

Este proyecto forma parte de Euroclima+



Financiado por
la Unión Europea

Agencias implementadoras:



Ejecutado por:



PROYECTO:

"INCIDIENDO EN GESTIÓN DE CICLO HIDROLÓGICO CON ENFOQUE EN AGUAS SUBTERRÁNEAS PARA ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN ÁREA METROPOLITANA DE SAN SALVADOR"

EXPEDIENTE DE LA RESOLUCIÓN DE SUBVENCIÓN DE LA AECID
N°2019/SPE/0000400170 DEL PROGRAMA EUROCLIMA+

PRODUCTO 3

1. "ELABORACIÓN DE CARPETAS TÉCNICA PARA PERFORACIÓN DE POZO DE RECARGA EN EL PARQUE RESIDENCIAL MONTESION, MUNICIPIO DE SANTA TECLA, LA LIBERTAD".

”

1ª Versión.

CONTRATO No.: 080/2022.

**Actividad: 3.4.6 ELABORACIÓN DE CARPETA TÉCNICA DE POZOS
CONTRATACIÓN DE SERVICIOS PARA “ELABORACIÓN DE
CARPETAS TÉCNICAS PARA PERFORACIÓN DE POZOS DE
RECARGA EN EL AREA METROPOLITANA DE SAN SALVADOR
(AMSS)”.**

RESPONSABLES:

ING. WALTER ANTONIO MORÁN REVELO.

ING. MOISÉS JOEL MERLOS BONILLA.

ADMINISTRADOR DE CONTRATO:

ING. EFRAIN ANTONIO ALAS MORÁN.

San Salvador, 23 de enero de 2023.

Contenido:

I ANTECEDENTES.....	3
1.1 ANTECEDENTES.....	3
1.2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION.....	3
1.2.1 OBJETIVO GENERAL.	3
1.2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.	4
1.3. UBICACIÓN Y ACCESO.....	4
1.4. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.	5
II SISTEMA HIDROLÓGICO.	5
2.1 CARACTERÍSTICAS DE LA MICROCUENCA HIDROGRÁFICA.	6
2.2. INFORMACIÓN BÁSICA PARA EL DISEÑO DEL POZO DE RECARGA.	7
2.3. DESCRIPCION DE LA ZONA DE ESTUDIO.	8
2.4 CÁLCULO DE PARAMETROS ESPECÍFICOS.	8
2.4.1 MÉTODO MATEMÁTICO PARA DETERMINAR RELACIÓN PRECIPITACIÓN- ESCORRENTÍA.....	8
2.4.2 COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA (C).....	12
2.4.3 INTENSIDAD DE DISEÑO. (I)	13
2.4.4 ÁREAS DEL PROYECTO.....	17
2.3 CÁLCULO DEL CAUDAL MÁXIMO PROBABLE.	18
2.4 DISEÑO DEL POZO DE RECARGA.....	18
III MARCO GEOLÓGICO.....	20
3.1 GEOMORFOLOGÍA.....	20
3.2 GEOLOGÍA LOCAL.	21
3.3 PERFILES LITOLÓGICOS DE POZOS.	22
IV CONTEXTO HIDROGEÓLOGO.	24
4.1 UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS.	24
4.2 INVENTARIO DE POZOS PERFORADOS.....	25
V CALIDAD DEL AGUA.....	25
VI VULNERABILIDAD DEL ACUÍFERO.....	27

I ANTECEDENTES.

1.1 ANTECEDENTES.

Dentro del marco de cooperación entre la Unión Europea, la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo a través de Euroclima, con el Consejo de Alcaldes y Oficina de Planificación del Área Metropolitana de San Salvador **COAMSS/OPAMSS**, se desarrolla el proyecto ***“Iniciando en Gestión del Ciclo Hidrológico con Enfoque en Aguas Subterráneas para Adaptación al Cambio Climático en Área Metropolitana de San Salvador”***

Como parte de este proyecto nuestra Empresa **E.H CONSULTA**, está participando en la elaboración de cuatro (4) Carpetas Técnicas para Perforación de Pozos de Recarga en el Área Metropolitana de San Salvador (AMSS), siendo estas:

2. Vivero Jardín Botánico, Plan de La Laguna, Municipio de Antiguo Cuscatlán, La Libertad.
3. Parque Residencial Monte Sion, Municipio de Santa Tecla, La Libertad.
4. Parque Monumento Las Colinas, Municipio de Santa Tecla, La Libertad.
5. Parque El Recreo, Municipio de San Martín, San Salvador.

El conocimiento del comportamiento hidrológico de la cantidad de lluvia que se precipita en un determinado sector es de gran importancia ya que este incide en el ciclo hidrológico y por lo tanto también en el balance hidrológico.

El presente estudio está enfocado en el diseño y perforación del pozo de recarga en el Parque Residencial Montesión, Municipio de Santa Tecla, Departamento de La Libertad. Dado la magnitud de la zona, para la presente investigación, se ha utilizado el Método Racional de Escorrentía Superficial.

1.2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION.

1.2.1 OBJETIVO GENERAL.

El propósito de la presente investigación es: establecer y evaluar las condiciones hidrológicas, geológicas superficiales y subterráneas existentes en la zona donde está ubicado el **“Parque Residencial Montesión”**, evaluar las condiciones hidrogeológicas para la perforación de un pozo de recarga que será utilizado para captar las aguas lluvias.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.

- Describir la hidrología y características climáticas de la región.
- Evaluar las características hidrogeológicas del acuífero que subyace el área de estudio determinando los parámetros hidráulicos del mismo como: transmisividad, coeficiente de almacenamiento, dirección del flujo, etc.
- Realizar el balance hidrológico en la subcuenca hidrográfica de influencia del área del proyecto.
- Analizar la información disponible sobre la composición química del agua subterránea para determinar el riesgo de contaminación del acuífero.
- Integrar la información de las diferentes disciplinas para determinar las características físicas del pozo de recarga.

1.3. UBICACIÓN Y ACCESO.

El área objeto de estudio está ubicada al Norte de la ciudad de Santa Tecla, en el Departamento de La Libertad. Esta zona se encuentra en la parte inferior de los límites de la microcuenca hidrográfica de la quebrada Zanjón de La Periquera.



Imagen No. 1: Ubicación área del proyecto en imagen de Google Earth

1.4. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.

Para lograr el objetivo de la presente investigación y poder elaborar mapas normativos de hidrogeología (recarga, vulnerabilidad y riesgo de contaminación acuífera) y perforar en el área del proyecto el pozo de recarga, se ha realizado una recopilación de la información técnica existente y su evaluación, datos que son útiles para desarrollar los mapas y conclusiones del estudio, la metodología empleada se puede resumir en los pasos siguientes:

- ✓ Demarcación y delimitación de la microcuenca de influencia al área de estudio, en un mapa topográfico a escala 1: 15,000.
- ✓ Evaluación de la información hidrológica del área. Definición del método hidrológico que más se asemeje a la simulación precipitación – escorrentía de la zona, para un período de diseño de 5 años.
- ✓ Reconocimiento y mapeo geológico de toda la microcuenca de influencia
- ✓ Evaluación de las características geológicas, hidrogeológicas del área del proyecto y la subcuenca de influencia.
- ✓ Correlación de todos los datos recopilados y calculados a fin de establecer las conexiones y parámetros hidráulicos necesarios para dar las conclusiones de la investigación.
- ✓ Revisión de la capacidad hidráulica del pozo de recarga para la evacuación de la escorrentía superficial.

II SISTEMA HIDROLÓGICO.

La hidrología trata acerca del estudio científico del agua, específicamente sus propiedades, distribución y efecto en la superficie del suelo y atmósfera (Mac Cuén, 1998).

De acuerdo a Mac Cuén (1998), una cuenca es definida por todos los puntos encerrados dentro de un área por la que toda la lluvia que cae en esos puntos contribuirá a la salida del agua.

También, cuenca es definida como una zona de la superficie terrestre en donde (si fuera impermeable) las gotas de lluvia que caen sobre ella tienden a ser drenadas por el sistema de corrientes hacia un mismo punto (Aparicio, 1992).

De acuerdo a las definiciones anteriores se ha delimitado la microcuenca hidrográfica de la Quebrada Zanjón de La Periquera, la cual se puede observar en la Imagen No. 2 de ubicación, cuya área de recogimiento es el área de investigación utilizada para el presente estudio.

2.1 CARACTERÍSTICAS DE LA MICROCUENCA HIDROGRÁFICA.

La microcuenca hidrográfica que se analiza en la presente investigación corresponde a la microcuenca hidrográfica de la quebrada Zanjón de La Periquera, la cual representa el 10 % de la subcuenca del Río Los Chorros, la microcuenca está ubicada entre las siguientes coordenadas geográficas: Latitud Norte 284000 y 287000, Longitud Oeste: 467000 y 469000 (Ver mapa N° 1)



Imagen No. 2: Ubicación Satelital de la microcuenca de la Quebrada Zanjón de La Periquera

A continuación, se presentan las características fisiográficas de esta sub cuenca

Parámetro	Subcuenca Quebrada Zanjón de La Periquera
Área (Km ²)	1.7
Perímetro (Km)	6.8
Elevación máxima (msnm)	1100
Elevación mínima (msnm)	946
Pendiente Media	7 %
Longitud del cauce principal (Km)	2.0

2.2. INFORMACIÓN BÁSICA PARA EL DISEÑO DEL POZO DE RECARGA.

La información básica necesaria que se utilizó para poder diseñar el pozo de recarga es la siguiente:

- Datos de precipitación máxima instantánea (intensidad) de la Estación más cercana “Estación Santa Tecla (L-08)”, para evaluar el comportamiento de la variable lluvia en la zona.
- Levantamiento topográfico de la zona.
- Fotografías del terreno, para identificar el tipo de cobertura existente Determinación de coordenadas geodésicas para la ubicación del terreno en plano cartográfico.



Fotografía 1. Vista de Terreno

2.3. DESCRIPCION DE LA ZONA DE ESTUDIO.

Geográficamente el proyecto se encuentra ubicado al Norte de la Ciudad de Santa Tecla, en el Departamento de La Libertad, en tiempo atrás fue una zona de fincas cafetaleras.

El acceso primario se realiza a través de la Carretera que conduce hacia el volcán San Salvador.

La topografía de la zona y del área donde está ubicado la Residencial Montesion varia de suave a pronunciada, con pendiente mayores o iguales al 7.0%, debido a que el proyecto se encuentra en la parte baja, de las faldas del volcán San Salvador. La cota promedio existente en la Residencial Montesion alcanza los 940 m.s.n.m. Hidrológicamente, la Residencial Montesion se encuentra ubicado dentro de la microcuenca de la quebrada Zanjón de la Periquera. Y representa un porcentaje mínimo de la subcuenca hidrográfica del Río Los Chorros.

2.4 CÁLCULO DE PARAMETROS ESPECÍFICOS.

2.4.1 MÉTODO MATEMÁTICO PARA DETERMINAR RELACIÓN PRECIPITACIÓN-ESCORRENTÍA.

Uno de los objetivos principales de la Hidrología Superficial, es determinar la cantidad de escorrentía superficial (lluvia) que se va a generar si se produce una precipitación determinada. En el estudio de una cuenca real con datos reales es necesario determinar un método de conversión precipitación – escorrentía (lluvia – caudal), es decir, seleccionar un método que convierta parte la precipitación en escorrentía superficial o caudal.

Entre los modelos matemáticos utilizados para las transformaciones del fenómeno lluvia – caudales se encuentran:

- a. Método Racional.
- b. Hidrograma Triangular del SCS
- c. Hidrograma Adimensional del SCS
- d. Hidrógrama Unitario.

a. Método Racional.

Este método considera a la precipitación en forma constante sobre toda la cuenca, y es uno de los más sencillos de aplicar en el proceso de transformación lluvia – caudal. En nuestro país es muy utilizado para el cálculo de avenidas máximas para cuencas menores a 2.5 Km² y para drenajes urbanos, sistemas pluviales de caminos y carreteras.

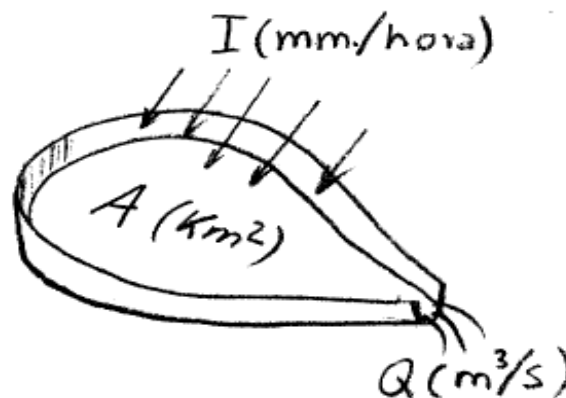


Imagen No. 3: Esquema de los Parámetros de una Cuenca.

Supongamos una precipitación constante de intensidad I (mm/hr) que cae sobre una cuenca de superficie A (Km²). Si toda la precipitación caída produce escorrentía superficial, el caudal generado es:

$$Q(\text{m}^3 / \text{hora}) = I(\text{mm} / \text{hora}) \cdot 10^{-3} \cdot A(\text{km}^2) \cdot 10^6 \quad (1)$$

Con 10^{-3} convertimos mm/hora a mts/hora y con 10^6 pasamos de Km² a m², así el producto es m³/hora.

Para que el caudal se exprese en m³/s. Dividimos por 3,600 segundos que tiene una hora y el resultado es la expresión siguiente:

$$Q(\text{m}^3 / \text{seg}) = I(\text{mm} / \text{hora}) \cdot A(\text{km}^2) / 3.6 \quad (2)$$

En casos reales, nunca toda la precipitación que cae a la superficie de una cuenca se convierte en escorrentía superficial, su cálculo es más complicado, pero para obtener una aproximación bastante cercana a la realidad, basta con aplicar un coeficiente de escorrentía, que representa el porcentaje de lluvia que se convierte en escorrentía superficial y que depende de la cobertura del suelo; por lo que finalmente la formula general del Método Racional es:

$$Q = C \cdot I \cdot A \quad (3)$$

Donde:

Q = Caudal producido.

C = Coeficiente de escorrentía (Típicamente de 0.20 a 0.90).

I = Intensidad de Precipitación.

