CONSULTORIA TECNICA HIDROGEOLÓGICA

DETERMINACION DEL ORIGEN E INCIDENCIAS DE FLUJOS DE AGUA EXISTENTES EN EL TERRENO DEL PROYECTO BLUE TOWN CENTER

LUGAR: URB. PUERTO AZUL
ORDENA: COMITÉ DE PUERTO AZUL

AGOSTO 2025

CONSULTORIA

1. ANTECEDENTES 3
2. TOPOGRAFÍA 4
3. FORMACIONES GEOLÓGICAS 8
5. CONSECUENCIAS GEOTÉCNICAS POR LAS PRESENCIA DE MANATIALES . 23
6. CONCLUSIONES 23

DETERMINACIÓN DEL ORIGEN E INCIDENCIAS DE LOS FLUJOS DE AGUA EXISTENTES EN EL TERRENO DEL PROYECTO BLUE TOWN CENTER

1. ANTECEDENTES

Según varios de los moradores de la urbanización Puerto Azul, entre ellos profesionales de ingeniería, dentro del terreno en el que se pretende construir un proyecto urbanístico de grandes dimensiones, han observado, desde años pasados, flujos de agua desde el subsuelo, que también se pueden denominar surgencias, con un caudal, en litros/segundo, variable en función de la presencia de lluvias, su intensidad y frecuencia, o en las épocas no lluviosas.

Es evidente que tanto el terreno en cuestión como las calle que se dirigen hacia los esteros tienen desde la Puerta de ingreso No 2 y la calle transversal adjunta, una pendiente relativamente suave. Como referencia el parque Caminito que está a unos 150 m de distancia en dirección Sur, tiene una cota más baja (aproximadamente 1.30m) que el terreno destinado al proyecto, en el sitio donde se ha evidenciado la existencia de los llamados “ojos de agua”. Ver Foto 1.

Foto 1: Ubicación del área del proyecto en relación al parque Caminito, área verde sobre el terreno natural, el que está a una cota notoriamente más baja que los sitios de salida de los manantiales subterráneos. En el parque Caminito que está en dirección del proyecto, <u>no existen flujos de agua</u>.

Partiendo de las observaciones efectuadas se solicitó a esta consultora la realización de un estudio muy bien sustentado, que se apoye en la información técnica existente y en la que se obtenga en los trabajos de campo, laboratorio y gabinete, con la finalidad de determinar el origen de los flujos de aguas subterráneas y las posibles incidencias en la construcción de edificaciones con estructura de hormigón armado predominante y eventuales rellenos para disponer de plataformas elevadas.

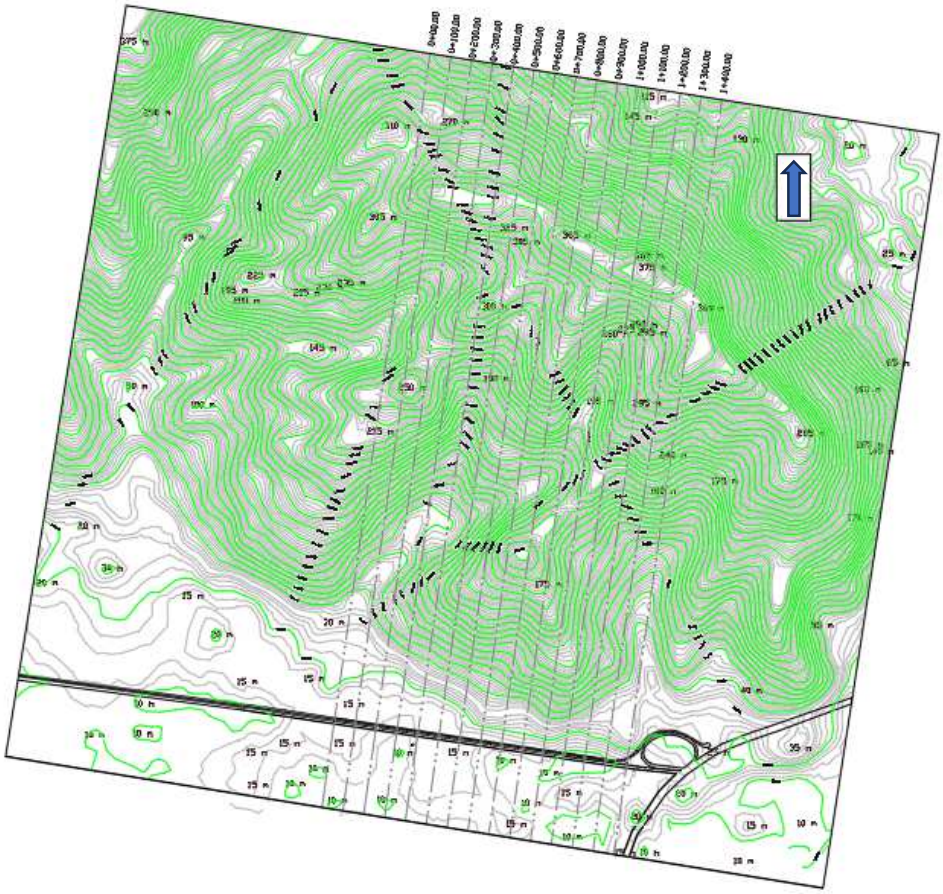
Se han desarrollado los siguientes trabajos:

