tubería de tuboplus, que a diferencia del cobre y PVC, resiste altas presiones, superando las necesidades que tienen las instalaciones de la mayoría de las construcciones comerciales e industriales. Cuenta con una capa interna antibacterial, la cual inhibe la reproducción de bacterias, ayudando a ofrecer agua más limpia. Es compatible con cualquier tipo de tubería y resistente a climas externos.

Y en la fotografía 5 se distingue una válvula de globo de cobre que se emplea en la red general contra incendios.



*Fotografía 6.- Red de agua en Baños de Asociados.*



*Fotografía 7.- Accesorios de la red hidráulica.*

---

La ilustración 16 marca el desarrollo de la red principal de agua que se instala de manera aérea, y alimenta a las 23 Unidad Lavadoras de Aire (ULA's) debido a que es un sistema de acondicionamiento de aire, que consiste en pasar a éste por una cortina de agua para disminuir la temperatura del aire.

Este sistema regula la temperatura dentro de la tienda, lo cual evita las altas o bajas temperaturas dentro de la tienda.

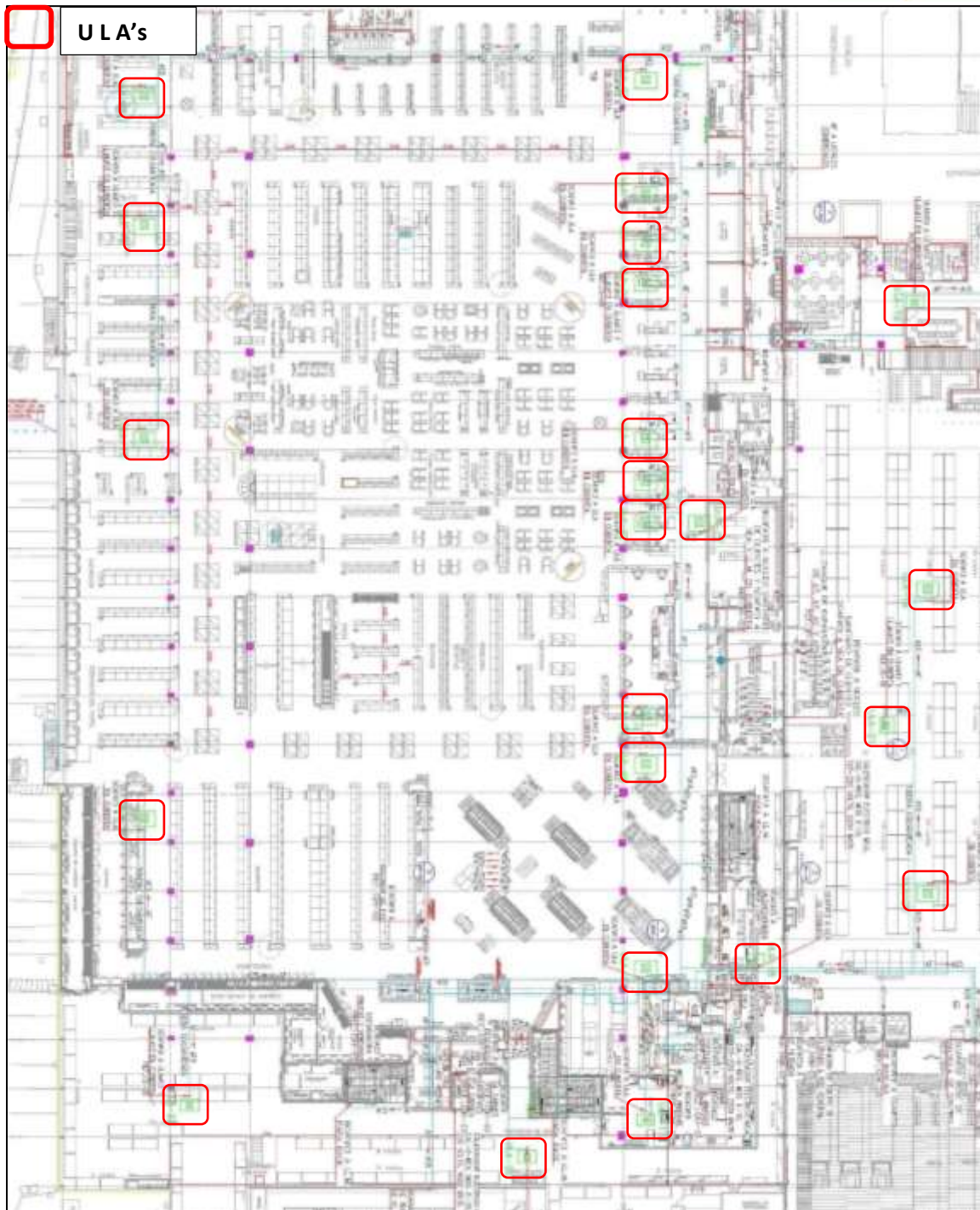


Ilustración 17.- ubicación general de las ULA's.

En trastienda, se encuentra el termostato para suministrar el agua caliente; ésta se podrá utilizar en:

- 1) carnes
- 2) amasijo
- 3) cámara de congelados
- 4) regadera de panaderos



Así como se muestra la trayectoria en la ilustración 17.

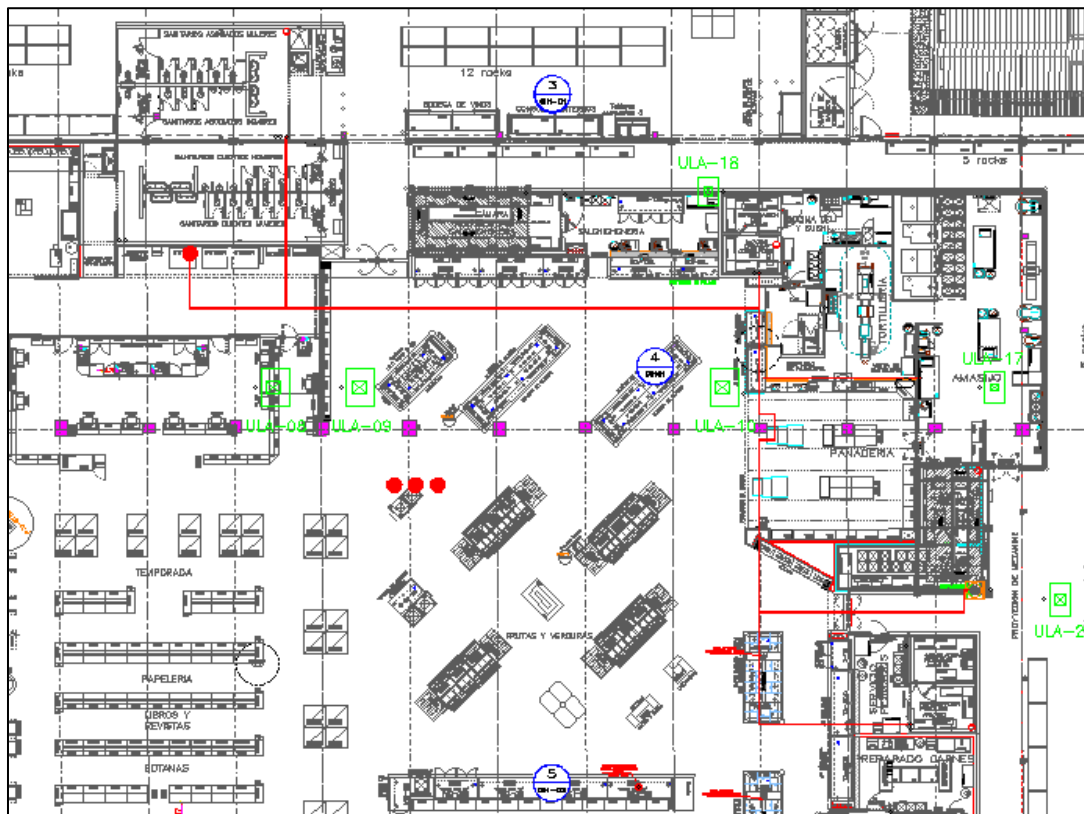


Ilustración 18.- Red de agua caliente.

El desalojo de estas aguas será planteado en el subcapítulo 3.4, en donde se describe brevemente la salida de las aguas y la conducción hacia la planta de tratamiento. Cabe mencionar que según las reglas de operación de Walmart, las plantas de tratamiento solo se utilizan para que el agua desalojada hacia el colector general no esté tan contaminada.