A = Superficie de la cuenca.

b. Hidrograma Triangular del SCS.

El paso previo para la obtención del Hidrograma Triangular de SCS, el cual está definido como un método sintético, es la determinación del tiempo de concentración t_c .

El tiempo de concentración (t_c), es el tiempo que le toma a la gota que cae en la parte más alejada de la cuenca en llegar al punto de salida o análisis, expresada en horas, minutos y para cuencas de superficies mayores en días y meses.

Otra definición del tiempo de concentración es “Tiempo necesario para que toda la superficie de la cuenca esté aportando escorrentía superficial en el punto de salida de la misma”.

Así como existen distintas definiciones en los libros de Hidrología Superficial para el tiempo de concentración, también existen muchísimas expresiones matemáticas para su cálculo; en nuestro país es muy usual la utilización de la ecuación definida por Kirpich en el año de 1997, la cual se expresa como sigue:

$$T_C = 3.97 \left(\frac{L^{0.77}}{S^{0.385}} \right) \quad (4)$$

Donde:

Tc = Tiempo de concentración en minutos.

L = Longitud del cauce más largo, expresado en Km.

S = Pendiente media expresada en m/m.

El Método Triangular del SCS, simplifica la forma común de los hidrogramas, en una figura triangular, de ahí su nombre, pero que a pesar de su simplicidad, nos proporciona los parámetros fundamentales del hidrograma, el caudal punta (Q_p), el tiempo base (t_b) y el tiempo en que se produce la punta (t_p).

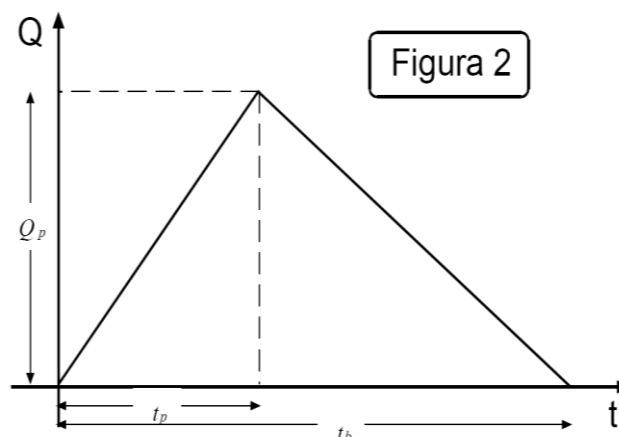


Imagen No. 4: Forma del Hidrograma Triangular del SCS.

Los cálculos de los parámetros antes mencionados se realizan de la siguiente manera:

Tiempo de la punta (horas): $t_p = 0,5 \cdot D + 0,6 \cdot t_c$ Tiempo base (horas): $t_b = 2,67 \cdot t_p \quad (3)$ Caudal de la punta ($m^3 / seg.$): $Q_p = \frac{0,208 \cdot P \cdot A}{t_p} \quad (4)$	Donde: t_c = tiempo de concentración (horas) D = Duración de la precipitación efectiva (horas) P = precipitación efectiva (mm.) A = superficie de la cuenca (km^2)
--	--

Estas características se obtuvieron estudiando hidrogramas de crecida provocados por unas precipitaciones cortas y uniformes en numerosas cuencas.

Los otros métodos no se harán mencionar, ya que se utilizan para estudios de caso más específicos y para cuencas regionales.

En nuestro país, para cuencas no mayores a 2.5 km² existen estimaciones que uno de los métodos que mejor simula la respuesta hidrológica es el Método Racional, el cual es función directa de la cobertura vegetal o porcentaje de impermeabilización, de la intensidad de precipitación y área de la cuenca hidrográfica en estudio.

En nuestro caso para obtener una aproximación bastante cercana a la realidad, basta con aplicar un coeficiente de escorrentía, que representa el porcentaje de lluvia que se convierte en escorrentía superficial y que depende de la cobertura del suelo; por lo que finalmente la formula general del Método Racional es:

$$Q = C \cdot I \cdot A \quad (3)$$

Donde:

Q = Caudal producido.

C = Coeficiente de escorrentía (Típicamente de 0.20 a 0.90).

I = Intensidad de Precipitación.

A = Superficie de la cuenca

2.4.2 COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA (C).

El coeficiente de escorrentía se define como el porcentaje de escorrentía que se maneja de forma superficial por una cuenca hidrográfica, siendo su valor máximo de 1.0, que representa el cien por ciento de área impermeabilizada, aunque no toda la precipitación que cae sobre la cuenca se convierte en escorrentía superficial, ya que existen procesos como la evapotranspiración, retención en malezas y hojas de árboles, infiltraciones hacia el subsuelo, etc. que no permiten tal efecto.

Por lo que no es recomendable la utilización de un valor de 1.0, puesto que ello implica obras hidráulicas sobredimensionadas, haciéndolas innecesarias. Como se verá a continuación éstos valores ya han sido determinados por otros autores.

La siguiente tabla muestra los distintos coeficientes de escorrentía comúnmente utilizados dependiente del tipo de cobertura del suelo:

Tabla 1. Distintos Coeficientes de Escorrentía.

Descripción de Cobertura	Coeficiente de Escorrentía C
Áreas agrícolas y cultivos perennes	0.20
Bosques densos	0.15
Área de pastizales	0.30
Áreas techadas	0.85
Pavimentos asfálticos y/o concreto	0.90
Calles balastadas	0.70
Zonas verdes recreativas	0.60
Aceras y arriates	0.85

En estos casos al momento del cálculo del coeficiente de escorrentía se utiliza un coeficiente ponderado, el cual viene dado por la expresión siguiente:

$$C_p = \frac{\sum_i C_i \times A_i}{A_T} \quad (6)$$

Al momento de realizar el cálculo de la escorrentía superficial, se estimarán los coeficientes de escorrentía en las condiciones de las distintas coberturas del suelo que en nuestro caso son la zona verde del parque que, según la tabla 1 de distintos valores de escorrentia, el valor sugerido para cálculos hidrológicos con un periodo de retorno de 5 años se ha elegido un valor de 0.60

2.4.3 INTENSIDAD DE DISEÑO. (I)

En la elaboración de las curvas Intensidad – Duración – Frecuencia, conocidas comúnmente como Curvas I – D – F, se utilizan las intensidades máximas anuales de lluvia de todo el período de registro (homogenizado) de cada estación para los distintos intervalos de tiempo o duración de las precipitaciones, a intervalos de 5, 10, 15, 20, 30, 45, 60, 90, 120, 150 y 180 minutos.

Como base para los cálculos hidrológicos se han tomado los registros de la Estación Pluviografica Santa Tecla (L-8), la cual cuenta con información histórica de las intensidades de lluvia registradas en el área de estudio.

Para la determinación de la curva Intensidad – Duración – Frecuencia de la Estación Santa Tecla (L-8), se homogenizan los datos registrados por la estación y se calcula la probabilidad de ocurrencia de cada valor, con los datos recopilados desde el año 1963 hasta 1982, por el tipo de proyecto, se estima suficiente la obtención de las curvas para un período de diseño de 5, 15, 25 y 50 años.

Esto servirá para determinar el valor de la intensidad de diseño a utilizar en el cálculo de los caudales a producirse dentro de la Residencial Montesion, definiendo con anterioridad que el tiempo de duración de cinco (5) minutos es el adecuado.

Registros Homogenizados de la Estación Pluviográfica "Santa Tecla". L-8

Elevación 965.0 msnm Coordenadas Latitud 13° 41.2' N y Longitud 89° 17.3' W

AÑO	5'	10'	15'	20'	30'	45'	60'	90'	120'	150'	180'
1963	2.60	2.29	2.09	1.98	1.77	1.35	1.03	0.70	0.54	0.44	0.37
1964	2.40	2.27	2.27	1.78	1.36	0.94	0.78	0.56	0.44	0.36	0.21
1965	2.48	2.28	2.01	1.71	1.33	0.93	0.68	0.47	0.41	0.35	0.32
1966	2.28	1.92	1.89	1.87	1.58	1.26	1.02	0.78	0.65	0.53	0.45
1967	2.56	2.36	2.00	1.77	1.26	1.25	1.17	0.94	0.36	0.23	0.20
1968	2.14	1.89	1.50	1.42	1.25	1.15	1.07	0.83	0.74	0.60	0.32
1969	1.64	1.42	1.28	1.16	0.89	0.76	0.66	0.52	0.44	0.40	0.36
1970	2.80	2.51	2.04	1.62	1.13	0.88	0.70	0.62	0.47	0.38	0.33
1971	3.36	2.66	2.32	2.10	1.56	1.20	0.75	0.53	0.41	0.33	0.28
1972	2.56	1.78	1.45	1.20	0.91	0.74	0.60	0.53	0.44	0.27	0.24
1973	3.18	2.29	1.93	1.76	1.41	1.05	0.90	0.64	0.50	0.42	0.36
1974	2.84	2.24	1.89	1.70	1.37	0.96	0.75	0.55	0.45	0.43	0.40
1975	2.38	2.17	1.88	1.79	1.73	1.27	0.97	0.67	0.52	0.42	0.35
1976	3.40	2.42	1.87	1.54	1.39	1.10	0.87	0.63	0.38	0.31	0.27
1977	2.44	2.07	1.61	1.28	0.94	0.66	0.50	0.43	0.38	0.36	0.36
1978	2.72	2.36	2.24	1.85	0.99	0.87	0.67	0.48	0.38	0.32	0.27
1979	2.72	1.95	1.90	1.68	1.45	1.02	0.80	0.59	0.47	0.39	0.33
1980	3.16	2.57	2.17	1.93	1.90	1.56	1.49	1.15	0.88	0.75	0.63
1981	2.84	2.24	1.84	1.58	1.35	1.10	0.89	0.70	0.45	0.36	0.32

1982	2.80	2.40	2.27	2.26	1.84	1.48	1.14	0.50	0.41	0.35	0.30
PROMEDIO	2.67	2.20	1.92	1.70	1.37	1.08	0.87	0.64	0.49	0.40	0.33
DESVIACIÓN	0.42	0.30	0.29	0.28	0.30	0.24	0.23	0.18	0.13	0.12	0.09
MAX	3.40	2.66	2.32	2.26	1.90	1.56	1.49	1.15	0.88	0.75	0.63
MIN	1.64	1.42	1.28	1.16	0.89	0.66	0.50	0.43	0.36	0.23	0.20

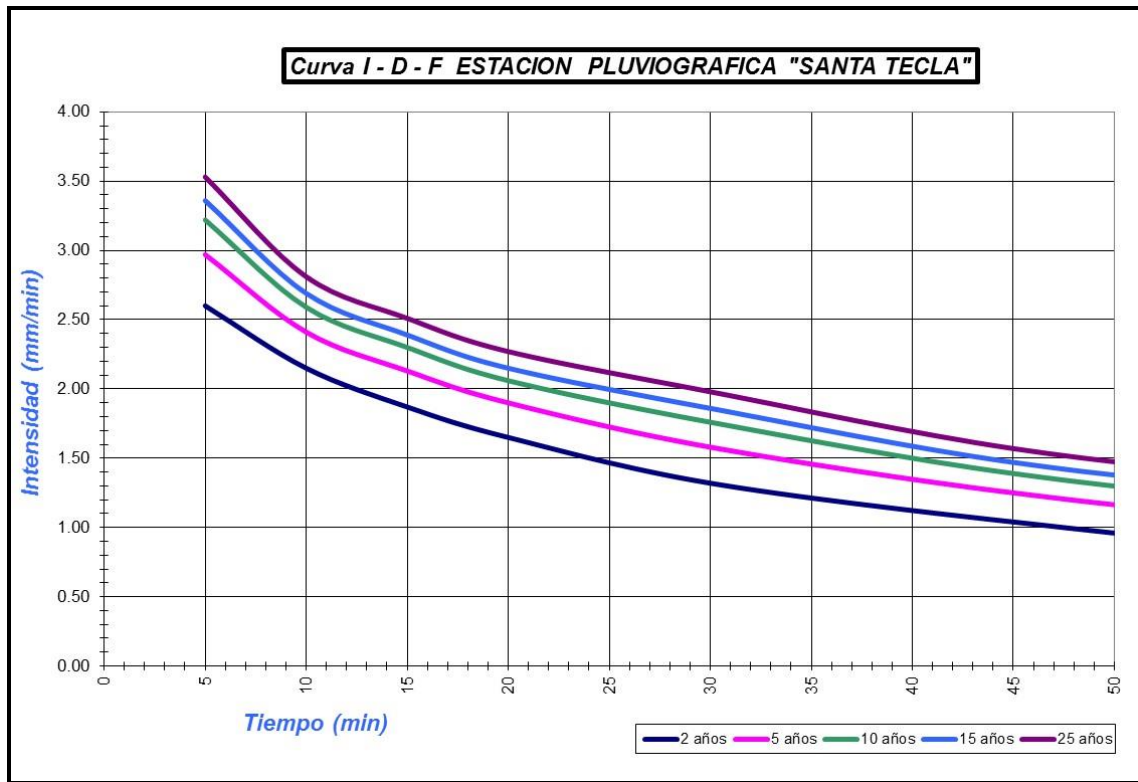
ECUACION DE GUMBEL PARA CADA PERIODO DE TIEMPO

PARAMETRO											
u	2.48	2.06	1.79	1.57	1.23	0.97	0.77	0.56	0.43	0.35	0.29
d	3.054	4.275	4.423	4.581	4.275	5.344	5.576	7.125	9.866	10.69	14.25