- Obtención de un plano topográfico con curvas de nivel cada 2m, que cubra toda el área de las microcuencas de drenaje hidrográfico, incluyendo la divisoria de aguas y una franja adicional, en el lado Norte. En el lado Sur, las laderas que llegan a la vía a la Costa y también la urbanización Puerto Azul.
- Procesamiento de la información geológica existente, especialmente la de origen académico, relacionada al área de estudio.
- Procesamiento de la información geotécnica y geohidrológica existente, de origen académico y de varios proyectos efectuados por los autores del presente informe, bastante relacionada al área de estudio.
- Levantamiento geológico de campo para la caracterización geológica, hidrológica e hidrogeológica del área de interés.
- Recorridos de campo con toma de muestras para ensayos de laboratorio
- Análisis de los estudios efectuados para el proyecto BLUE TOWN CENTER

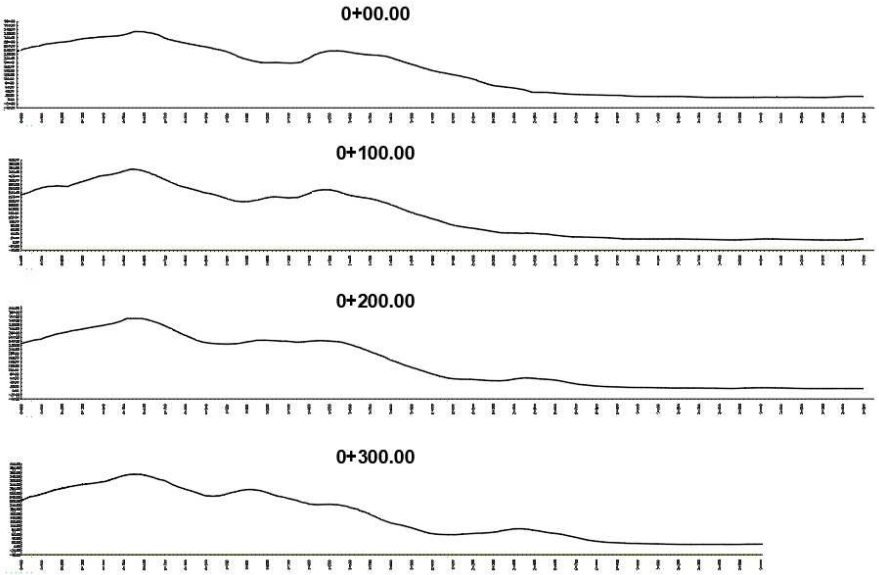
2. TOPOGRAFÍA

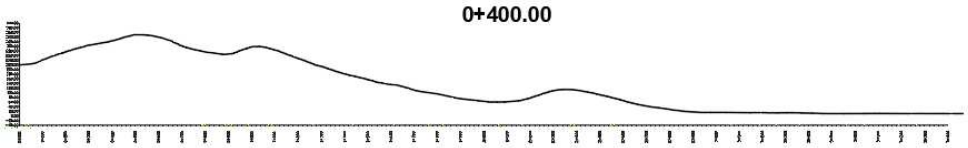
Se disponen tanto de planos como de perfiles topográficos con clara información planimétrica y altimétrica, con la finalidad de emplazar, medir, cuantificar y valorar en términos de la ingeniería especializada los resultados de la investigación que corresponden sólo al sector de estudio. Ver Plano 1, catorce Perfiles Topográficos que se marcan en el plano 1. La flecha marca el Norte

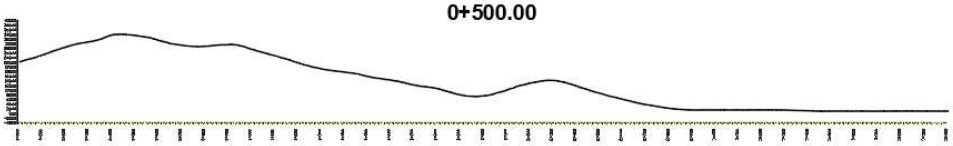
Adicionalmente se presenta un plano que permite ubicar el área de estudio y parte de la urbanización Puerto Azul incluyendo las áreas de interés. En el plano 2, se presenta una topografía de mayor precisión que muestra más claramente la geomorfología del terreno para definir mejor los contactos geológicos, las microcuencas hidrográficas y las áreas de recarga por infiltración durante el período lluvioso.

