

MEMORIA DE CÁLCULO PARA LA CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA PARA CONSUMO HUMANO

Localidad: **BARRANCA LARGA**
Municipio: **SAN ANDRÉS PAXTLÁN**

Para proponer un sistema de captación de agua de lluvia, se debe garantizar abastecer al menos con una dotación de **50 lt/hab/día** para cada persona que habita en la vivienda, de manera permanente y durante los 365 días del año. En cada sitio donde se desee implementar un sistema de captación, se deberá verificar la precipitación media anual del lugar, de tal manera que para garantizar un abastecimiento de agua durante todo el año, se debe tener una precipitación igual o mayor a los **1,500 mm** como valor medio anual (Lineamientos Técnicos: Sistema de captación de agua de lluvia con fines de abasto de agua potable a nivel vivienda.- abril 2016 Versión 1.0 CONAGUA).

Población a beneficiarse (2018): **140** Habitantes
Número de viviendas a beneficiarse: **25** Viviendas
Habitantes promedio por vivienda: **6** Hab/vivienda

CONSUMO DE AGUA POR VIVIENDA

Dotación recomendada por la OMS: Dot : **50** lts/hab/día
Consumo por vivienda: (**6** habitantes) (**50** lts/hab/día)
Consumo por vivienda:

300 lts/vivienda/día

CÁLCULO DEL VOLUMEN DE CAPTACIÓN FACTIBLE DE APROVECHAMIENTO

1.- PRECIPITACIÓN ANUAL PROMEDIO

$$p = \sum_{i=1}^n \frac{(pi)}{n}$$

Donde:

p = Precipitación promedio anual con distribución mensual, en mm.
pi = Precipitación en el año "i", en mm.
n = Número de años

Tomamos los datos de la precipitación normal de la estación climática más cercana al sitio del proyecto.

Nombre de la estación climatológica: **SAN JOSÉ DEL PACÍFICO**
Número de estación: **00020342**
Años con datos de precipitación: **22 años**

SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL

NORMALES CLIMATOLÓGICAS

ESTADO DE: OAXACA

PERIODO: 1981-2010

ESTACION: 00020342 SAN JOSE DEL PACIFICO

LATITUD: 16°10'00" N.

LONGITUD: 096°30'00" W.

ALTURA: 2,485.0 MSNM.

ELEMENTOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
TEMPERATURA MAXIMA													
NORMAL	21.1	22.3	22.3	22.0	21.7	21.1	21.2	21.0	20.7	20.5	20.9	20.5	21.3
MAXIMA MENSUAL	28.9	34.4	36.5	30.3	28.8	26.6	27.9	27.9	24.3	24.9	26.6	22.9	
AÑO DE MAXIMA	2002	1984	2000	2002	2000	2000	2002	2002	2001	2001	2001	2001	
MAXIMA DIARIA	35.0	41.0	41.0	36.0	37.0	33.0	37.0	34.0	32.0	31.0	35.0	30.0	
FECHA MAXIMA DIARIA	19/2001	27/2000	21/2000	22/2002	06/2000	10/2000	24/2001	11/2002	10/2000	22/2001	14/2001	11/2000	
AÑOS CON DATOS	20	23	19	23	24	23	23	24	24	21	22	17	
TEMPERATURA MEDIA													
NORMAL	13.9	14.9	14.9	14.6	14.6	14.3	14.1	14.2	14.0	13.9	14.0	13.7	14.3
AÑOS CON DATOS	20	23	19	23	24	23	23	24	24	21	22	17	
TEMPERATURA MINIMA													
NORMAL	6.7	7.6	7.5	7.2	7.4	7.5	7.1	7.4	7.3	7.4	7.0	6.9	7.3
MINIMA MENSUAL	5.3	5.3	5.3	4.9	4.7	4.9	4.5	5.2	5.9	5.5	4.5	4.1	
AÑO DE MINIMA	1986	1991	1991	2002	2002	1991	2002	2002	1985	1986	2001	2001	
MINIMA DIARIA	2.0	1.0	2.0	2.0	1.5	2.0	2.0	1.0	3.0	3.0	3.0	3.0	
FECHA MINIMA DIARIA	26/1986	24/1989	11/1991	07/2002	18/2008	16/1991	30/2001	01/2008	03/1989	03/1986	16/1985	01/1986	
AÑOS CON DATOS	20	23	19	23	24	23	23	24	24	21	22	17	
PRECIPITACION													
NORMAL	1.7	28.7	25.9	42.0	267.7	563.6	532.6	502.2	471.6	242.5	56.7	9.9	2,745.1
MAXIMA MENSUAL	8.0	168.0	183.0	197.0	896.4	1,223.0	1,303.4	989.0	971.0	958.0	327.0	65.0	
AÑO DE MAXIMA	1983	1993	1991	1990	1989	1989	1992	1991	1988	1998	1998	1995	
MAXIMA DIARIA	8.0	168.0	146.0	146.0	168.0	188.0	184.0	164.0	168.0	162.0	148.0	38.0	
FECHA MAXIMA DIARIA	27/1983	06/1993	17/1991	20/1990	07/1990	09/1991	18/1991	27/1986	30/1990	17/1990	14/1990	25/1995	
AÑOS CON DATOS	20	23	19	23	24	23	23	24	25	21	22	17	
EVAPORACION TOTAL													
NORMAL	96.6	107.8	103.5	109.5	114.1	111.3	107.5	102.7	95.3	95.1	101.5	97.4	1,242.3
AÑOS CON DATOS	12	16	12	12	13	11	11	10	10	11	12	9	
NUMERO DE DIAS CON LLUVIA	0.3	0.6	1.1	1.7	7.5	14.7	16.0	15.0	15.2	6.8	2.1	0.6	81.6
AÑOS CON DATOS	20	23	19	23	24	23	23	24	25	21	22	17	
NIEBLA	0.4	0.1	0.9	1.5	1.3	2.5	2.3	1.7	3.3	1.2	0.4	0.2	15.8
AÑOS CON DATOS	18	21	17	23	23	22	22	23	24	20	21	16	
GRANIZO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
AÑOS CON DATOS	20	23	19	23	24	23	23	24	25	21	22	17	
TORRENTA E.	0.0	0.0	0.0	0.1	0.3	0.8	0.1	0.3	0.1	0.1	0.0	0.0	1.8
AÑOS CON DATOS	20	22	19	23	24	22	23	24	24	21	22	17	

El valor de la precipitación promedio anual con distribución mensual, la obtenemos directamente del registro de la estación climatológica más cercana al sitio del proyecto.

$$p = 2,745.10 \text{ mm/año}$$

COMO EL VALOR DE LA PRECIPITACIÓN ANUAL PROMEDIO ES MAYOR DE 1,500 mm, ES VIABLE LLEVAR A CABO EL PROYECTO DE CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA PARA CONSUMO HUMANO.

2.- VOLUMEN PROMEDIO DE CAPTACIÓN ANUAL

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

Donde:

V_A = Volumen promedio de captación anual con distribución mensual, en m³.

p = Precipitación promedio anual con distribución mensual, en mm.

A = Área de la proyección horizontal de las instalaciones de captación, en m².

K_e = Coeficiente de escurrimiento de acuerdo al material de las instalaciones de captación, adimensional.