APLICACIÓN DE ECUACION: $X = u - (\ln(-\ln Y)/d)$

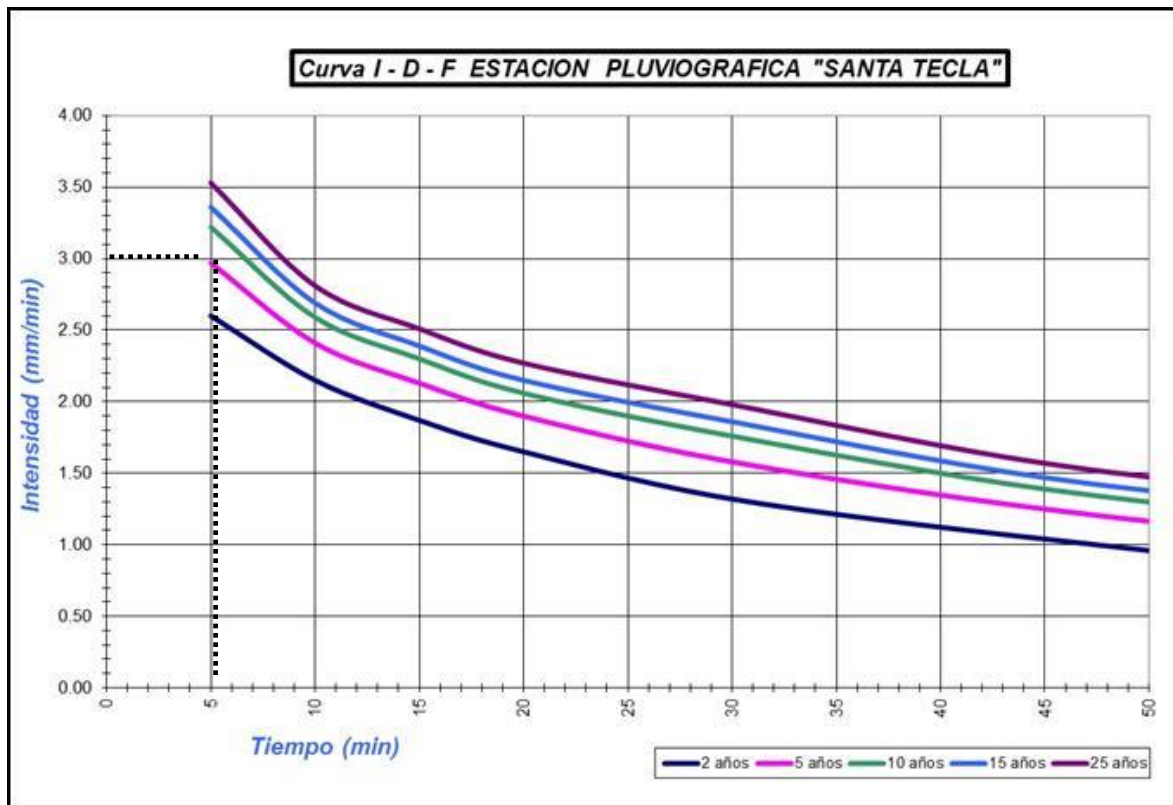
VALORES											
X1	3.22	2.59	2.30	2.06	1.76	1.39	1.17	0.88	0.66	0.56	0.45
Y1	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
X2	2.21	1.86	1.60	1.39	1.03	0.81	0.62	0.44	0.35	0.27	0.23
Y2	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10

PERIODO DE RETORNO	PROB. (y)	5'	10'	15'	20'	30'	45'	60'	90'	120'	150'	180'
2	0.50	2.60	2.15	1.87	1.65	1.32	1.04	0.84	0.61	0.47	0.38	0.32
5	0.80	2.97	2.41	2.13	1.90	1.58	1.25	1.04	0.77	0.58	0.49	0.40
10	0.90	3.22	2.59	2.30	2.06	1.76	1.39	1.17	0.88	0.66	0.56	0.45
15	0.93	3.36	2.69	2.39	2.15	1.86	1.47	1.25	0.94	0.70	0.60	0.48
25	0.96	3.53	2.81	2.51	2.27	1.98	1.57	1.34	1.01	0.75	0.65	0.51



La descarga de aguas lluvias se pretenden realizar en forma distribuida, por canaletas a construir, en donde se conducirá la escorrentía superficial hasta una caja de aguas lluvias existentes de donde se conducirá dicha escorrentía hasta el pozo de absorción proyectado a perforar.

Se retrocede a la Curva I – D – F, realizando el procedimiento de interpolar el valor de 5 minutos y un período de diseño de 5 años, esto se visualiza en el siguiente gráfico:



Se ha obtenido la información de intensidad de lluvia registrada en dicha estación y de la gráfica de Intensidad Duración Frecuencia (IDF) correspondiente, observando que la máxima intensidad prevista en la zona para un Periodo de 5 años, en el grafico IDF de la Estación Santa Tecla (L-8) es de un valor de **3.0 mm/min**, valor máximo probable para una duración de tormenta de cinco minutos.

2.4.4 ÁREAS DEL PROYECTO.

El área total del de la Residencial Montesión es de 104,392.5 m², los cuales actualmente posee una cobertura variada, dividiéndose en zonas verdes recreativas, área de circulación y áreas techadas.

Para el diseño del sistema de infiltración (Recarga) en Residencial Montesión, se está proponiendo la captación de las aguas pluviales que son vertidas en el parque, exclusivamente, es decir no mezclas entre las aguas recogidas de los parqueos o de otra superficie.

El coeficiente de Escurrimiento para zonas verdes según la Tabla 1 es de 0.60, el cual es sugerido para cálculos hidrológicos para un periodo de retorno de 5 años.

Ahora ya se tienen las bases de los parámetros y elementos para el cálculo de las variables que intervienen en el Método Racional, es decir, el coeficiente de escorrentía, la intensidad de diseño y las áreas involucradas, se puede determinar el caudal máximo probable.

2.3 CÁLCULO DEL CAUDAL MÁXIMO PROBABLE.

Se tomará un coeficiente de escorrentía adecuado al tipo de cubierta existente en el proyecto, donde se utiliza para el jardín de plantas.

Datos:

Q: Caudal vertido por el área de techos m³/s

C: coeficiente de escorrentía igual a 0.60 (áreas verdes)

I: Intensidad de lluvia 3.0 mm/min

A: Área de escurrimiento del proyecto 3,110.8 m² :

En donde se tiene:

$$Q = CIA$$

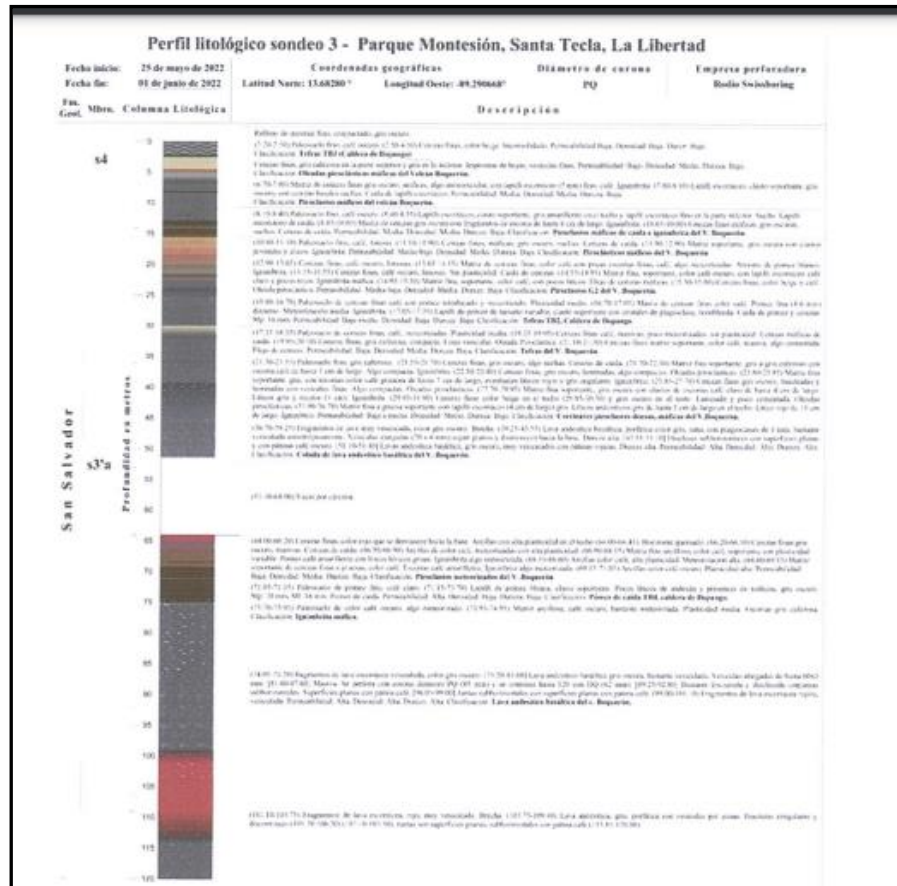
$$Q = 0.60 \times [3.0 (10^{-5}) \text{ m/s}] \times 3,110.8 \text{ m}^2 = 0.056 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = 56 \text{ L/s}$$

Este es el caudal disponible para infiltrar o recargar considerando la tormenta de máximo intensidad en la zona y además el área del .parque.

2.4 DISEÑO DEL POZO DE RECARGA.

Para definir las características físicas del pozo de recarga, se a tomado en cuenta literatura referente a la recarga artificial de acuíferos, según norma oficial mexicana nom-015-conagua 2007, la cual establece que la distancia mínima entre el fondo del pozo de recarga y la superficie freática será de 5 metros, también se han considerado la perforación para pozo de monitoreo realizada por la empresa Swisboring cuyos resultados se muestran en la siguiente imagen.



Según información recopilada la profundidad del nivel freático en el área del proyecto oscila entre los 159 y 165 metros de profundidad, tomando en cuenta la Norma Mexicana, tendremos que el diseño del pozo de recarga tendrá las siguientes características:

Profundidad total: 150 mts.

Diámetro del pozo: 8 pulgadas.

Ubicación:



Foto No 2: sitio recomendado para perforar pozo de recarga.
Coordenadas Cónicas Lambert Nad 1927
Long O = 468,560
Lat. N= 284,637
Elevación msnm = 945

III MARCO GEOLÓGICO.

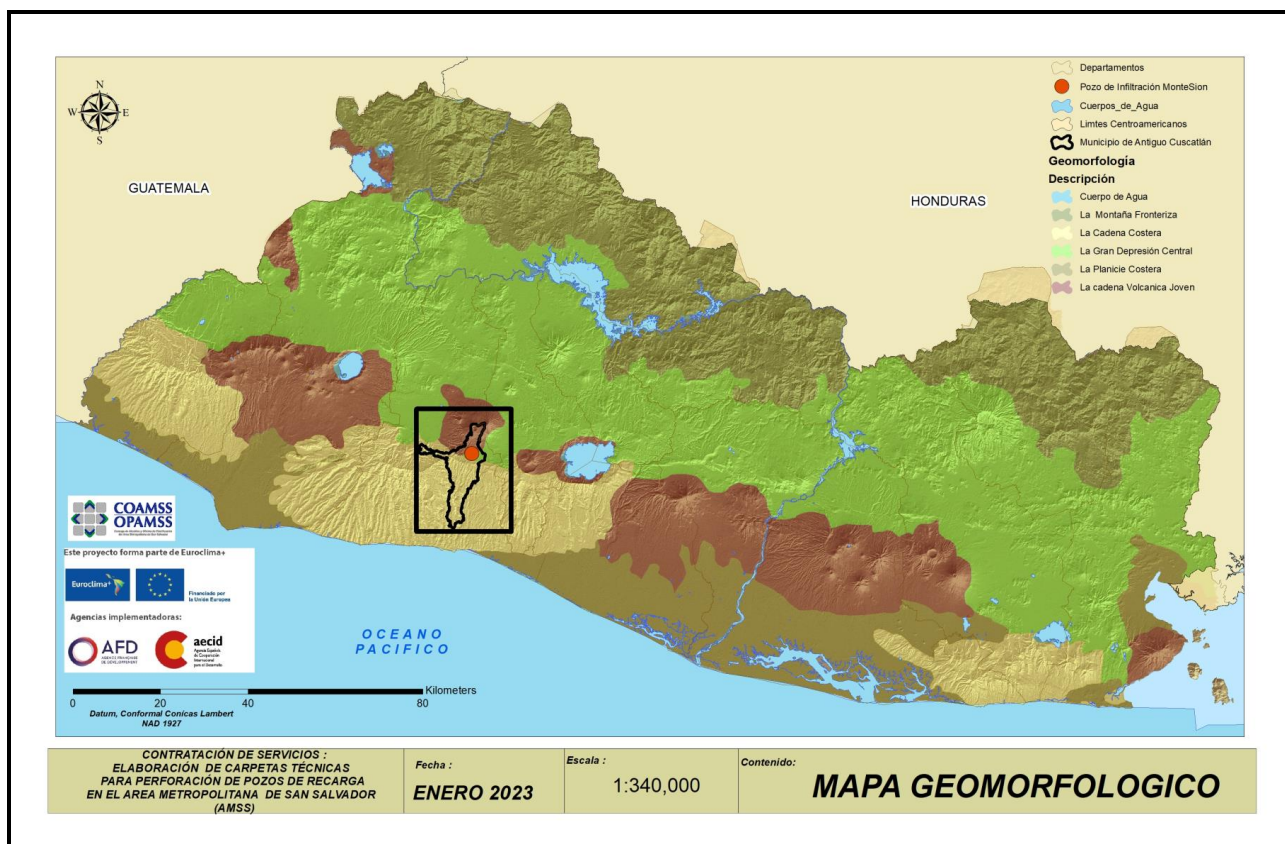
3.1 GEOMORFOLOGÍA.

El Salvador, se divide en cinco Regiones Geomorfológicas:

La división de El Salvador en Regiones Geomorfológicas ya ha sido efectuada anteriormente en diferentes ocasiones por Williams y Meyer-Abich (1953,1954) Durr (1960), como en lo geográfico por Gierloff-Emden (1956), estas son: La Cadena Costera, La Planicie Costera, La Cadena Volcánica Joven, La Gran Depresión Central, La Montaña Fronteriza.

El área estudiada se encuentra ubicada en la unidad geomorfológica conocida como La Gran Depresión Central, la cual es un graben que atraviesa el territorio nacional con rumbo WNW.

El área de estudio se encuentra entre las cotas topográficas 946 y 1100 m.s.n.m. la mayor elevación topográfica la conforma el Volcán de San Salvador.



3.2 GEOLOGÍA LOCAL.

La formación geológica que aflora en el área investigada es la Formación San Salvador, la cual aflora en un 100 % de toda la microcuenca analizada.