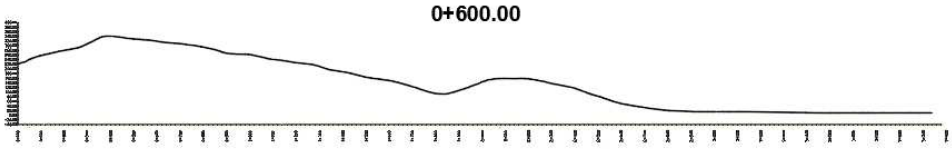


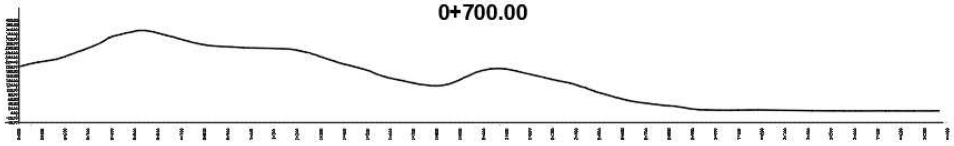
Plano 1: Topografía integral del Cerro Azul y de la Urbanización Puerto Azul

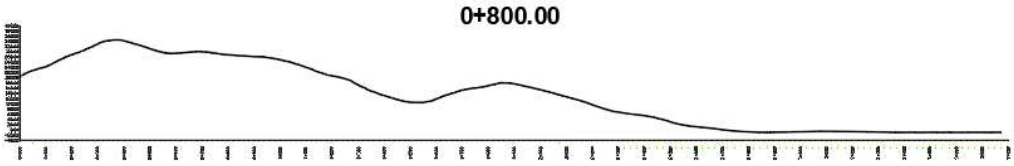


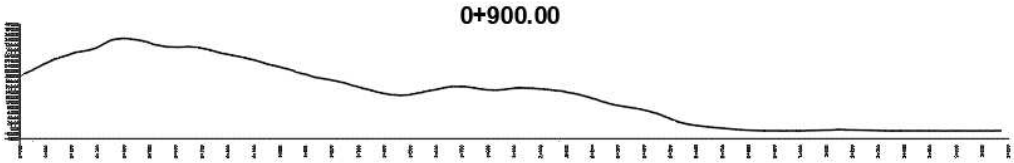

0+400.00

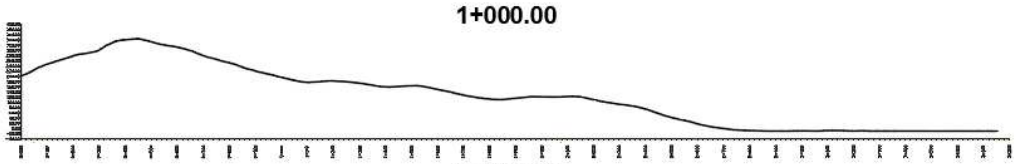

0+500.00

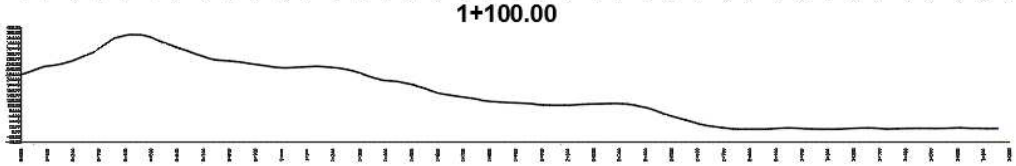

0+600.00