De lo anterior se hace la propuesta de que el agua resultante de la planta de tratamiento se reutilice en un ciclo, siempre llevando un tratamiento para la calidad del líquido, tal como se describirá en el subcapítulo 3.4.

En la siguiente ilustración 18, se proyecta la instalación de agua tratada. Por las condiciones de sanidad dentro del protocolo de producción de la tienda, sólo se emplea el agua tratada en el área de sanitarios para clientes. Sin embargo, se deberá cuidar los parámetros de la calidad del agua.

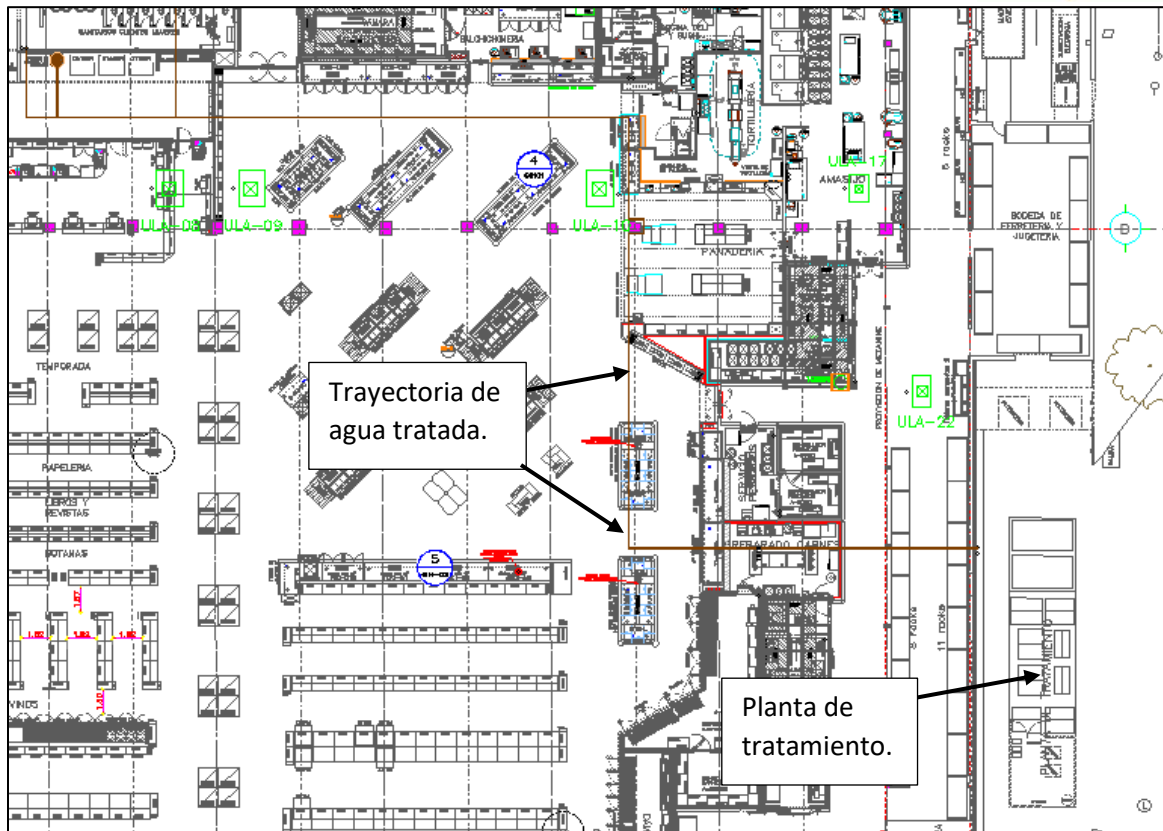


Ilustración 19.- Ubicación de la planta de tratamiento.

En la fotografía 6 se contempla la ubicación de la planta de tratamiento ubicada en la parte trasera de la tienda.



*Fotografía 8.- Planta de tratamiento. Fachada posterior.*

### **3.4 Red general de la instalación sanitaria.**

El objetivo principal es el desalojar un proyecto adecuado y eficiente que permita satisfacer completamente la necesidad de desalojo de aguas negras, jabonosas y pluviales para afuera del supercenter y tratarlas de manera adecuada para su reúso. Las tuberías de desagüe en la red interior tendrán un diámetro no menor de 50 mm, así como las pendientes mínimas serán del 2% y las tuberías y conexiones será de PVC sanitario de acuerdo a la norma NMX-E-199/1-CNCP-2005



Fotografía 9.- Red Sanitaria de Baños de Clientes.