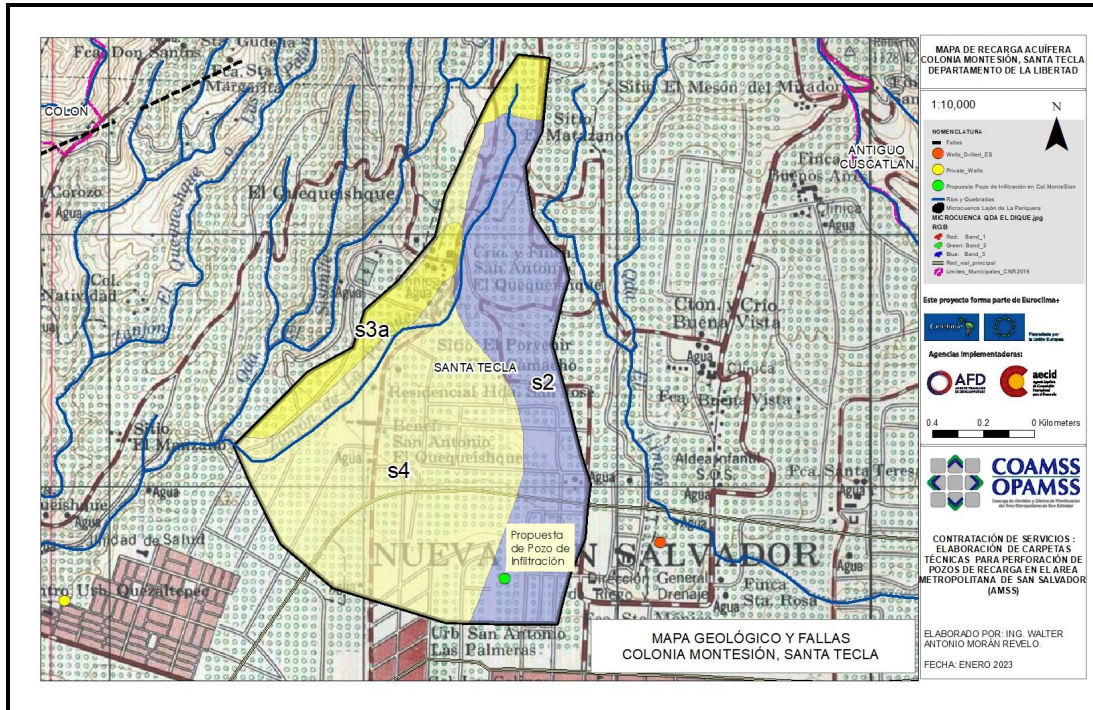
FORMACIÓN SAN SALVADOR:

La formación San Salvador comprende el periodo Holoceno y Pleistoceno de la Era Cuaternaria, está constituida por capas de piroclásticos y Tobas que se encuentran relleno de pequeñas depresiones meteorizadas. Los miembros geológicos que predominan son:

Miembro s3a: piroclastitas ácidas, epiclastitas volcánicas (Tobas color café). Este miembro cubre un 20 % del área total de la microcuenca.

Miembro s2: Efusivas básicas – intermedias, piroclastitas intermedias. Se encuentran en un 40% del área delimitada por la microcuenca evaluada.

Miembro s4: Tierra blanca; piroclastitas ácidas y epiclastitas volcánicas subordinadas, localmente efusivas ácidas. Se encuentran en un 40 % del área delimitada por la microcuenca evaluada. (Ver mapa adjunto)



3.3 PERFILES LITOLÓGICOS DE POZOS.

En la presente investigación, se han recopilado las columnas litológicas de los pozos: Pozo N°4 Colonia Quezaltepec y el Pozo Tanques Las Delicias, ambos ubicados en la Ciudad de Santa Tecla, Departamento de La Libertad, alcanzando profundidades de 300 metros. (984 pies) y 329 metros (1080 pies) respectivamente, En el siguiente cuadro, se muestra la litología encontrada.

PERFIL LITOLÓGICO DE LOS POZOS LAS DELICIAS Y QUEZALTEPEC

PROFUNDIDAD (mts)		NOMBRE DEL POZO	
Desde	Hasta	POZO # 4 COL.QUEZALTEPEC Elev.: 880 msnm N 284,809 m; W 466,543 m	POZO TANQUE LAS DELICIAS Elev.: 994 msnm N 283,577 m W 467,127 m
0.00	15.24	Piroclásticos Retrabajados	(Cenizas) Piroclásticos
15.24	18.3	Vacío Litológico	(Cenizas) Piroclásticos
18.3	42.7	Vacío Litológico	Arcillas
42.7	54.9	Vacío Litológico	(Cenizas) Piroclásticos
54.9	64.0	Vacío Litológico	Lavas Basálticas
64.0	-	Vacío Litológico	Vacío Litológico
-	-	Vacío Litológico	Vacío Litológico
-	-	Vacío Litológico	Vacío Litológico
-	-	Vacío Litológico	Vacío Litológico
-	-	Vacío Litológico	Vacío Litológico
-	-	Vacío Litológico	Vacío Litológico
-	-	Vacío Litológico	Vacío Litológico
-	-	Vacío Litológico	Vacío Litológico NE = 159.0 m
-	-	Vacío Litológico NE = 163.5 m	Vacío Litológico
-	-	Vacío Litológico	Vacío Litológico
-	-	Vacío Litológico	Vacío Litológico
-	-	Vacío Litológico	Vacío Litológico
-	-	Vacío Litológico	Vacío Litológico
-	-	Vacío Litológico	Vacío Litológico
-	-	Vacío Litológico	Vacío Litológico
-	300.0	Vacío Litológico	Vacío Litológico
300.0	329.3	-	Vacío Litológico

De las columnas litológicas de los pozos anteriores, la información obtenida es que el acuífero presenta una porosidad secundaria (Fracturamiento) y que el nivel estático oscila entre los 159 y 163 metros de profundidad.

IV CONTEXTO HIDROGEÓLOGICO.

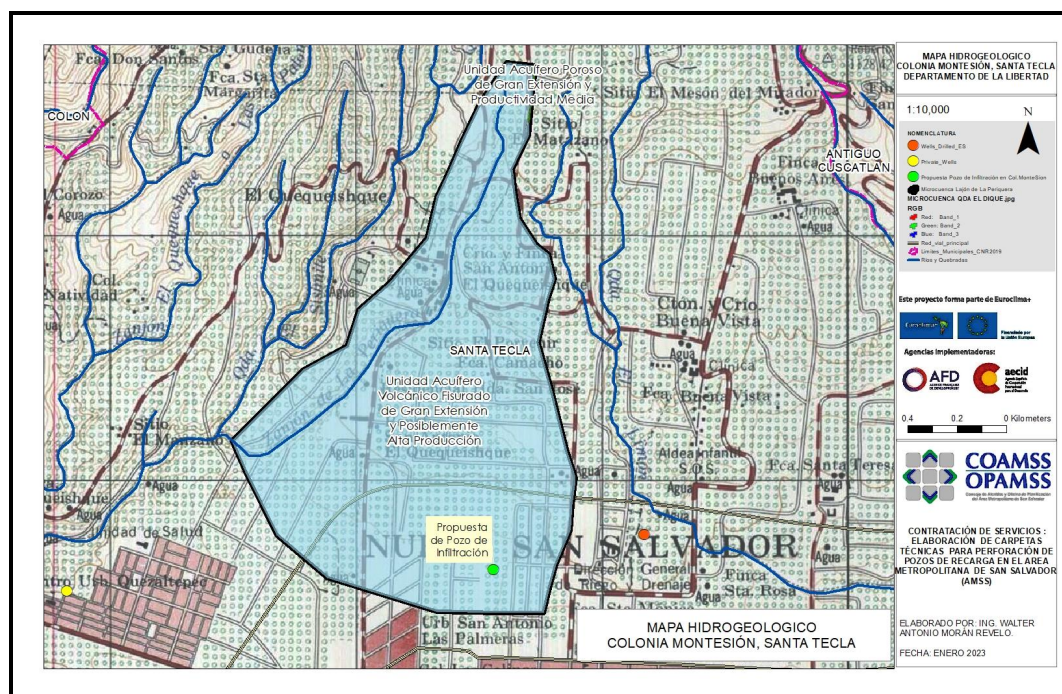
4.1 UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS.

Unidad Hidrogeológica es: la conjunción de los distintos materiales de miembros geológicos con similares propiedades o características hidráulicas que conllevan a la unificación en un mismo agrupamiento.

En la microcuenca hidrográfica estudiada se identifica solamente una unidad hidrogeológica la cual es:

“Unidad Acuífero Volcánico Fisurado de Gran Extensión y Posiblemente Alta Producción”:

Esta unidad la constituyen principalmente rocas volcánicas de carácter andesítico y basáltico con ciertas intercalaciones de materiales piroclásticos. Entre las rocas volcánicas se pueden distinguir flujos y coladas de lavas que provienen de los centros de erupción volcánica. Dichos materiales pueden presentar conductividades hidráulicas de mediana a altas como consecuencias de su porosidad secundaria (fallamiento existente). El área que cubre esta unidad es de 1.7 km², que representa el 100 % del área total de la microcuenca en estudio. (Ver Mapa adjunto)



4.2 INVENTARIO DE POZOS PERFORADOS.

En el cuadro siguiente se muestran algunos de los pozos que se lograron inventariar y sus características principales.

INVENTARIO DE POZOS PERFORADOS

POZO No	UBICACIÓN	COORDENADAS		ELEV. (msnm)	NIVEL EST(m)	PROF. (m)	T M ² /día	Q aforo [L/s]
		N	E					
1	Fabrica La Favorita	283350.0	468375	919.0	N.D	261.4	N.D	N.D
2	La Bomba (P- 1)	284550.0	466825.0	905.0	132.0	201.2	59.01	23.15
3	Colonia Quezaltepec (P- 2)	285700.0	466700.0	873.0	75.0	132.6	26.98	36.00
4	Ciudad Merliot	284050.0	472175.0	850.0	97.2	165.2	658.07	23.34
5	Jardines de La Libertad	283750.0	471250.0	880.0	105.3	129.2	15.79	24.79
6	Larreynaga P-28	284175.0	469175.0	936.0	N.D	N.D	N.D	13.00
7	P-1 Tanque Las Delicias	283577.0	467127.0	994.0	135.4	330	546.74	19.87
8	Pozo N°4 Col. Quezaltepec	284809.0	466543.0	880.0	16.5	300	764.12	26.09

V CALIDAD DEL AGUA

5.1. CALIDAD FÍSICO - QUÍMICA DEL AGUA

Respecto a la calidad físico-química de las aguas subterráneas en el área investigada se han recopilado los resultados de análisis físico químico de las aguas obtenidas del pozo del Tanque Las Delicias, dichos resultados se muestran en el siguiente cuadro.

Resultados de análisis físico-químico del agua

PARÁMETRO MEDIDO	Pozo Tanque Las Delicias N: 283,577 m E: 467,127 m ELEV. 994 msnm	LIMITES
HORA TOMA	12:00 MD	-
FECHA TOMA	06/11/2020	-
FECHA ANALISIS	20/11/2020	-
pH	7.4	6.0 – 8.5
CONDUCTIVIDAD (µmhos/cm)	338	500-1600
SOL. TOTALES DISUELTOS	170 mg/l	1000 mg/l
TEMPERATURA (°C)	25° C	18 – 30° C

TURBIEDAD	0.1 UNT	5 UNT
CARBONATOS (CO ₃)	-	-
BICARBONATOS (HCO ₃)	-	-
HIDROXIDOS	-	250 mg/l
CLORUROS (Cl)	11.8 mg/l	250 mg/l
SULFATOS (SO ₄)	24.9 mg/l	250 mg/l
NITRATOS (NO ₃)	-	50 mg/l
NITRITOS (NO ₂)	Menor de 0.02 mg/l	3.0 mg/l
SILICE (SiO ₂)	111.8 mg/l	125 mg/l
FLUORUROS (F)	0.5 mg/l	1.50 mg/l
ALCALI. TOTAL (CaCO ₃)	126.7 mg/l	350 mg/l
ANHÍDRIDO CARBÓNICO (CO ₂)	-	-
DUREZA CARBONATICA (CaCO ₃)	-	N.D
DUREZA NO CARBON. (CaCO ₃)	-	N.D
CALCIO (Ca)	20.8	75 mg/l
MAGNESIO (Mg)	7.8	50 mg/l
SODIO (Na)	-	150 mg/l
POTASIO (K)	-	10 mg/l
HIERRO TOTAL (Fe)	Menor a 0.05 mg/l	0.30 mg/l
HIERRO DISUELTO (Fe)	Menor a 0.05 mg/l	-
MANGANESO TOTAL (Mn)	0.03 mg/l	0.10 mg/l
MANGANESO DISUELTO (Mn)	0.03 mg/l	-
ARSÉNICO (As)	0.005 mg/l	0.01 mg/l
BORO (Bo)	-	2.4 mg/l

Los resultados del Cuadro anterior, muestran que los parámetros obtenidos en el pozo Tanque Las Delicias, cumplen con el Reglamento Técnico Salvadoreño RTS 13.02.01:14 de Agua de Consumo Humano, que ningunos de los parámetros se encuentran fuera de la Norma.

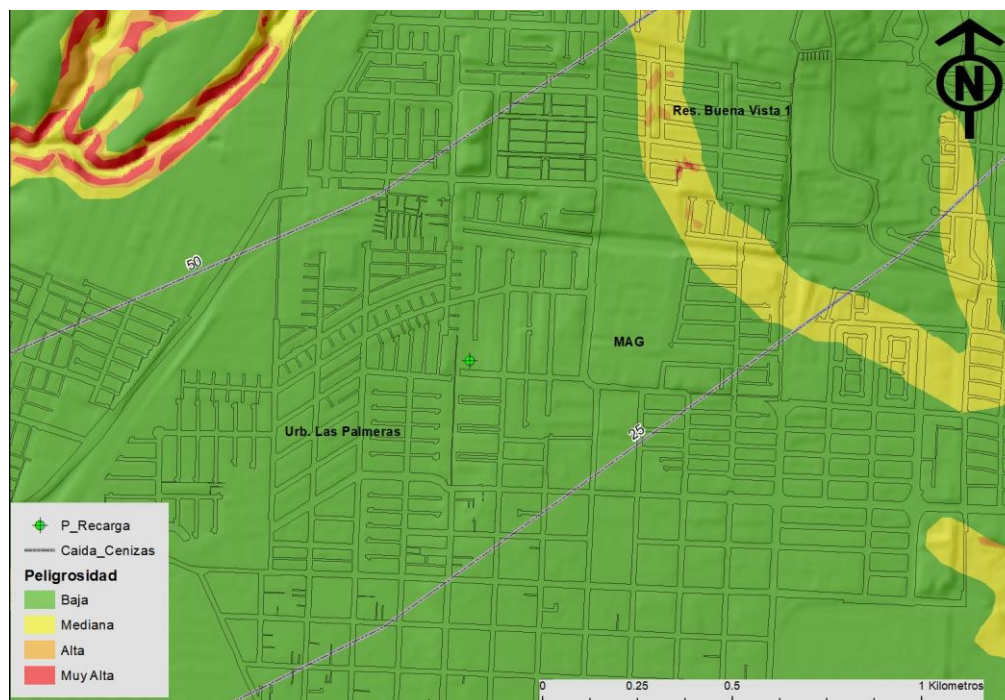
5.2. RIESGOS DE CONTAMINACIÓN

De acuerdo con lo observado durante las inspecciones y recorridos de campo realizados en la microcuenca de interés, no se identifican actividades Industriales que generen desechos sólidos o líquidos que representen una fuente de contaminación para las aguas subterráneas.