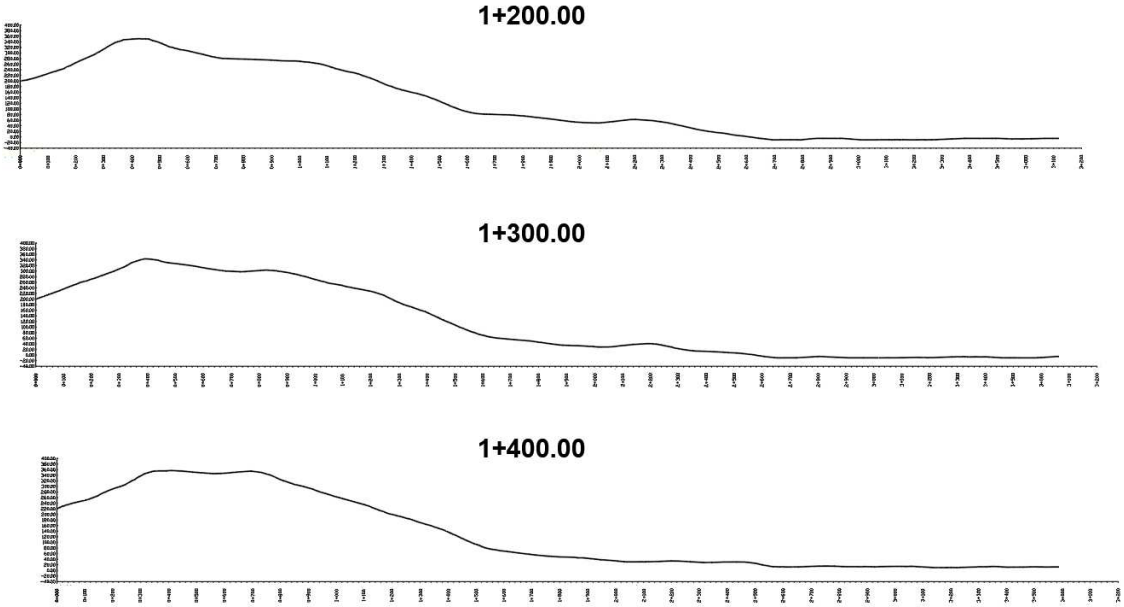

0+700.00

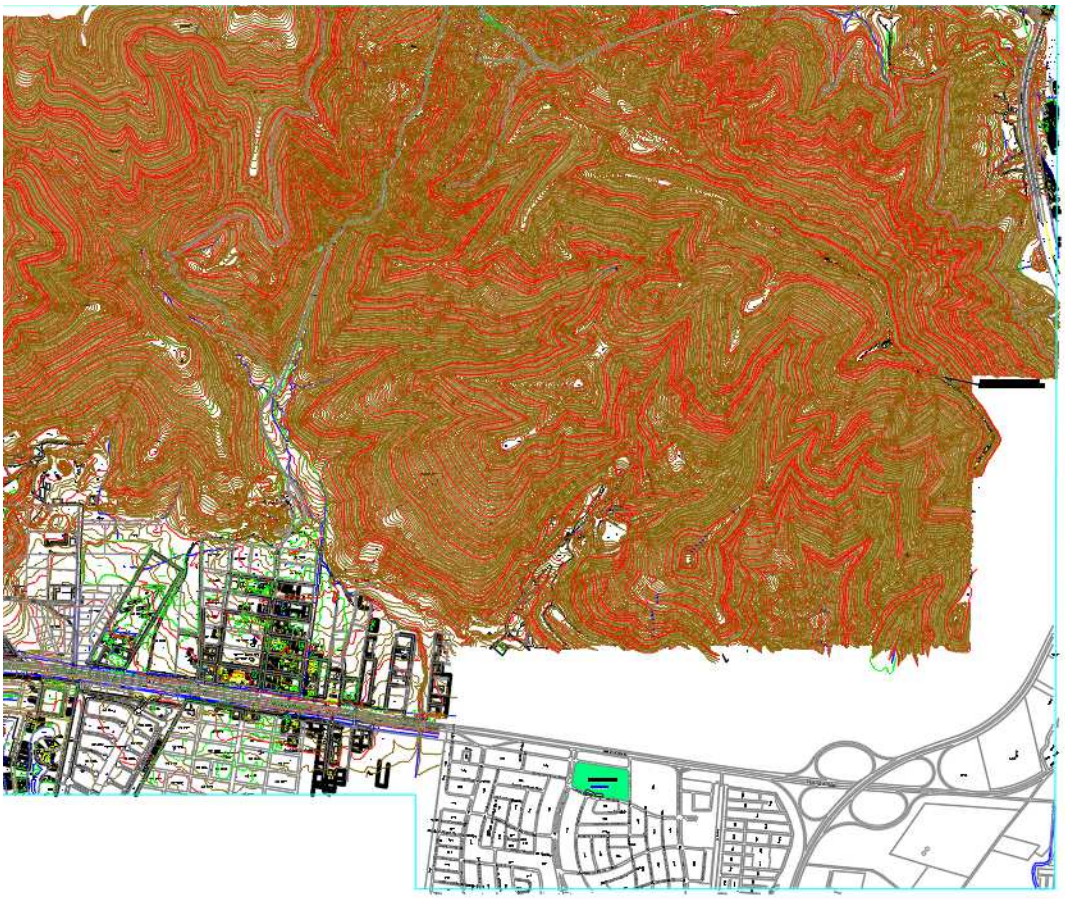

0+800.00


0+900.00


1+000.00


1+100.00

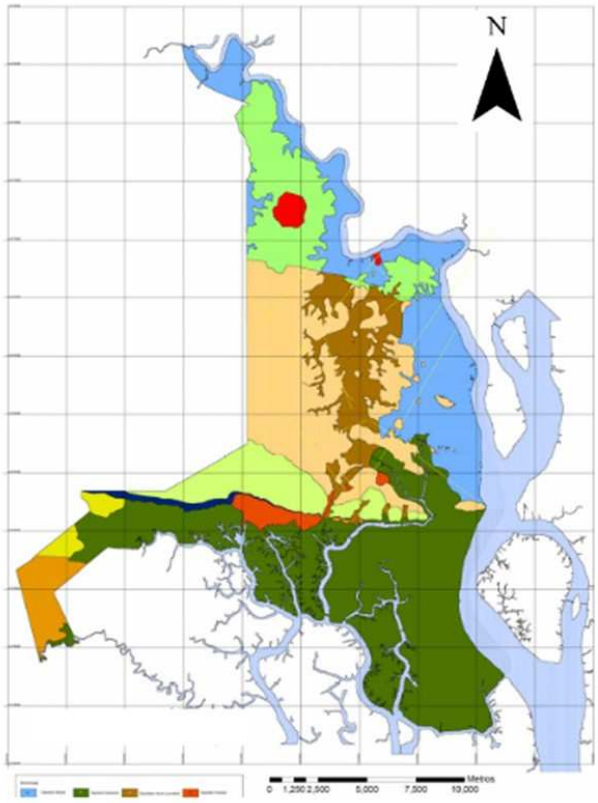


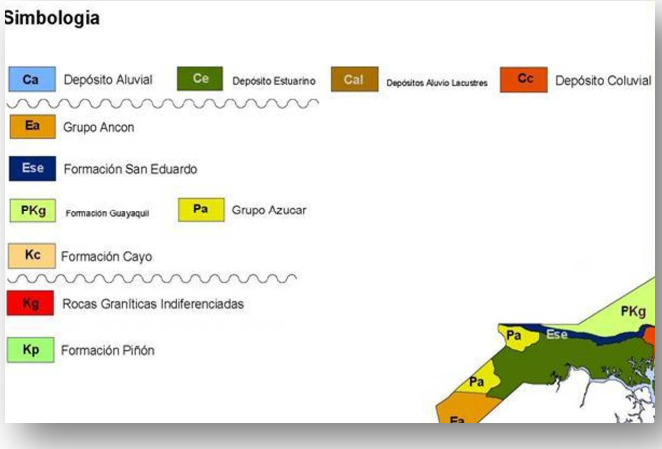


Plano 2: Topografía más detallada de la ladera, incluyendo sus microcuencas hidrográficas y ubicación del área de interés en Puerto Azul