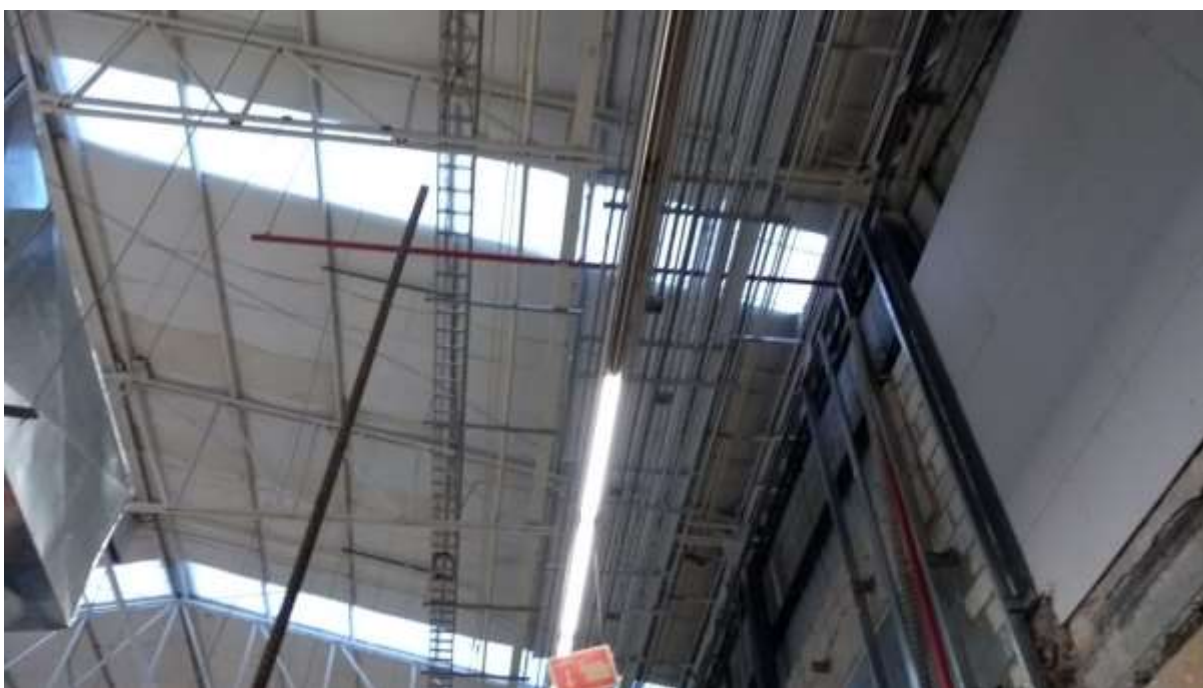
Fotografía 10.- Red Sanitaria de Locales Comerciales.



Fotografía 11.- Preparación de instalaciones hidrosanitarias en baños de Asociados.



Fotografía 12.- Instalación hidrosanitaria del retrete.



Fotografía 13.- Instalación de agua caliente y agua tratada.

#### 3.4.1. Separación de sólidos por cribado.

El cribado es un proceso mecánico que separa los materiales de acuerdo a su tamaño de partícula individual. Esto se cumple proporcionando un movimiento en particular al medio de cribado, el cual es generalmente una malla o una placa perforada, esto provoca que las partículas más pequeñas y que el

tamaño de las aberturas (del medio de cribado) pasen a través de ellas como finos y que las partículas más grandes sean acarreadas como residuos. (UNAM, 2020).

En Wal-Mart se encuentra ubicado en la parte trasera de la tienda, como lo indica la ilustración 19, una planta de tratamiento que se dispone a ser utilizada para tratar el agua que sale de la tienda, esto con el fin de reusar las aguas dentro del sistema sanitario. Las dimensiones que están disponibles para la colocación de material fino y granular, de manera que se pueda filtrar el agua residual.