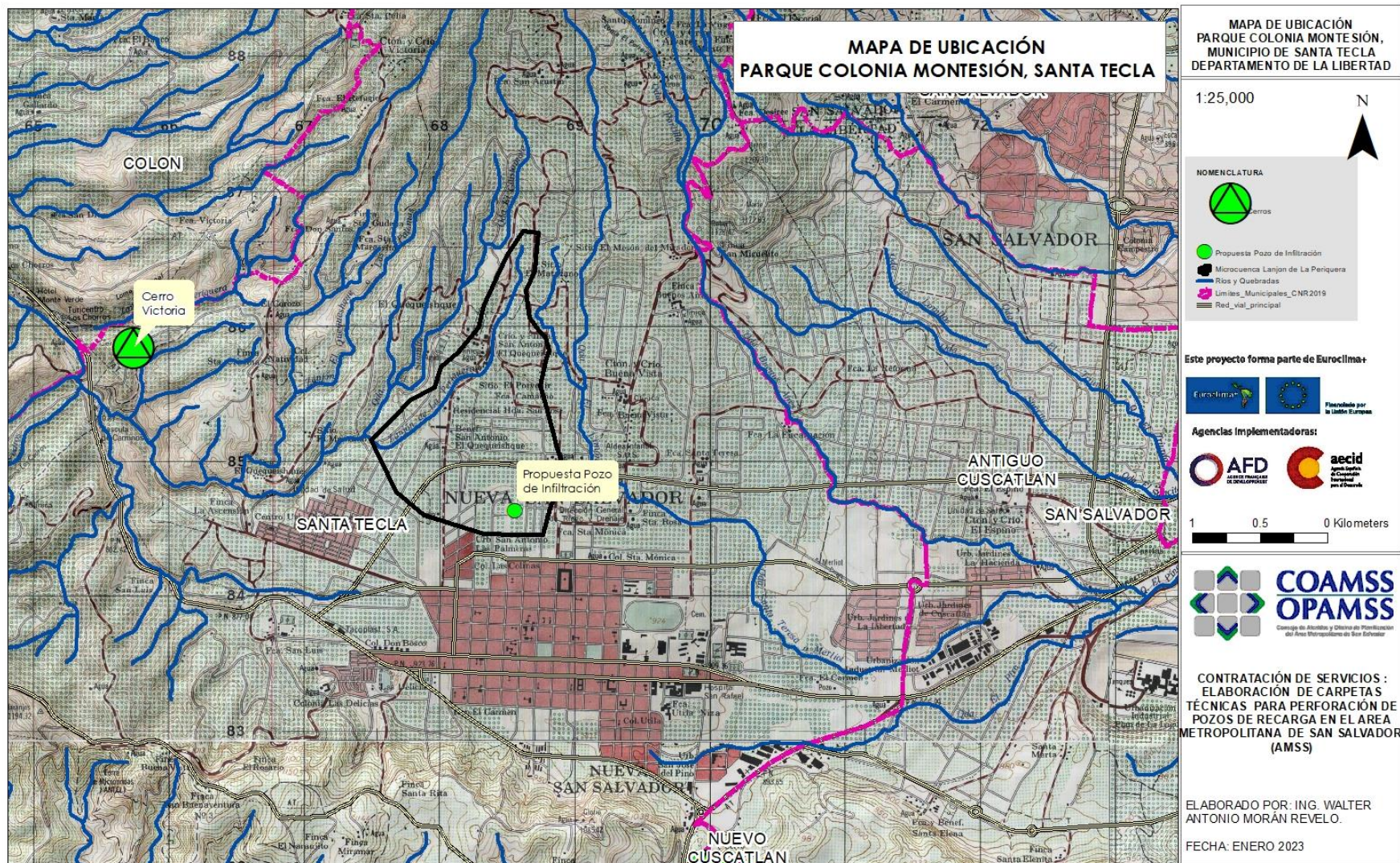
Otro riesgo de contaminación que podría darse en el área de estudio es por medio de la filtración de Nitratos y otros agroquímicos muy solubles, usados en la agricultura. Los nitratos son los que generan mayor preocupación, ya que se originan en diferentes fuentes como: la aplicación de fertilizantes, pesticidas, herbicidas, estos llegan por medio de la filtración al subsuelo o a las capas freáticas subsuperficiales, continúan su movimiento descendente hacia los acuíferos sin ninguna transformación química o biológica, deteriorando gravemente el nivel de calidad de las aguas subterráneas.

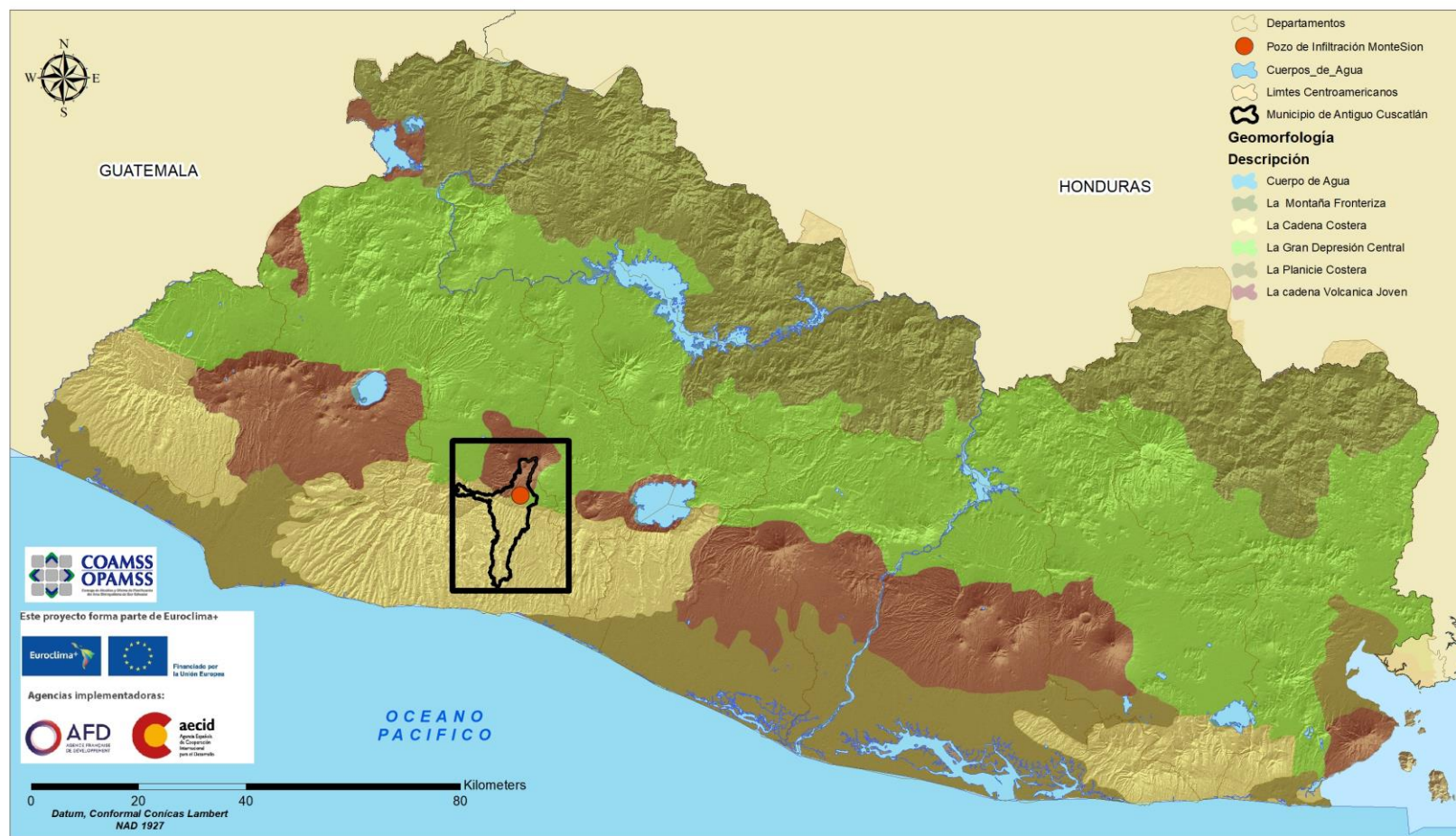
VI VULNERABILIDAD DEL ACUÍFERO

La vulnerabilidad de un acuífero frente a la contaminación del agua subterránea es una propiedad del acuífero cualitativa, relativa, no medible y adimensional. La exactitud de la evaluación de la vulnerabilidad depende, sobre todo, de la cantidad y calidad de los datos, de su fiabilidad y representatividad. De forma genérica, el cálculo de la vulnerabilidad de un acuífero se puede realizar cualitativamente, estableciendo una categorización (por ejemplo, vulnerabilidad muy alta, alta, media, baja) y agrupando el subsuelo del área de estudio en categorías de acuerdo con una tabla que recogiera unas consideraciones tales como permeabilidad, espesor, capacidad de atenuación y fracturación, matizando estas valoraciones con otros datos como por ejemplo la profundidad del nivel freático. De aquí se obtendrían unas categorías para cada punto analizado, con un alto grado de subjetividad, pudiendo variar de un punto a otro según el autor. No obstante, lo más adecuado sería buscar un valor numérico que se base en consideraciones lo más cuantificables y objetivas posibles. En el mapa de vulnerabilidad adjunto se ha establecido una categorización de baja.