3. FORMACIONES GEOLÓGICAS

Concretamente, en lo concerniente al área del interés, en las partes altas que se tienen al Norte de la urbanización Puerto Azul, existen dos formaciones geológicas de edad cretácica, denominadas Guayaquil y formación Cayo. Esta afirmación es concordante con lo que señala el plano geológico oficial de la ciudad, que se muestra en el plano Geológico1:

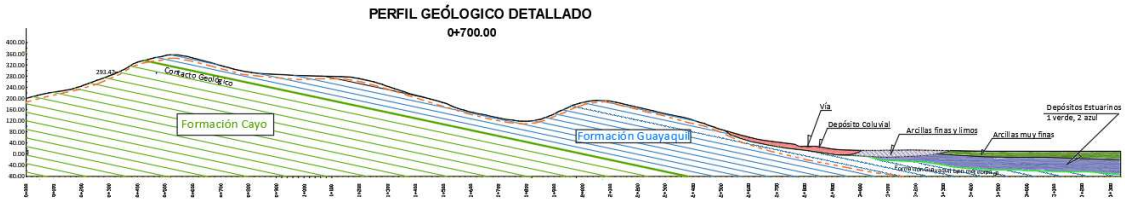




La formación Guayaquil que cubre un alto porcentaje del cerro Azul, está integrada por estratos de areniscas finas y chert (lutitas bien silicificadas). En las condiciones naturales, por la meteorización, en la cima y en las laderas, las rocas han sido degradadas hasta más de 3m de profundidad, las juntas de estratificación tienden a cerrase a partir de los 2m de profundidad. Superficialmente se ha formado capas de arcillas residuales. La meteorización que ha estado actuando en cientos de miles y millones de años.

Debido principalmente a la tala de árboles, las arcillas (capas impermeables) han sufrido erosión hídrica, por lo que los estratos meteorizados, en un alto porcentaje permeables, están expuestos en muchos sitios, por lo que ocurre infiltración de aguas lluvias.

Bajo la formación Guayaquil (subyaciendo) se tiene la formación Cayo, que es la más antigua de las dos. Se ha determinado que esta formación tiene tres Miembros Geológicos, de los cuales, el miembro superior denominado Cayo SS, es el que se hace presente en el área de estudio. En el perfil geológico 1 se explica mejor la disposición de las dos formaciones geológicas, con estratos que se inclinan en dirección a la vía a la costa (al Sur).



Perfil geológico 1: Formaciones geológicas Guayaquil y Cayo en el área de estudio, con dirección de buzamiento de promedio de 192^0 y buzamiento al Sur de 15º.

El miembro Cayo SS que es el banco de estratos más superficial de la Formación Cayo, de más de 250m de espesor, presenta estratos intercalados de areniscas de grano grueso, micro conglomerados, limolitas, lutitas. Ciertos bancos de estratos que incluyen areniscas y micro conglomerados son porosos y permeables. Como en el caso de la formación Guayaquil, los estratos en contacto con la superficie han sufrido meteorización y también erosión de los suelos residuales arcillosos.

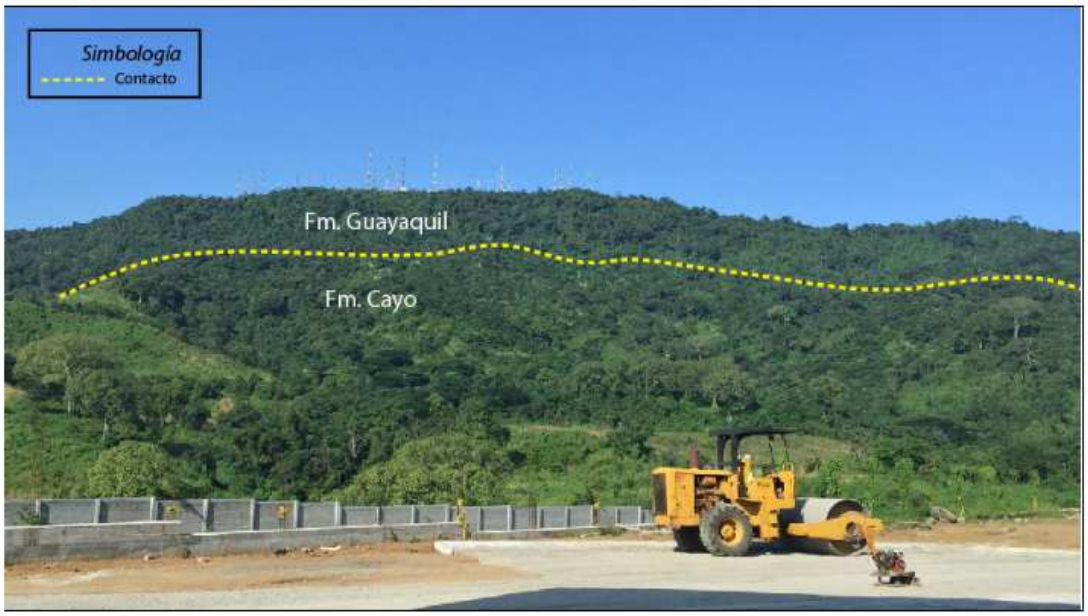
Los movimientos tectónicos originados por la Placa de Nazca han generado tres familias de fracturas en las dos formaciones geológicas. Lo que interesa al momento es saber que tales facturas tienden a fraccionar las masas rocosas estratificadas.