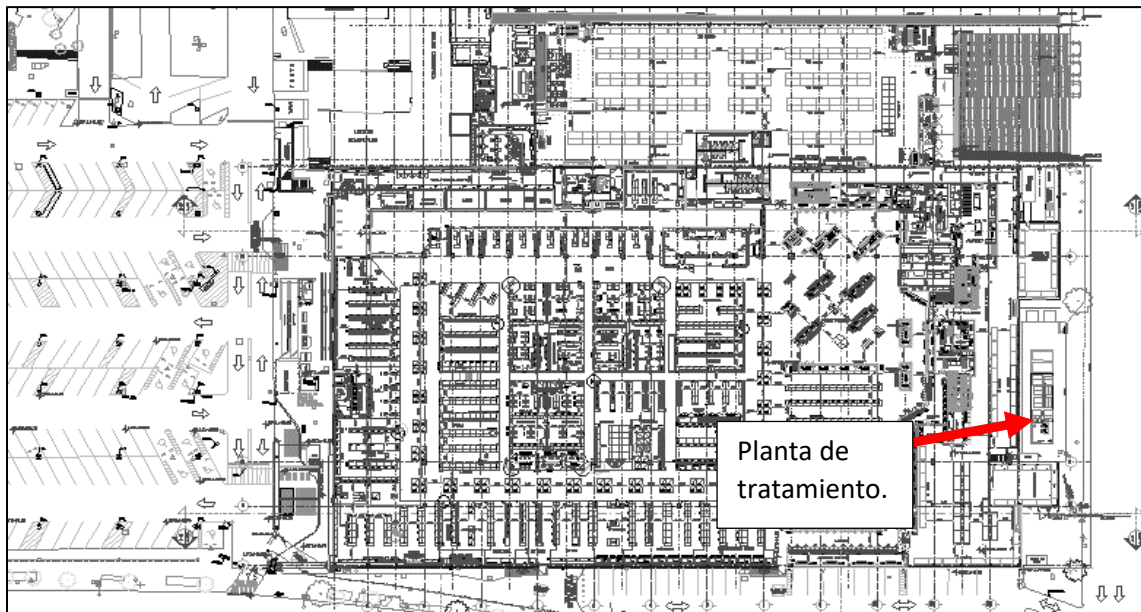


Ilustración 20.- Ubicación de la planta de tratamiento. Plano ejecutivo.



Fotografía 14.- Instalación de llegada a la Planta de Tratamiento.

### 3.4.2 Proceso de cloración.

El cloro en sus múltiples formas ha sido usado durante mucho tiempo con propósitos de sanitización del agua, al punto que en la percepción común de la gente es sinónimo de inocuidad bacteriana o incluso de agua potable. Aplicar el gas cloro directamente al agua puede ser económico por el costo del insumo, pero por los riesgos de manipulación requiere equipo de seguridad y procedimientos sofisticados que sólo lo hacen práctico a gran escala.

**Pre-cloración:** En esta etapa, se añade la cantidad de cloro necesaria para sobrepasar el punto de ruptura. De esta forma se garantiza que el nivel de cloro residual sea el adecuado para la posterior desinfección. Habitualmente, la dosificación del cloro se realiza de forma proporcional al caudal de agua que ha de ser tratada.

**Desinfección-almacenaje-mantenimiento:** Esta etapa tiene lugar dentro del depósito y constituye el momento en que tiene lugar la desinfección propiamente dicha. Si el tiempo de permanencia es elevado, es necesario mantener un nivel residual de cloro que garantice que no ha habido una posible nueva contaminación microbiológica.