Tabla . Coeficientes de escurrimiento por tipo de material

Material o tipo de construcción	Kc
Cubiertas metálicas o plásticas (PVC, Polietileno)	0.95
Techos impermeabilizados o cubiertos con materiales duros (p. ej. Tejas)	0.9
Concreto hidráulico	0.9
Lámina metálica corrugada	0.8

Datos:

$A = 45.00 \text{ m}^2$ Es necesario determinar para cada vivienda el área de captación.
 $K_e = 0.95$ Va a depender del tipo de material del área de captación.
 $p = 2,745.10 \text{ mm}$

Mes	$P \text{ mensual}$	$A \text{ (m}^2\text{)}$	K_e	$V_A \text{ (m}^3\text{)}$
Enero	1.70	45.00	0.95	0.07
Febrero	28.70	45.00	0.95	1.23
Marzo	25.90	45.00	0.95	1.11
Abril	42.00	45.00	0.95	1.80
Mayo	267.70	45.00	0.95	11.44
Junio	563.60	45.00	0.95	24.09
Julio	532.60	45.00	0.95	22.77
Agosto	502.20	45.00	0.95	21.47
Septiembre	471.60	45.00	0.95	20.16
Octubre	242.50	45.00	0.95	10.37
Noviembre	56.70	45.00	0.95	2.42
Diciembre	9.90	45.00	0.95	0.42
$p =$	2,745.10		$\Sigma =$	117.35

$$V_A = 117.35 \text{ m}^3$$

Calculándolo directamente de manera anual:

$$V_A = \frac{(2,745.10) (45.00) (0.95)}{1,000.00} = 117.35 \text{ m}^3$$

3.- DEMANDA DE AGUA ANUAL

$$DA = \frac{Ca * Ov * Dm}{1000}$$

Donde:

DA = Demanda de agua mensual de la vivienda, en m^3/mes
 Ca = Consumo de agua, en $\text{lts}/\text{hab}/\text{día}$
 Ov = Ocupación de la vivienda, $\text{hab}/\text{vivienda}$
 Dm = Días del mes, días

Datos:

$Ca = 50 \text{ lts}/\text{hab}/\text{día}$
 $Ov = 6 \text{ hab}/\text{vivienda}$

Mes	Días	DA (m³)
Enero	31	9.30
Febrero	28	8.40
Marzo	31	9.30
Abril	30	9.00
Mayo	31	9.30
Junio	30	9.00
Julio	31	9.30
Agosto	31	9.30
Septiembre	30	9.00
Octubre	31	9.30
Noviembre	30	9.00
Diciembre	31	9.30
$\Sigma =$	365	109.50

$$DA = 109.50 \text{ m}^3$$

Calculándolo directamente de manera anual:

$$DA = \frac{(50)(6)(365)}{1,000.00} = 109.50 \text{ m}^3$$

SE REQUIERE UN ALMACENAMIENTO DE **10 m³** DE CAPACIDAD PARA ABASTECER LA DEMANDA DE AGUA MENSUAL DE LOS HABITANTES DE LA VIVIENDA, POR LO QUE SE PROPONE UNA CISTERNA DE **10,000 LITROS** O DOS CISTERNAS DE **5,000 LITROS** CADA UNA.

4.- FUNCIONAMIENTO DEL ALMACENAMIENTO (tanques)

$$Alm_n = Alm_{n-1} + V_A - DA$$

Donde:

- Alm_n = Volumen de almacenamiento mensual en el tanque, en m3
 Alm_{n-1} = Volumen de almacenamiento en el tanque del mes anterior, en m3
 V_A = Volumen de captación mensual, en m3
 DA = Demanda de agua mensual de la vivienda, en m3

Mes	Alm_{n-1}	V_A	DA	Alm_n
Enero	0.00	0.07	9.30	-9.23
Febrero	-9.23	1.23	8.40	-16.40
Marzo	-16.40	1.11	9.30	-24.59
Abril	-24.59	1.80	9.00	-31.79
Mayo	-31.79	11.44	9.30	-29.65
Junio	-29.65	24.09	9.00	-14.56
Julio	-14.56	22.77	9.30	-1.09
Agosto	-1.09	21.47	9.30	11.08
Septiembre	11.08	20.16	9.00	22.24
Octubre	22.24	10.37	9.30	23.31
Noviembre	23.31	2.42	9.00	16.73
Diciembre	16.73	0.42	9.30	7.85