En realidad, las fracturas tectónicas y las juntas de estratificación son los elementos que han facilitado la acción el ataque de la meteorización dando como resultados un medio poroso y permeable que cuando ocurren lluvias (que previamente han

erosionado las capas arcillosas impermeables), se hace fácil la infiltración y el flujo cuando se tienen diferencias de altura o de cargas hídricas.

Se tienen las fracturas tectónicas que tienden a fraccionar las capas rocosas, se conocen hasta tres familias de fracturas. Se reitera que la erosión hídrica ha eliminado las capas arcillosas superficiales, impermeables, por lo que las superficies expuestas permiten más la infiltración de las aguas lluvias.

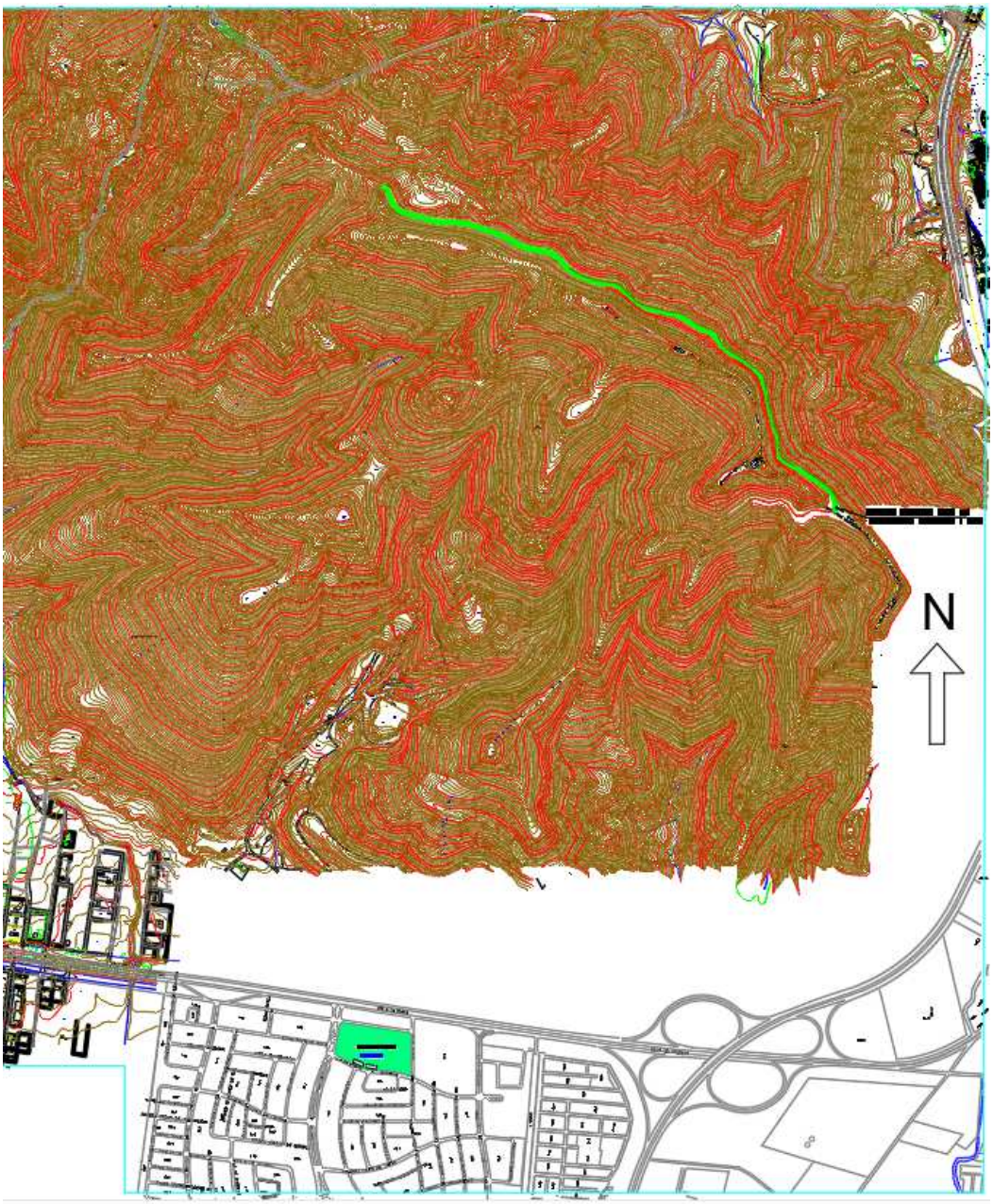
A continuación, se presenta una fotografía tomada en el Cerro Azul e interpretada, mediante trabajo de campo académico, por el Profesor de la ESPOL Ing. Edison Navarrete Cuesta. Señala la estructura de monoclinal (capas con una sola inclinación), con rumbo E-O y buzamiento hacia el Sur (N275º, 15ºS).