VII ANEXOS



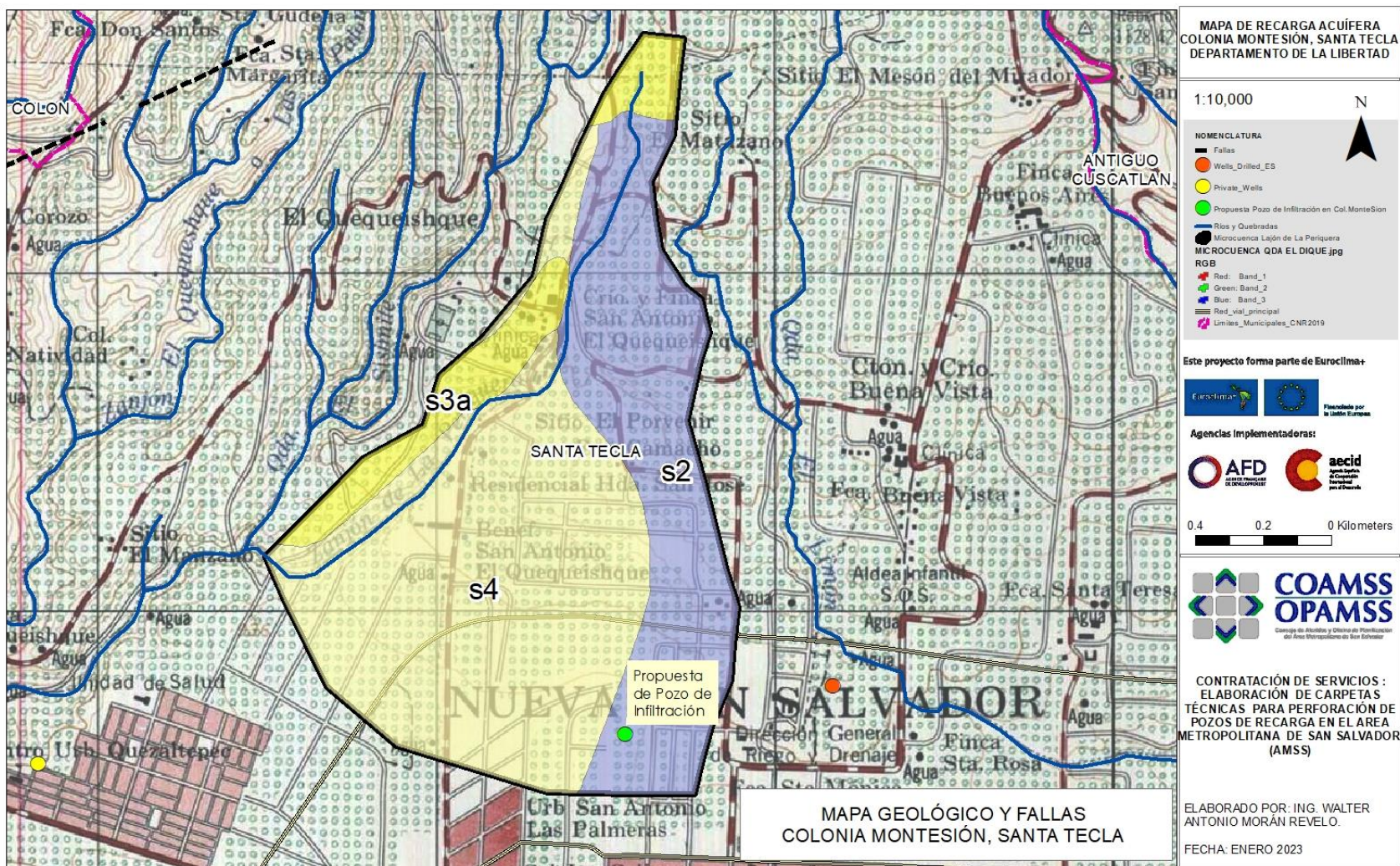


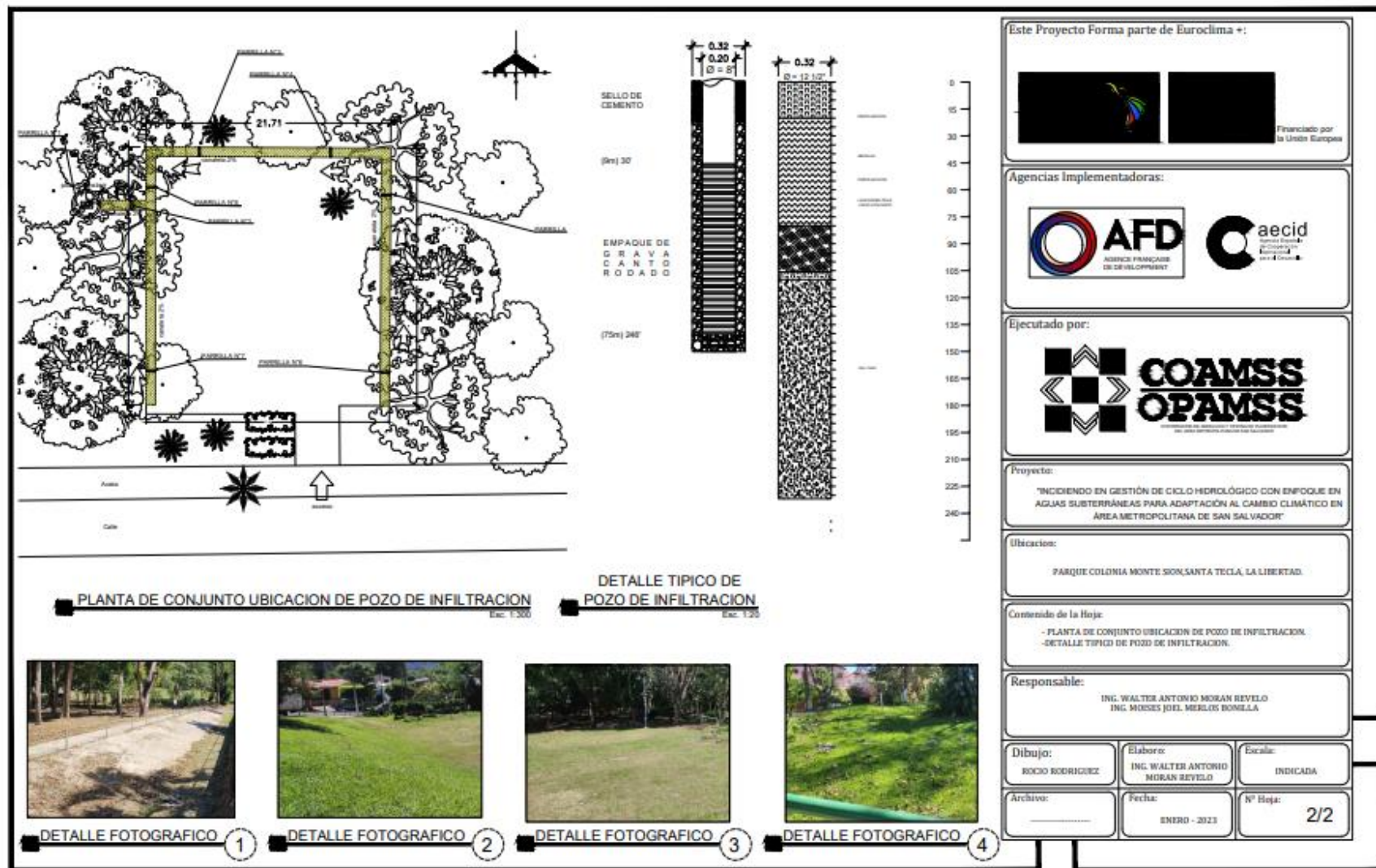
CONTRATACIÓN DE SERVICIOS :
ELABORACIÓN DE CARPETAS TÉCNICAS
PARA PERFORACIÓN DE POZOS DE RECARGA
EN EL ÁREA METROPOLITANA DE SAN SALVADOR
(AMSS)

Fecha :
ENERO 2023

Escala :
1:340,000

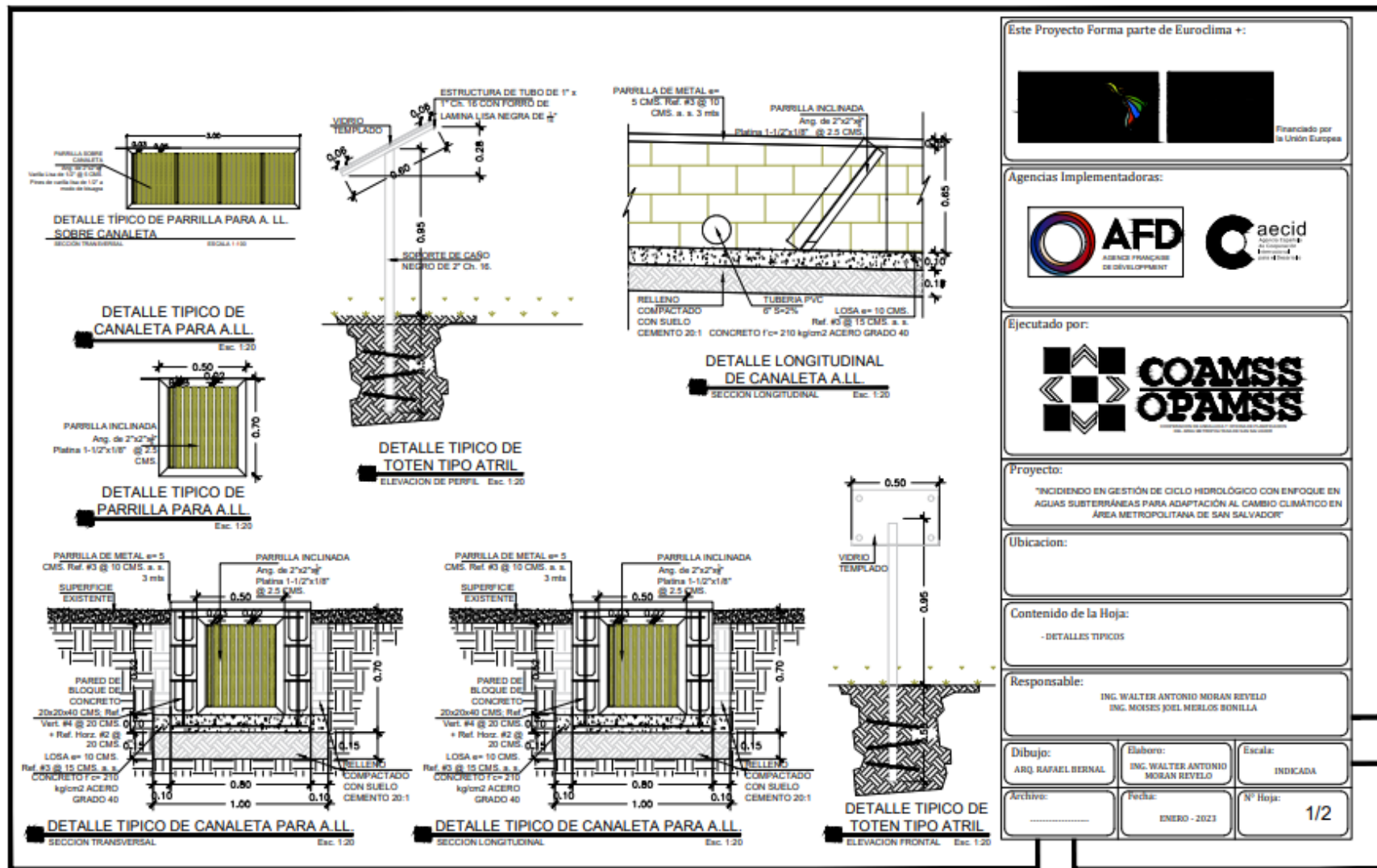
Contenido:
MAPA GEOMORFOLOGICO



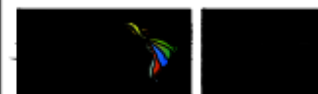




PLANOS DE DETALLES



Este Proyecto Forma parte de Euroclima +:



Financiado por la Unión Europea

Agencias Implementadoras:



Ejecutado por:



Proyecto:

"INCIDIENDO EN GESTIÓN DE CICLO HIDROLÓGICO CON ENFOQUE EN AGUAS SUBTERRÁNEAS PARA ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN ÁREA METROPOLITANA DE SAN SALVADOR"

Ubicación:

Contenido de la Hoja:

- DETALLES TÍPICOS

Responsable:

ING. WALTER ANTONIO MORAN REVELO
ING. MOISES JOEL MERLOS BONILLA

Dibujo:

ARQ. RAFAEL BERNAL

Elabora:

ING. WALTER ANTONIO MORAN REVELO

Escala:

INDICADA

Archivo:

Fecha:

ENERO - 2023

Nº Hoja:

1/2

Estos costos son aproximados y pueden variar dependiendo de la empresa que se seleccione para la construcción del pozo de recarga.

LISTADO DE CANTIDADES Y COSTOS

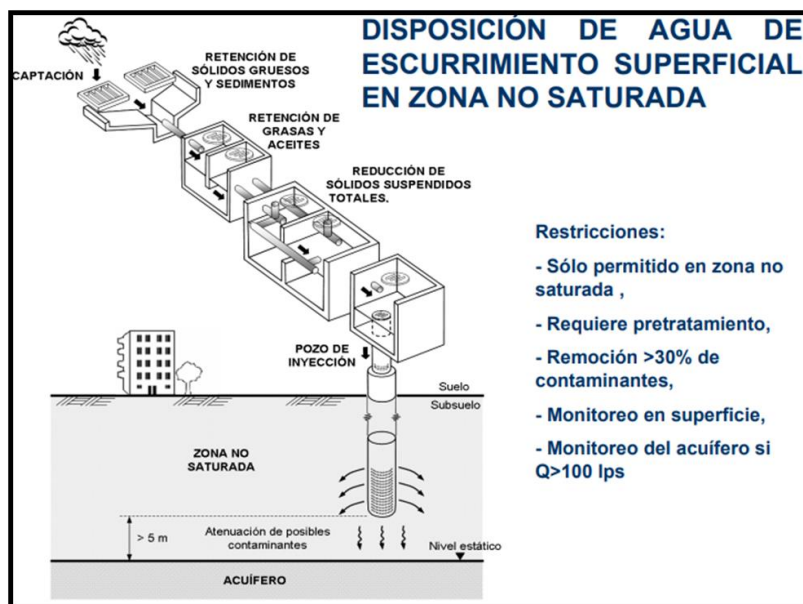
Proyecto: Construcción de Pozo de Recarga en Parque Residencial Montesion

Municipio: Santa Tecla, Departamento: La Libertad..

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	MOVILIZACIÓN				
1.1	Movilización y desmovilización del plantel	C/U	1.00	\$ 1,000.00	\$ 1,000.00
1.2	Movilización e instalación de maquinaria y equipo de perforación	C/U	1.00	\$ 1,000.00	\$ 1,000.00
	SUB-TOTAL1. MOVILIZACIÓN				\$ 2,000.00
2	PERFORACIÓN				
2.1	Perforación de Pozo de Recarga ø 12 1/4" método rotatorio.	MTS	150.00	\$ 150.00	\$ 22,500.00
	SUB-TOTAL 2. PERFORACIÓN				\$ 22,500.00
3	REVESTIMIENTO				
3.1	Suministro e instalación de tubería ciega ø 8" (ademe), PVC bajo norma ASTM D-2241, SDR 17 250 PSI	MTS	9.00	\$ 120.00	\$ 1,080.00
3.2	Suministro e instalación de rejilla ø 8" , PVC bajo norma ASTM D-2241, SDR 17 250 PSI	MTS	141.00	\$ 140.00	\$ 19,740.00
3.3	Suministro e Instalación de Filtro de grava selecta de río graduada entre Ø 4-9 mm redondeada y sub redondeada libre de contaminantes orgánicos, arcillas, arenas, pómez y cualquier otro material nocivo; resistente a la acción del agua subterránea.	M3	4.00	\$ 120.00	\$ 480.00
3.4	Suministro e instalación de sello sanitario (cementación de 0-3 m)	M3	1.00	\$ 225.00	\$ 225.00
3.5	Dispositivo o Sensor para medición de Temperatura y Nivel del agua, Dispositivo o Sensor para la medición de la presión atmosférica, cable transmisor de datos y para sostener el Sensor de Monitoreo L=80 m), Dispositivo Lector óptico USB, Cable transmisor de datos y para sostener el Barómetro	U	1.00	\$ 12,224.75	\$ 12,224.75
	SUB-TOTAL 3. REVESTIMIENTO.				\$ 33,749.75
4	LIMPIEZA DE POZO Y PRUEBA DE CAPACIDAD.				
4.1	Limpieza inicial				
4.1.1	Instalación y maniobras desde 0 mts hasta 76.2 Mts. de Airlift	SG	1	\$ 100.00	\$ 100.00
4.1.2	Operación de Airlift (horas efectivas del compresor)	HRS	10	\$ 150.00	\$ 1,500.00
4.1.3	Prueba de capacidad de infiltración del pozo (inyección de agua a caudal contante y medición de los descensos)	C/U	1	\$ 3,500.00	\$ 3,500.00
	SUB-TOTAL 4. LIMPIEZA DEL POZO Y PRUEBA DE CAPACIDAD.				\$ 5,100.00
5	SISTEMA DE RECOLECCION Y CANALIZACION DE A. LL.				
5.1	Canaleta de mampostería de bloque (incluye excavación).	M.L.	67.42	\$ 153.82	\$ 10,370.21
5.2	Parrillas metálicas para filtro primario.	C/U.	8.00	\$ 145.00	\$ 1,160.00
5.3	Tótem informativo tipo Atril	U	1.00	\$ 250.00	\$ 250.00
	SUB-TOTAL 5. SISTEMA DE RECOLECCION Y CANALIZACION DE A. LL.				\$ 11,780.21
	TOTAL SIN IVA				\$ 75,129.96
	INDIRECTO (35%)				\$ 26,295.49
	sub total				\$ 101,425.44
	IVA (13 %)				\$ 13,185.31
	TOTAL				\$ 114,610.75