5.- DIAS AL MES QUE SE SATISFACE EL FUNCIONAMIENTO

$$Fs = \frac{Alm_{n-1} + V_A}{DA}$$

Donde:

Fs = Factor que determina si satisface la demanda mensual

Si $Fs > 1$ Satisface el total de días del mes
 Si $Fs < 1$ No satisface el total de días del mes

Mes	Fs	Satisface los días del mes?
Enero	0.01	NO satisface
Febrero	-0.95	NO satisface
Marzo	-1.64	NO satisface
Abril	-2.53	NO satisface
Mayo	-2.19	NO satisface
Junio	-0.62	NO satisface
Julio	0.88	NO satisface
Agosto	2.19	SI satisface
Septiembre	3.47	SI satisface
Octubre	3.51	SI satisface
Noviembre	2.86	SI satisface
Diciembre	1.84	SI satisface

Cantidad de días satisfechos mensualmente:

$$Ds = Fs * Dm$$

Donde:

Ds = Días satisfechos de la demanda mensual

Dm = Días del mes en cuestión

Mes	Días	Ds
Enero	31	0.23
Febrero	28	-26.67
Marzo	31	-50.97
Abril	30	-75.97
Mayo	31	-67.83
Junio	30	-18.53
Julio	31	27.37
Agosto	31	67.93
Septiembre	30	104.13
Octubre	31	108.70
Noviembre	30	85.77
Diciembre	31	57.17
TOTAL	365	

6.- DIAS SATISFECHOS ANUALMENTE

$$Dsa = \sum_{i=1}^{12} Ds_i$$

$$Dsa = 211.33 \text{ días al año}$$

OBSERVANDO EL RESULTADO OBTENIDO SE CONCLUYE QUE PARA CUBRIR LA DEMANDA DE AGUA DURANTE LOS 365 DÍAS DEL AÑO, EL ÁREA DE CAPTACIÓN DE LA VIVIENDA DEBE SER MAYOR.

$$\begin{aligned} A &= 50.00 \text{ m}^2 \\ K_s &= 0.95 \\ p &= 2,745.10 \text{ mm} \end{aligned}$$

Mes	P mensual	A (m ²)	Ke	V _A (m ³)
Enero	1.70	50.00	0.95	0.08
Febrero	28.70	50.00	0.95	1.36
Marzo	25.90	50.00	0.95	1.23
Abril	42.00	50.00	0.95	2.00
Mayo	267.70	50.00	0.95	12.72
Junio	563.60	50.00	0.95	26.77
Julio	532.60	50.00	0.95	25.30
Agosto	502.20	50.00	0.95	23.85
Septiembre	471.60	50.00	0.95	22.40
Octubre	242.50	50.00	0.95	11.52
Noviembre	56.70	50.00	0.95	2.69
Diciembre	9.90	50.00	0.95	0.47
p =	2,745.10		Σ =	130.39

$$V_A = 130.39 \text{ m}^3$$

Calculándolo directamente de manera anual:

$$V_A = \frac{(2,745.10) (50.00) (0.95)}{1,000.00} = 130.39 \text{ m}^3$$

3.- DEMANDA DE AGUA ANUAL

$$DA = \frac{Ca * Ov * Dm}{1000}$$

Donde:

DA = Demanda de agua mensual de la vivienda, en m³/mes
Ca = Consumo de agua, en lts/hab/día
Ov = Ocupación de la vivienda, hab/vivienda
Dm = Días del mes, días

Datos:

Ca = 50 lts/hab/día
Ov = 6 hab/vivienda

Mes	Días	DA (m³)
Enero	31	9.30
Febrero	28	8.40
Marzo	31	9.30
Abril	30	9.00
Mayo	31	9.30
Junio	30	9.00
Julio	31	9.30
Agosto	31	9.30
Septiembre	30	9.00
Octubre	31	9.30
Noviembre	30	9.00
Diciembre	31	9.30
$\Sigma =$	365	109.50

$$DA = 109.50 \text{ m}^3$$

Calculándolo directamente de manera anual:

$$V_A = \frac{(50)(6)(365)}{1,000.00} = 109.50 \text{ m}^3$$

SE REQUIERE UN ALMACENAMIENTO DE **10 m³** DE CAPACIDAD PARA ABASTECER LA DEMANDA DE AGUA MENSUAL DE LOS HABITANTES DE LA VIVIENDA, POR LO QUE SE PROPONE UNA CISTERNA DE **10,000 LITROS** O DOS CISTERNAS DE **5,000 LITROS** CADA UNA.

4.- FUNCIONAMIENTO DEL ALMACENAMIENTO (tanques)

$$Alm_n = Alm_{n-1} + V_A - DA$$

Donde:

- Alm_n = Volumen de almacenamiento mensual en el tanque, en m3
 Alm_{n-1} = Volumen de almacenamiento en el tanque del mes anterior, en m3
 V_A = Volumen de captación mensual, en m3
 DA = Demanda de agua mensual de la vivienda, en m3

Mes	Alm_{n-1}	V_A	DA	Alm_n
Enero	0.00	0.08	9.30	-9.22
Febrero	-9.22	1.36	8.40	-16.26
Marzo	-16.26	1.23	9.30	-24.33
Abril	-24.33	2.00	9.00	-31.33
Mayo	-31.33	12.72	9.30	-27.91
Junio	-27.91	26.77	9.00	-10.14
Julio	-10.14	25.30	9.30	5.86
Agosto	5.86	23.85	9.30	20.41
Septiembre	20.41	22.40	9.00	33.81
Octubre	33.81	11.52	9.30	36.03
Noviembre	36.03	2.69	9.00	29.72
Diciembre	29.72	0.47	9.30	20.89

5.- DIAS AL MES QUE SE SATISFACE EL FUNCIONAMIENTO

$$Fs = \frac{Alm_{n-1} + V_A}{DA}$$

Donde:

Fs = Factor que determina si satisface la demanda mensual

Si $Fs > 1$ Satisface el total de días del mes
 Si $Fs < 1$ No satisface el total de días del mes

Mes	Fs	Satisface los días del mes?
Enero	0.01	NO satisface
Febrero	-0.94	NO satisface
Marzo	-1.62	NO satisface
Abril	-2.48	NO satisface
Mayo	-2.00	NO satisface
Junio	-0.13	NO satisface
Julio	1.63	SI satisface
Agosto	3.19	SI satisface
Septiembre	4.76	SI satisface
Octubre	4.87	SI satisface
Noviembre	4.30	SI satisface
Diciembre	3.25	SI satisface

Cantidad de días satisfechos mensualmente:

$$Ds = Fs * Dm$$

Donde:

Ds = Días satisfechos de la demanda mensual

Dm = Días del mes en cuestión

Mes	Días	Ds
Enero	31	0.27
Febrero	28	-26.20
Marzo	31	-50.10
Abril	30	-74.43
Mayo	31	-62.03
Junio	30	-3.80
Julio	31	50.53
Agosto	31	99.03
Septiembre	30	142.70
Octubre	31	151.10
Noviembre	30	129.07
Diciembre	31	100.63
TOTAL	365	

6.- DIAS SATISFECHOS ANUALMENTE

$$Dsa = \sum_{i=1}^{12} Ds_i$$

$$Dsa = 456.77 \text{ días al año}$$

CON UN ÁREA DE CAPTACIÓN DE **50 m²**, SE GARANTIZA QUE SE DISPONDRÁ DE AGUA LOS 365 DÍAS DEL AÑO PARA TODOS LOS HABITANTES DE LA VIVIENDA, CON UNA DOTACIÓN MÍNIMA DE 50 LTS/HAB/DÍA.