En esta foto, la Urbanización Puerto Azul está a al Sur Este. La vista es en el lado N-O.

Mediante los recorridos de campo efectuados para el presente trabajo y gracias a la topografía que se dispone (plano 2) fue posible establecer, en planta, el contacto geológico entre las formaciones Guayaquil y Cayo y así mismo realizar mediciones de dirección de buzamiento y buzamiento que equivalen a medir el rumbo y buzamiento de los estratos.

La primera modalidad permitió efectuar más fácilmente los gráficos en la red estereográfica para comprender mejor el emplazamiento tri dimensional de la estratificación y de las fracturas en el terreno que, al mismo tiempo, está relacionada a las microcuencas de drenaje. De hecho, el Perfil geológico 1, ya mostrado, se realizó a partir de esa información. Ver plano 2C.



Plano 2C: La línea verde demarca el contacto geológico entre las formaciones Guayaquil y Cayo. Es decir, desde la línea verde al Norte se tiene la Formación Cayo.

4. GEOHIDROLOGÍA

Es la especialidad que permite estudiar y valorar la existencia de los depósitos de agua subterráneos.
El estudio de caracterización geológica es un parámetro fundamental porque permite valorar el medio que puede receptar, almacenar y fluir las aguas lluvias que se infiltran en el suelo permeable y en la roca. El segundo parámetro igualmente fundamental es la morfología del terreno que, teniendo una condición geológica favorable, permite que las aguas producto de las lluvias, generen escorrentía superficial y subterránea.

La morfología se cuantifica mediante la topografía planimétrica y altimétrica y la correcta interpretación geológica, ya que finalmente permite definir la línea de máxima saturación (la base del manto acuífero), el cálculo de los gradientes hidráulicos y los caudales que en condiciones favorables se pueden generar.

Cabe señalar que concordamos con una buena parte del contenido que explica, en perfil a escalas horizontal y vertical diferentes, de una parte de la ladera, la consultora del proyecto BLUE TOWN CENTER, en donde hace constar términos hidrogeológicos como la recarga, escorrentía y zona de infiltración.

(174)

en el subsuelo pasa por la zona de tránsito ubicada bajo la Urbanización Puerto Azul para finalmente llegar a la zona de descarga en el Estero Plano Seco ubicado al sur de la urbanización.

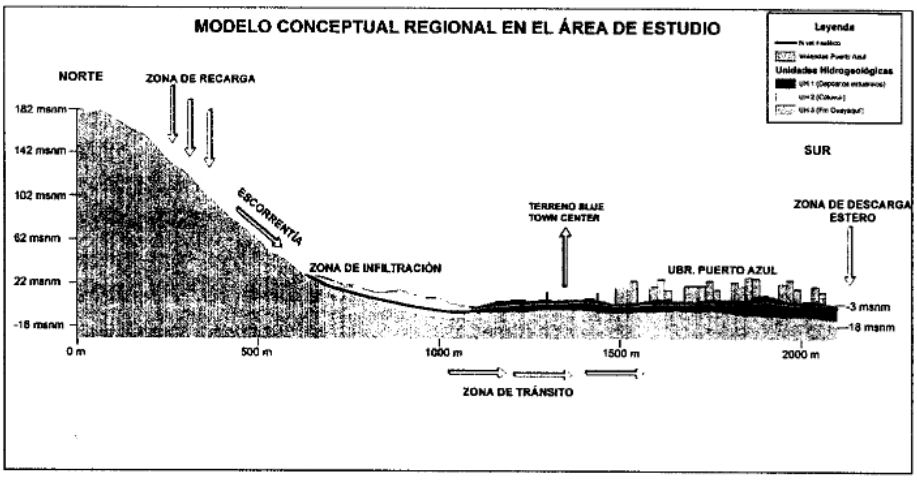


Figura 12. Modelo conceptual regional en el área de estudio.