POSIBLE TRATAMIENTO

Un esquema del posible tratamiento que se le dará al agua captada se muestra en la FIG. 1



La retención de sólidos gruesos y sedimentos se hará mediante la instalación de rejillas inclinadas dentro de la canaleta, así como se muestra en la figura 2

Se ha diseñado la canaleta que se utilizara para descargar el agua captada al pozo de recarga, dicho diseño se muestra en la FIG. 3

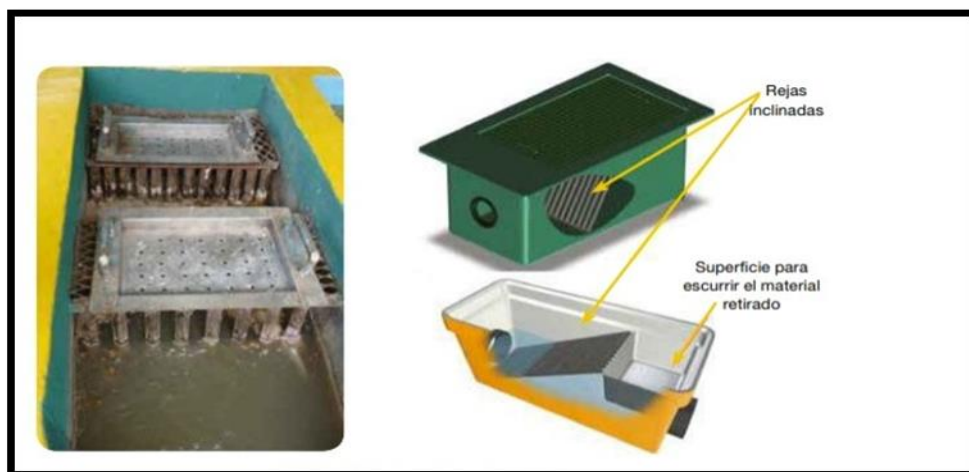


FIG 2 , Ilustraciones de rejillas



FIG 3 , Diseño de canaleta de concreto

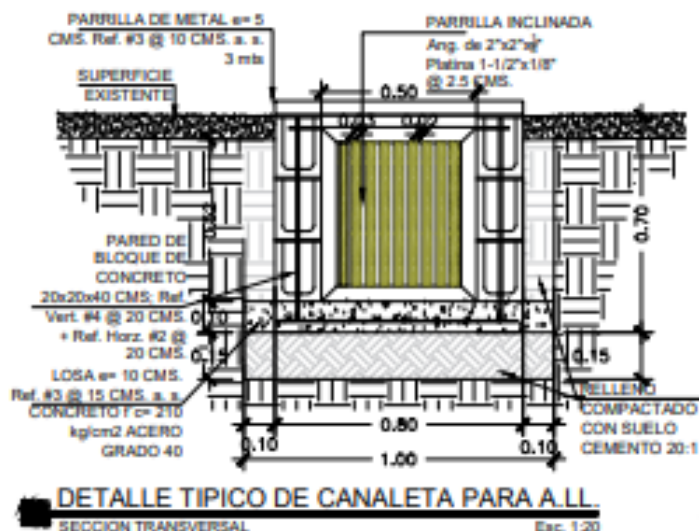
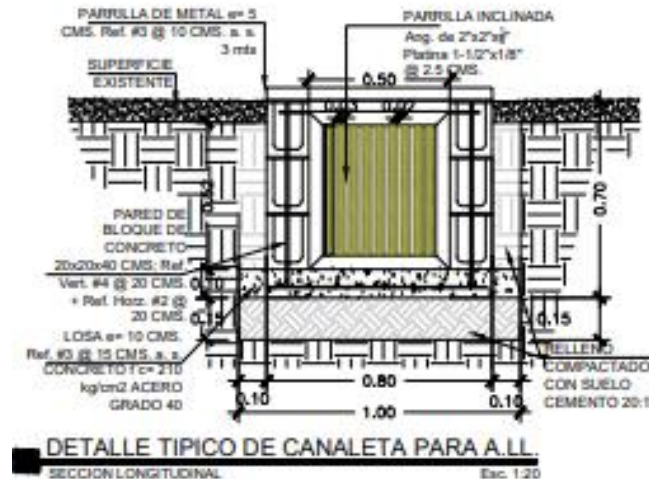


FIG 4 , Diseño de canaleta de concreto



Para corroborar que el diseño de la canaleta tiene la capacidad hídrica para que el drenaje pluvial se encauce hasta el pozo de recarga, se utilizó el programa **H CANALES** el cual es de uso libre. Los resultados obtenidos se muestran en la imagen No 3.

Lugar:	Residencial Montesion	Proyecto:	Pozo de Recarga
Tramo:	Canaleta	Revestimiento:	8"

Datos:	
Caudal (Q):	0.056 m ³ /s
Ancho de solera (b):	0.40 m
Talud (Z):	
Rugosidad (n):	0.095
Pendiente (S):	0.02 m/m

Resultados:			
Transte normal (y):	0.3674 m	Perímetro (p):	1.1348 m
Area hidráulica (A):	0.1470 m ²	Radio hidráulico (R):	0.1295 m
Espejo de agua (T):	0.4000 m	Velocidad (v):	0.3810 m/s
Número de Froude (F):	0.2007	Energía específica (E):	0.3748 m·Kg/Kg
Tipo de flujo:	Subcrítico		

Calcular

Limpiar Pantalla

Imprimir

Menú Principal

Calculadora

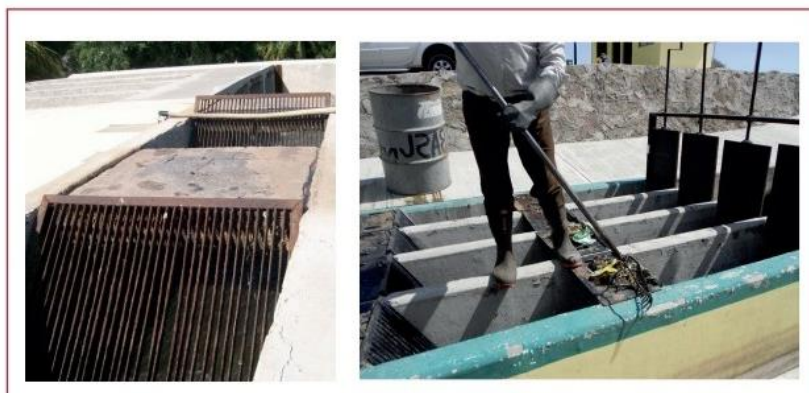
Ejecuta las operaciones

06:36 p. m. 15/02/2023

IMAGEN 3 , Comprobación de la capacidad hidráulica de la canaleta

MANTENIMIENTO DE LAS REJILLAS

Ilustración 1.4 Rejas y rejillas de limpieza manual y su operación, respectivamente



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

PERFORACIÓN DE POZO PROFUNDO. Horadación en el terreno efectuada por medio de máquinas y herramientas mecánicas hasta profundidades mayores que treinta (30) metros, con fines de explotación de aguas subterráneas, o con fines exploratorios. 2.1.12 POZO PROFUNDO. Perforación hecha en el terreno a través de diferentes formaciones geológicas, hasta profundidades mayores de 30 m., con la finalidad de interceptar un acuífero y explotarlo con fines de abastecimiento para consumo humano y que ha sido debidamente revestida con tubería.

PRUEBA DE VERTICALIDAD Y ALINEAMIENTO. Incluye los conceptos de verticalidad y rectitud de un pozo. Prueba realizada con instrumentos de sondeo para verificar que durante el proceso de perforación el agujero no ha sufrido desviaciones fuera de los límites permitidos con la profundidad, del eje central del pozo respecto a la verticalidad a través del centro de este y el extremo superior del entubado. Determina cual es la desviación del alineamiento del pozo en una u otra dirección con respecto a la vertical.

TUBERÍA CIEGA. Se entenderá por tubería ciega para ademe, los tramos de tubería sin perforaciones en sus paredes, suministradas en tramos de seis (6) metros o en las tuberías estándares producidas por las fábricas.

TUBERÍA RANURADA O REJILLA. Los tramos de tubería con perforaciones hechas con herramienta mecánica efectuada en fábrica o con soplete u otra herramienta en el campo y que será suministrada en tramos de seis (6) metros o en las tuberías estándares producidas por las fábricas.

SISTEMA DE UNIDADES De acuerdo con la normativa obligatoria nacional autorizada

LOS MÉTODOS DE PERFORACIÓN UTILIZADOS SON:

Método de Percusión, que lleva a cabo la operación de perforar, levantando y dejando caer con regularidad una pesada sarta de herramienta dentro del agujero que se va abriendo. El barreno fractura o desmorona la roca dura y la convierte en pequeños fragmentos. Durante el proceso las partículas desprendidas se entremezclan con agua, (la que debe ser agregada sino se encuentra presente en la formación que se está penetrando). El lodo formado por las partículas desprendidas y el agua deberá ser extraído mediante una bomba de arena o una cuchara con la finalidad que la columna de lodo formada no amortigüe la caída de las herramientas y retarde la velocidad de perforación.

Método Rotativo, que consiste en oradar un agujero mediante la acción rotatoria de un trépano y remover los fragmentos que se producen con un fluido que continuamente se hace circular, conforme el trépano penetra en los materiales de la formación. 3.8.2 Cuando se utilice el sistema rotativo deberá cuidarse que las bombas y el compresor proporcionen una adecuada circulación de retorno para los fluidos de acuerdo a la velocidad de ascenso del material perforado y una buena ejecución del trabajo en relación a la viscosidad de los fluidos y al diámetro perforado.

En el sistema rotativo se usarán lodos bentoníticos de peso específico o densidad adecuada, su medida se efectuará mediante la balanza de lodos utilizando unidades gramos/centímetro cúbico la viscosidad de los mismos será del orden de 36 a 50 seg/API, los datos sobre la viscosidad de los lodos serán registrados con exactitud durante la perforación, a cada 3 metros y cuando se registre cambio de formación. La variación de viscosidad se medirá con el embudo de MARSH.

Si se utiliza maquina rotativa con sistema neumático, un martillo de fondo y barrena con insertos de tungsteno, con operación de un compresor de buena capacidad se hará una TECNICA inyección de una emulsión de jabón o detergente industrial, agua y aire.

Deberá controlarse la presión artesiana durante la realización de los trabajos de perforación.

PROCESO CONSTRUCTIVO Y PRUEBAS

Infraestructura Mínima en el sitio de perforación - En el sitio de las obras las instalaciones deben comprender todo lo necesario para la ejecución y entrega de los trabajos, instalación y transporte, montaje, etc.; asimismo se deberá contar con los accesorios, andamios, todo los equipos de construcción, implementos auxiliares, materiales, personal e instrumentos de obra; también se deberá contar con todas las instalaciones temporales, como taller, oficina, almacén, etc., y todo lo que sea necesario para ejecutar las obras y trabajos relacionados, para que la cuadrilla de perforación o el Contratista (según sea el caso) puedan cumplir con sus obligaciones.

Desmontaje y Desmovilización - Tan pronto como las obras hayan concluido y antes de la liquidación final del mismo debe desmontarse y retirarse todos los edificios, instalaciones e implementos temporales. Se ha de rellenar todo los cimientos, bases y áreas de subsuelo con tierra, dejando el terreno completamente limpio y con buena presentación. Deberá estabilizarse las excavaciones realizadas para su buen desenvolvimiento, tales como carreteras temporales. Esto es válido para sondeos que no fueron complementados como pozos.

Cronograma de Actividades y Programa de Trabajo - Será necesario contar con un cronograma que desglose todas las actividades necesarias para la perforación y el tiempo estimado para cada una. Basándose en el cronograma se elaborará un programa de trabajo con las fechas estimadas de inicio y conclusión para cada actividad contemplada (Método de la Ruta Crítica y Diagrama de Barras), . La Programación al igual que la bitácora deberá permanecer en el sitio de trabajo y a disposición de la supervisión o cualquier representante del Contratante que visitara la obra.

Libro de Bitácora - Deberá llevarse un libro de bitácora, donde se registren las actividades desarrolladas, avances en la construcción y las observaciones relativas a la obra en ejecución. El encargado de perforación o ingeniero de Proyecto, según sea el caso, deberá escribir todo lo relevante relativo a las actividades y avance de obras realizadas y el supervisor anotará las instrucciones y cambios que se den en la ejecución de la misma. Este deberá permanecer en el sitio de las obras.

Reporte del Perforador - El Reporte del Perforador se elaborará diariamente y deberá permanecer en el sitio del proyecto. Este reporte contendrá como mínimo la siguiente información:

- Fecha, hora de la jornada de trabajo
- Interrupciones y averías
- Cambio de ubicación
- Proceso de perforación

- Consumo de materiales
- Niveles de agua al principio y al final de cada jornada de trabajo
- Implementos, herramientas y maquinaria en uso
- Informaciones sobre los registros de perforación, brocas, petrografía y velocidad de penetración
- Registro sobre pruebas de verticalidad y alineamiento • Informe sobre pruebas de bombeo y pruebas de recuperación
- Todos los especiales e informaciones solicitadas
- Procesos y actividades terminadas
- Fin de perforación.

Movilización de Maquinaria y Herramienta.

La movilización de maquinaria y construcción del plantel se hará el día que sea señalado como orden de inicio, basándose en los estudios previos realizados.

Trabajos de Perforación con Revestimiento Temporal

En el caso que el pozo perforado tienda a derrumbarse, deberán instalarse revestimientos temporales con una profundidad tal que se logre llegar hasta debajo de la capa derrumbada. El diámetro de los revestimientos temporales debe ser mayor que el diámetro que exige el diseño original en cada pozo y este deberá mantenerse hasta alcanzar el fondo.

Fluidos de las Perforaciones - En todas las perforaciones sedimentarias, los fluidos de la perforación pueden ser lodo, materiales en base de celulosa o bien aguas espumosas, que circularán con o sin aditivos estabilizantes, siempre y cuando no se utilice algún material nocivo o tóxico.

El depósito de los fluidos de perforación puede hacerse mediante tanques para lodos o por grandes fosas o pilas excavadas en el terreno y revestidas con mortero. En cada localización la capacidad del depósito deberá calcularse de acuerdo al volumen de la perforación.