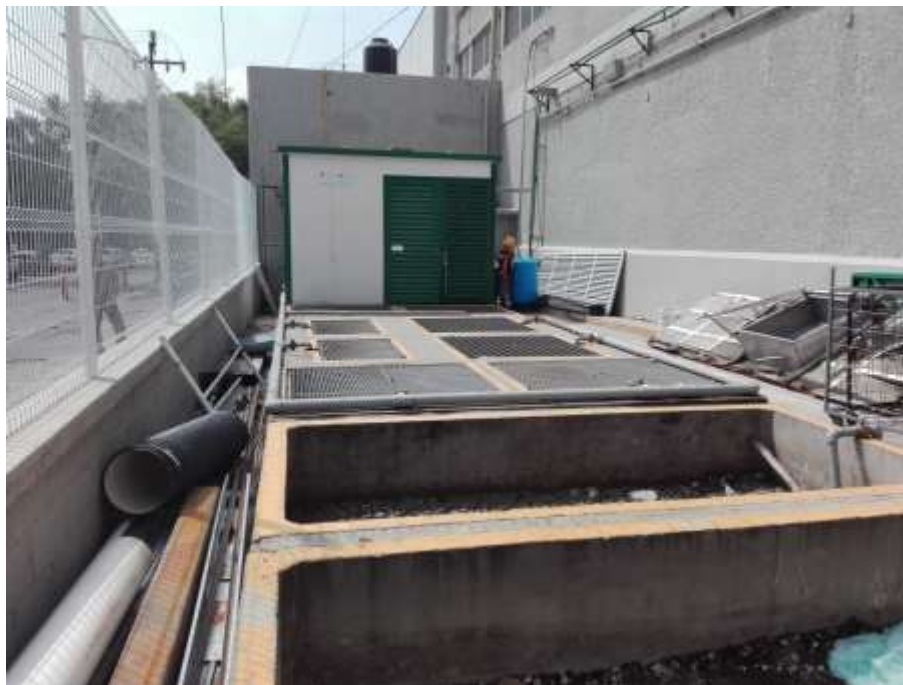
**Post-cloración:** Una vez que el agua ha salido y se distribuye para su uso puede ocurrir que sea necesario un aporte adicional de cloro para garantizar que los niveles de cloro residual son los requeridos en los puntos de consumo.

### 3.5 Planta de tratamiento de agua.

El agua residual que llega a la planta de tratamiento a través de las tuberías lleva tanto el agua como la basura que tiene acumulada y pasan libremente hasta unos estanques en la planta tratadora. Allí es almacenada para el posterior proceso de filtrado y descontaminación. Esta pasa por una serie de cámaras donde se llevan a cabo distintos niveles de filtrado.

En las fotografías 15, 16 y 17 se muestra una serie de estanques en donde el agua pasa por un proceso de cribado, en estos se separan las partículas cada vez más pequeñas. Esto con el objetivo de pasar a una etapa de estancamiento en la que mediante un proceso sea aeróbico o anaeróbico, se efectúa la sedimentación de los contaminantes que estén presente en el agua.

Posteriormente al agua se direcciona por medio de bombas y tubería de tuboplus, como se aprecia en la fotografía 15.



*Fotografía 15.- Planta de tratamiento.*





Fotografía 16.- Protección de planta de tratamiento.



Fotografía 17.- Secciones de cribado.



*Fotografía 18.- Adecuación de la planta de tratamiento.*

Después se envía el agua a un tanque de filtrado, tal como se puede observar en la fotografía 19, en donde sufre un proceso de tratamiento a base de carbón activado.



*Fotografía 19.- Tanque de filtrado.*

Este proceso es realizado a base de químicos que eliminan los residuos contaminantes que estén presentes en el agua. Una vez finalizados estos pasos, se revisa la composición del agua para ser comparada con la del afluente donde se liberará.

### 3.6 Costos de la instalación.

De acuerdo con el plano que se muestra en la ilustración, se realiza el presupuesto de la instalación como se muestra en la tabla 10, considerando los precios de los materiales y mano de obra que se consideraron en el presupuesto original del proyecto.

Es importante resaltar que este cálculo solo abarca la instalación de la tubería desde la conexión de la planta de tratamiento con el cuarto de bomba y hasta al suministro de los baños de clientes y asociados, pasando por el cuarto de filtrado.

Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	P.U.	Importe
A-01	Suministro y colocación de tubería Tuboplus $\varnothing 20$ mm, incluye: material, conexiones, mano de obra, herramienta, y limpieza del área de trabajo.	tramo	24.0	\$ 115.52	\$ 2,772.48
A-02	Suministro y colocación de tubería Tuboplus $\varnothing 32$ mm, incluye: material, conexiones, mano de obra, herramienta, y limpieza del área de trabajo.	tramo	12.0	\$ 155.56	\$ 1,866.72
A-03	Suministro y colocación de tubería Tuboplus $\varnothing 50$ mm, incluye: material, conexiones, mano de obra, herramienta, y limpieza del área de trabajo.	tramo	7.0	\$ 172.11	\$ 1,204.77