Circulación de Fluidos - Deberá hacerse todo lo que sea necesario para mantener una circulación de retorno adecuada junto con los residuos hacia la superficie.

Muestras de perforación - El retorno del aire comprimido en el brocal durante la perforación deberá acondicionarse de tal forma que una muestra representativa del flujo de retorno pueda ser obtenida intermitentemente mediante una caja recolectora. De la manera siguiente:

El muestreo de cada nivel debe continuar hasta obtener un kilogramo por lo menos (se tendrán dos grupos de muestras) de peso seco del material que se ha recolectado; de estas muestras una debe ser lavada y la otra no, serán colocadas en bolsas plásticas dobles, debidamente atadas e identificadas con rótulos en los que se indique la profundidad de origen, fecha, hora y el pozo de donde procede.

Todas las bolsas con muestras deberán mantenerse siempre a la sombra en el sitio de las obras para evitar que el plástico sea destruido por los rayos solares.

Un grupo de muestras debe permanecer en el sitio de perforación.

Para una inspección temporal en el lugar se tomarán adicionalmente muestras del suelo para cada 3 metros y cada vez que haya cambio de material, las cuales se colocarán en un orden consecutivo.

Protección de las Cabezas de Pozos

La protección de la cabeza del pozo deberá ser del grado API H-40 como mínimo, con una longitud vertical mínima de 3.5 metros, insertando y rellenado en el espacio comprendido entre el revestimiento y la pared del pozo (antes del retiro del tubo de superficie) y proyectándose medio metro sobre el nivel del terreno.

Después de la construcción del pozo, este deberá cerrarse con una cubierta preliminar. La protección de la cabeza del pozo se pintará y reportará

Tubería Ciega y Rejilla.

Basándose en los elementos del pre-diseño del pozo, el corte litológico, en las gráficas del registro eléctrico, por las observaciones personales y las reportadas en los informes de trabajo diarios procederán al diseño del revestimiento el cual deberá ser expedido en forma escrita estipulándose el diámetro, longitudes y espesores de tubería ciega y rejilla especificando asimismo los niveles y profundidades a que se deberá instalar la tubería de acuerdo a sus características.

El control de arrastre de los finos de las formaciones perforadas podrá efectuarse por medio de las aberturas de la rejilla y por medio de un adecuado filtro de grava, según sea la granulometría de las formaciones interceptadas por la perforación y de estimarse necesario se colocarán separadores de finos protectores de bomba y/o separadores de arena superficiales para proteger la impelencia y otros elementos del sistema.

Todas las tuberías y rejillas (Aleaciones de Acero o PVC no plasticizado en algunos casos) para los pozos de producción deberán cumplir con los requerimientos de las especificaciones ASTM.

Conexión La unión entre los tubos (PVC) debe ser sin acoples metálicos, cementos o tornillos, usando un sistema integral para su máxima seguridad y fácilmente acoplados y desacoplados sin cortar. Esplines Termoplásticos de alta fuerza deben ser insertados en una ranura del tubo y acople y dar 360 grados para distribuir la carga y peso en forma equitativa. Los acoples podrán ser roscados. Tubería Metálica se efectuara por soldaduras o por roscas, cada tubo estará provisto de balona o collar de conexión (del mismo acero del tubo) de 127mm (5 plg) de largo con tres ventanillas de inspección.

Rejilla Serán fabricadas para cada caso de aleaciones de acero y/o PVC no plastificado bajo las Normas señaladas en la tubería de revestimiento. Las ranuras serán perforadas a máquina; las dimensiones de ranura, apertura y área abierta serán las especificadas en el anteproyecto

Conexión o junta entre tubos y rejillas Será collar de soldar (balona) con 3 agujeros de inspección. La soldadura de las juntas, serán con electrodos adecuados al material de base de acuerdo a las Normas de la AWS y/o a las señaladas en la conexión de la tubería PVC o a través de rosca.

Materiales para el Filtro o Empaquetadura de Grava -Todo el material para el filtro de grava deberá estar libre de sustancias orgánicas y estará constituido por partículas redondeadas. Bajo ninguna circunstancia, piedra o roca triturada o partículas angulosas, deberá usarse. El material para el filtro de grava podrá estar compuesto de cuarzo, basalto u otro material resistente a la acción de las aguas subterráneas. Deberá ser lavado previamente al colocarla dentro del pozo perforado. El material utilizado para los filtros deberá ser tamizado por la malla # 4 y la malla # 9 y cumplan con la norma AWWA.

Tubo para Mediciones del Nivel de Agua- Los pozos de infiltración serán equipados con un tubo PVC de 19.05mm - 25.4mm (3/4" - 1") de diámetro interno para las mediciones del nivel de agua. Este tubo deberá instalarse en el espacio comprendido entre la pared del pozo y la tubería, deberá hacerse antes que el filtro de grava sea instalado. Este tubo tendrá un alcance desde el fondo del pozo hasta la superficie, será ranurado hasta el borde superior de la rejilla. La abertura en la superficie deberá cerrarse con una cubierta removible,

Alineación y Verticalidad- El pozo de infiltración será construido con verticalidad y debidamente alineado, la prueba deberá realizarse inmediatamente después de revestir el pozo, y solamente que los resultados sean satisfactorios podrá autorizarse la colocación del filtro. Para demostrar que este trabajo se hizo cumpliendo debidamente con estos requerimientos se deberá efectuar todas las pruebas con el agujero debidamente revestido, descritas a continuación: El alineamiento se probará de acuerdo a las normas AWWA 100, en su última versión Sección 1-6, bajando por el pozo un dispositivo de por lo menos 3.657 metros (12') de longitud con cinco (5) anillos, cada anillo de una altura de 10 centímetros, todos distribuidos equitativamente en el dispositivo. Los anillos deberán ser perfectamente cilíndricos y sin filos o

ACTIVIDAD: 3.4.6 "ELABORACIÓN DE CARPETAS TÉCNICAS PARA PERFORACIÓN DE POZOS DE RECARGA EN EL AREA METROPOLITANA DE SAN SALVADOR (AMSS)".

esquinas que puedan provocar su atascamiento. Su peso es de 50 Kilos aproximadamente. La parte central del dispositivo tendrá que ser suficientemente rígido, para mantener alineados los ejes de los anillos.

Análisis de Tamiz- Mediante perforaciones a través de estratos con sedimentos de arena, grava, se deberá efectuar un análisis de tamiz con equipo adecuado. Los resultados deben reportarse en un formato especial para permitir tomar futuras decisiones acerca del tamaño de las ranuras en la sección de rejillas y al tamaño y distribución de los filtros de grava.

Instalación del Filtro de Grava o Arena, Sello de Arcilla y Relleno - El espacio anular entre la pared del pozo perforado y la superficie exterior de la rejilla será rellenado con un filtro de grava o arena graduada desde la base del pozo perforado, hasta un nivel no menor de 3 metros arriba del nivel estático del agua. Sobre la parte superior de éste filtro debe colocarse un sello de arcilla no menor que 2 metros de longitud, para evitar la contaminación de la sección de la rejilla. Arriba del sello de arcilla deberá colocarse material de relleno hasta 3 metros por debajo de la superficie. Un relleno de cemento de 3 metros de longitud deberá sellar la sección superior del espacio anular arriba mencionado desde la superficie hasta el fondo del material de relleno. Posteriormente la tubería de protección deberá instalarse en el espacio anular y unirse a la superficie con un relleno de cemento.

Limpieza Inicial - Una vez concluida la construcción del pozo, este debe limpiarse inmediatamente de la siguiente manera:

- La profundidad total del pozo y el nivel del agua estática deben medirse.
- El pozo se limpiará usando un sistema de aire comprimido y/o pistonéo. La limpieza deberá ser ejecutada en tres etapas, comenzando con el retiro de aproximadamente la mitad del rendimiento o capacidad prevista. Tan pronto como el agua bombeada esté libre de arena, la descarga deberá incrementarse hasta completar el rendimiento previsto y deberá continuar hasta que se retire aproximadamente el 150% de la capacidad prevista.
- El pozo debe considerarse libre de arena en el caso que el contenido de arena no exceda 2 ppm/peso en cada uno de los pasos.
- Cada uno de los pasos de la explotación deberá durar por lo menos una hora. Para evacuar residuos de fluidos con bentonita desde los estratos productivos del subsuelo, deben usarse polifosfatos u otro dispersante de lodo con propiedades biodegradables, que no sea contaminante ni tóxico para la humanidad.
- La explotación deberá ser debidamente registrada. Estos registros formarán parte del "Expediente del Pozo".

- El proceso de limpieza podrá ser efectuado, tanto por pistoneo o por inyección de aire comprimido (método “Airlift”). El equipo que se utilice para este propósito deberá ser capaz de descargar hasta un 100% de la capacidad requerida del pozo o mayor según las necesidades.

Explotación/Limpieza Final- El propósito de la explotación/limpieza final es remover cualquier residuo desde las estructuras de producción para demostrar que tan efectiva ha sido la limpieza inicial, y para determinar la capacidad o rendimiento máximo de los pozos para fines de prueba.

- La explotación final consistirá, de una primera descarga del pozo durante 30 minutos a la más alta capacidad posible. La descarga será escalonada tanto hacia arriba como abajo tan rápido como sea posible, y se detendrá cada dos o tres ciclos. Este proceso continuará hasta dos horas y será continuado por un período posterior de 30 minutos de máxima descarga.

- Luego de la instrucción de parar la explotación final se cesará la descarga del pozo y se observará un período de recuperación máxima de 12 horas.

- El programa exacto e intervalos de tiempo de la explotación final, será determinado en el sitio de las perforaciones.

Muestras del Agua- Se deberá tomar una muestra de agua descargada del pozo al final de la prueba de bombeo para efectuar análisis físico-químico y bacteriológico. La conductividad eléctrica, temperatura y valor PH de cada muestra deberán ser medidos al momento de efectuar el muestreo. Los resultados deberán registrarse y enviarse con sus respectivos reportes y recomendaciones, de acuerdo a la calidad del agua para ser anexado al informe final.

Las botellas de muestra deberán ser de vidrio incoloro y seguramente etiquetado con el número de referencia del pozo, fecha y hora. Deberán mantenerse en la sombra y ser manipuladas por el encargado de laboratorio de la toma de muestras. Las botellas utilizadas deberán ser manipuladas de acuerdo a las Normas Nacionales vigentes.

Desinfección- El pozo perforado será desinfectado mediante la introducción en el mismo de una solución de cloro, en tal forma que el agua en el pozo tenga una concentración de cloro de 200 mg/litro. La solución de cloro deberá mantenerse en el pozo por un lapso no menor de 48 horas, después será agitado para asegurar la adecuada mezcla,

Conclusión del Pozo- Al concluir todas las operaciones de perforación y prueba, un tapón metálico debe soldarse encima del orificio del tubo de protección, para que el pozo quede herméticamente sellado.

Informe Final del Pozo - Al finalizarse el pozo deberá redactarse un informe final que contenga las características del pozo basándose en todo el proceso de perforación y los resultados finales. Deberá contener un diagrama del pozo con toda la información correspondiente. El informe deberá contener como mínimo y sin limitarse a, la siguiente información:

- Nombre y No del Pozo

- Localización exacta con coordenadas geodésicas y elevación referenciados a mojones y a una distancia no mayor de 1000 metros.
- Descripción del Pozo con todos sus detalles (longitud de tubería ciega y rejilla, empaque de grava, selladura, cimentación, posición de la bomba, etc.)
- Corte transversal del Pozo
- Diámetro de perforación y revestimiento
- Nivel estático y Nivel dinámico
- Fechas de Referencia
- Bitácora de perforación
- Perfil Geológico
- Informe sobre el desarrollo del pozo
- Resultados de las Pruebas de Bombeo
- Análisis de agua y otros realizados
- Prueba de verticalidad y registro eléctrico

POZO DE MONITOREO

Diseño del Pozo de Monitoreo

Como parte de la investigación se propone mantener un monitoreo continuo del agua pluvial descargada al pozo de recarga (infiltración). Se proyecta mantener el control de tres datos básicos: Nivel del agua, Temperatura y Conductividad Eléctrica de las aguas pluviales descargadas. El propósito del monitoreo es conocer la variación cíclica del nivel del agua subterránea y saber si existe una variación de la calidad del agua que esté enlazada a estos ciclos de recarga del acuífero. Se parte de la premisa que la variación natural del nivel del agua pluvial puede ser afectada por períodos de sequía prolongados y también por la sobreexplotación del acuífero. Es evidente que la información a obtenerse será muy valiosa y se podrá comparar con la que es recolectada por el MARN en los pozos de monitoreo del Sistema de Información Hídrica (SIHI) ubicados en el Área Metropolitana del Gran San Salvador. Por lo

que se recomienda la instalación de un LTC Levellogger de la marca Solinst Modelo 3001, los cuales han demostrado tener una excelente calidad, que debe ser instalado a 70 metros de profundidad, rango de temperatura de -20°C a 80°C, y con rango de medición de Conductividad Eléctrica entre 0 y 100,000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. (ver ficha técnica en anexos). Para la compensación barométrica se recomienda la instalación de un Barologger Modelo 3001 Solinst. Colocado a 2 metros de profundidad (debe estar fuera del agua). Se aclara que estas son las especificaciones de un equipo con las características básicas requeridas, para este tipo de monitoreo, también existen modelos más recientes, los cuales usan la conexión inalámbrica para el manejo de datos. Todos estos equipos varían de precios y tendrán que ser evaluados en un análisis funcional-costo, es de aclarar que el equipo de la foto es un modelo más complejo de usar ya que se debe de realizar una compensación atmosférica para tener datos reales y el modelo que se está proponiendo este sistema ya viene consolidado y por ende solo se adquirirá. La imagen de la izquierda muestra como descargar la información extrayendo el sensor del pozo y colocándola sobre un base que lo conecta hacia el dispositivo a utilizar, y la imagen de la derecha muestra como desde un cable USB se conecta directamente sobre un cabezal y se extrae la información. La imagen muestra las dos formas de cómo se puede descargar la información recolectada, la cual es extraída a través de un software especial la cual se deberá procesar los datos en una tabla de Excel para su análisis e interpretación de resultados.

Imagen 18 Variantes de equipo de descarga de datos de Levelloggers Solinst