M-01	Colocacion de equipo motobomba de 1/2 HP de marca Barmesa, incluye; mano de obra, arrastre y maniobras de equipo desde camion a cto de bombas, colocar equipo en cto de bombas en su base, herramienta menor.	pza	2.0	\$ 1,423.65	\$ 2,847.30
T-01	Tanque de expansión de 14 galones (Aceptancia 11.3 galones) y conexión a sistema de 1/2", incluye: suministro, instalación, acarreo, mano de obra y todo lo necesario para su correcta ejecución.	pza	1.0	\$ 4,352.25	\$ 4,352.25
<b>TOTAL :</b>					\$ 13,043.52
<b>Trece mil cuarenta y tres pesos 52/100 M.N.</b>					

Tabla 10.- Costo de la instalación.

## Capítulo 4 Conclusiones y recomendaciones.

Los resultados sugieren que el aprovechamiento de agua lluvia es una opción técnicamente viable, pero financieramente no, pues la inversión inicial es alta, por lo que es importante buscar financiación externa para desarrollar este tipo de proyectos que representan una solución interesante para contribuir al desarrollo sostenible.

El objetivo es claro, tenemos que atrapar agua de lluvia. Los mejores lugares son lisos y de materiales no porosos; techos de metal o chapa son el ejemplo perfecto. El tamaño, la superficie y la pendiente determinan cuánto vamos a recolectar. La intensidad de la lluvia es también un factor fundamental.

Para que quede bien claro, un paso a paso.

Determinar el área de captación porque es el lugar que va a servir para atraer el agua de lluvia. Lo más común es recurrir a los techos impermeables. Se aprovecharon las grandes magnitudes de la cubierta sin importar la geometría o posición de ésta.

Conductos de agua que puede ser la inclinación del techo o conductos que dirijan el agua captada al depósito. Se hizo un análisis estadístico para hacer la medición las precipitaciones de la zona de localización de la tienda para dimensionar de la manera más precisa posible el tamaño necesario de los conductos y así evitar que se desborden y que se desaproveche parte del agua.

Los filtros son imprescindibles para eliminar el polvo y las impurezas que acarree el agua. Existen múltiples formas de filtrado que van desde la simple eliminación de las impurezas más gruesas hasta las que permiten la potabilización y el pleno uso del agua como se describió brevemente.

Dentro de las recomendaciones se puede aportar que es necesario que las zonas carentes de agua, donde se pretenda construir o remodelar centros comerciales, los técnicos tengan en cuenta que, en la medida que se reduce la disponibilidad de agua, las posibilidades económicas relacionadas con la producción también se reducen drásticamente.

Es importante que el área de apoyo técnico o el área de remodelaciones de la cadena Wal-Mart determinen las estrategias y medidas prioritarias a tomar. Un buen plan de acción debe tener objetivos, metas, estrategias, acciones y responsabilidades claramente definidas, lo que contribuirá a evitar la aplicación de prácticas aisladas y duplicación de metas.

## Capítulo 5 Anexos.

### 5.1 Índice de tablas.

Tabla 1.- Clima del Municipio de Naucalpan. (JUAREZ, 2019).	6
Tabla 2.- Estaciones meteorológicas del Estado de México. (México, 2013).	9
Tabla 3.- Registro de precipitación media anual. Estación "Tanques Lomas Verdes". (México, 2013).	10
Tabla 4.- Longitud de corrientes en la cuenca. Elaboración propia.	14
Tabla 5.- Valores del Coeficiente de escurrimiento. (Aparicio, 1992).	17
Tabla 6.- Coeficientes de escurrimiento, considerando los propuestos por Aparicio.	18
Tabla 7.- Registro de precipitaciones en mm.	19
Tabla 8.- Cálculo de unidades mueble.	24
Tabla 9.- Cálculo de la capacidad de las tuberías.	24
Tabla 10.- Costo de la instalación.	49

### 5.2 Índice de ilustraciones.

Ilustración 1.- Ubicación del municipio de Naucalpan de Juárez. (INEGI, 2019).	4
Ilustración 2.- Zonificación de usos generales. (MEXICO, 2019).	5
Ilustración 3.- Medio Físico de Naucalpan. (JUAREZ, 2019).	7
Ilustración 4.- Región Hidrológica. (CONAGUA, 2014).	8
Ilustración 5.- Escurrimientos y Parteaguas de la Cuenca. Elaboración propia.	11
Ilustración 6.- Coeficientes de escurrimiento para el Valle de México. (Dominguez, 1982).	16
Ilustración 7.- Fotografía satelital de Naucalpan.	18
Ilustración 8.- Equivalencia de unidades.	22
Ilustración 9.- Planta arquitectónica del supercenter	25
Ilustración 10.- Estacionamiento planta alta (vista en planta).	26
Ilustración 11.- Estacionamiento planta baja (vista en planta).	27
Ilustración 12.- Planta de azotea.	28
Ilustración 13.- Patio de maniobras (vista en planta).	29
Ilustración 14.- Ubicación de la red general y el cuarto de bombas.	34
Ilustración 15.- Línea principal de la red hidráulica.	34
Ilustración 16.- ubicación general de las ULA's.	37
Ilustración 17.- Red de agua caliente.	38
Ilustración 18.- Ubicación de la planta de tratamiento.	39
Ilustración 19.- Ubicación de la planta de tratamiento. Plano ejecutivo.	43

### 5.3 Índice de fotografías.

Fotografía 1.- Estacionamiento Planta Baja.	30
Fotografía 2.- Techumbre. Sellado de láminas.	
Fotografía 3.- Colocación de pasos de gato.	
	31
Fotografía 4.- Proceso de termofusión.	33
Fotografía 5.- Termofusor.	33
Fotografía 6.- Red de agua en Baños de Asociados.	35
Fotografía 7.- Accesorios de la red hidráulica.	35
Fotografía 8.- Planta de tratamiento. Fachada posterior.	40
Fotografía 9.- Red Sanitaria de Baños de Clientes.	
Fotografía 10.- Red Sanitaria de Locales Comerciales.	41
Fotografía 11.- Preparación de instalaciones hidrosanitarias en baños de Asociados.	41
Fotografía 12.- Instalación hidrosanitaria del retrete.	42

Fotografía 13.- Instalación de agua caliente y agua tratada.....	42
Fotografía 14.- Instalación de llegada a la Planta de Tratamiento.....	44
Fotografía 15.- Planta de tratamiento.....	45
Fotografía 16.- Protección de planta de tratamiento.....	46
Fotografía 17.- Secciones de cribado.....	46
Fotografía 18.- Adecuación de la planta de tratamiento.....	47
Fotografía 19.- Tanque de filtrado.....	47

## Bibliografía

Aparicio, F. J. (1992). *Fundamentos de Hidrología de Superficie*. D.F.: LIMUSA.

CONAGUA. (2014). *ATLAS DEL AGUA EN MÉXICO*. Obtenido de <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/SGP-17-14.pdf>

Dominguez. (1982). *Manual de Hidráulica Urbana Tomo I*. Mexico: Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica.

Google. (02 de febrero de 2020). *Google earth*.

INEGI. (14 de julio de 2019). *Monografías territorio municipal*. Obtenido de Información por entidad : [http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/mex/territorio/div\\_municipal.aspx?tema=me&e=15](http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/mex/territorio/div_municipal.aspx?tema=me&e=15)

JUAREZ, M. D. (21 de JUNIO de 2019). *ASPECTOS GEOGRÁFICOS NAUCALPAN DE JUÁREZ*. Obtenido de ASPECTOS GEOGRÁFICOS NAUCALPAN DE JUÁREZ: [https://www.ipomex.org.mx/recursos/ipo/files\\_ipo/2014/33/12/ca8fadbbffae5438f067b5bf02a10458.pdf](https://www.ipomex.org.mx/recursos/ipo/files_ipo/2014/33/12/ca8fadbbffae5438f067b5bf02a10458.pdf)

México, G. d. (2013). *Red Meteorológica del Estado de México*. Obtenido de <http://caem.edomex.gob.mx/sites/caem.edomex.gob.mx/files/files/AtlasInundaciones/RedMeteorologica.pdf>

MEXICO, S. E. (20 de JUNIO de 2019). *PLANES MUNICIPALES*. Obtenido de [http://seduv.edomexico.gob.mx/planes\\_municipales/naucalpan/E2.pdf](http://seduv.edomexico.gob.mx/planes_municipales/naucalpan/E2.pdf)

UNAM. (14 de 02 de 2020). *Facultad de Química*. Obtenido de <http://depa.fquim.unam.mx/procesos/PDF/Procesosl.pdf>