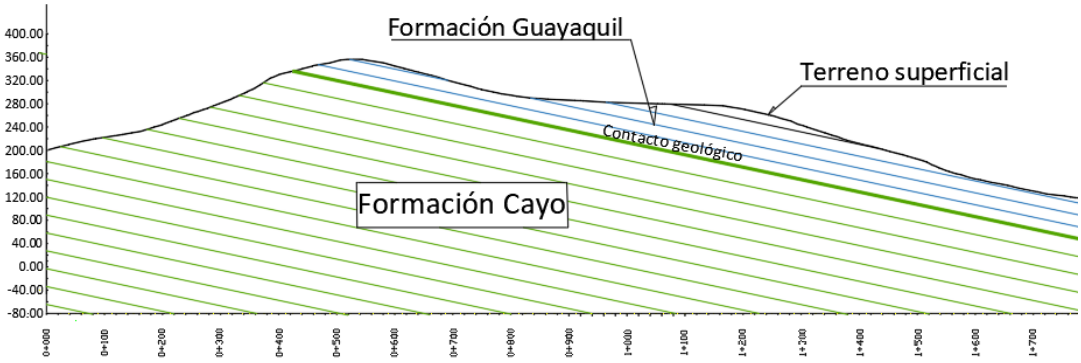
Fuente: Elaboración propia

Una primera interpretación del perfil anteriormente expuesto, muestra que es de la ladera que está al frente y arriba de la urbanización Puerto Azul, permite determinar la existencia de un acuífero superficial, que según consta en la explicación se dice que "*en el subsuelo pasa por la zona de transito ubicada bajo la urbanización Puerto Azul para finalmente llegar a la zona de descarga en el estero Plano Seco ubicado al Sur de la urbanización*".

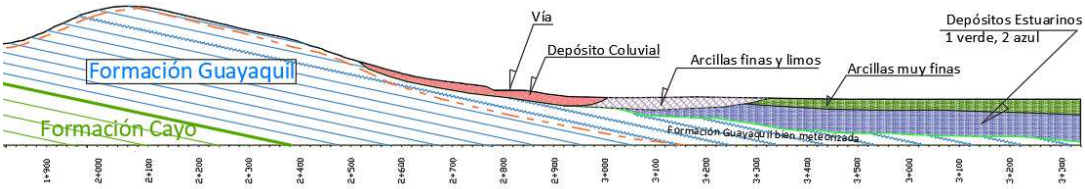
Uno de los principales resultados que se espera del presente trabajo técnico es determinar el origen de los manantiales (término hidrogeológico para designar a los "ojos de agua"), porque se ha verificado varias veces y se sigue verificando en el mes de agosto 2025, foto2 y foto 2.1, en otra fecha. Se ha constatado, reiteradamente, que los flujos salen del subsuelo en el terreno inclinado, de poca pendiente, que corresponde al área del proyecto.

Foto 2 y 2.1: Dos chorros de agua que salen, mediante bombeo, de la poza alimentada por los ojos de agua, que están tras del cerramiento que no permite ver al interior, estando en la calle Matilde Amador y Santistevan. Las pozas están tras el cerramiento. Las dos fotos fueron tomadas el 1 de agosto a las 11:21 am, con las bombas funcionando.

Para explicar la existencia de aguas subterráneas se divide en dos el Perfil geológico 1, que se lo presenta así para su mejor apreciación: Perfil G 1a y Perfil G1b.

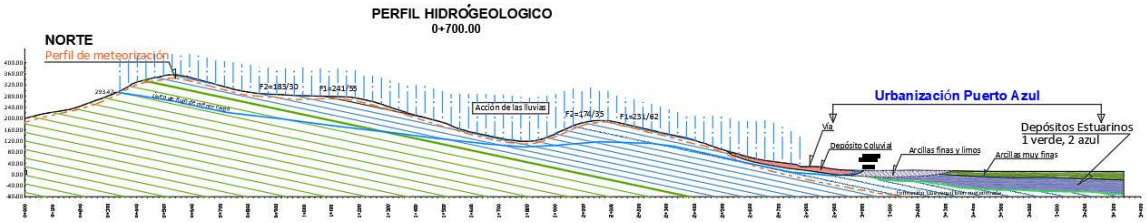


Perfil G1a: Las formaciones geológicas en la parte más altas de las micro cuencas hidrográficas



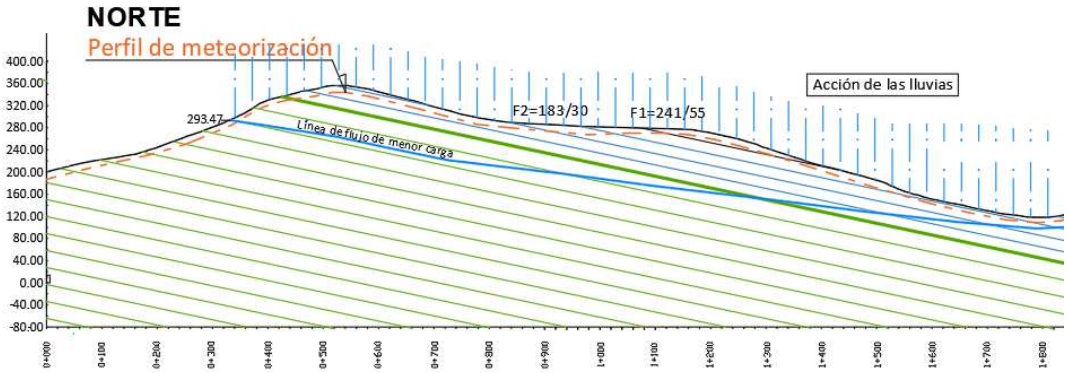
Perfil G1b: Se muestra sobre el contacto geológico la Formación Guayaquil, dos depósitos estuarinos, uno de menor edad que el otro, sobre dicha formación en estado meteorizado, se muestra una transición (arcillas finas y limos) entre el depósito coluvial y las arcillas estuarinas que son muy finas.

Cabe recalcar que este perfil geológico detallado se basa en el plano geológico vigente en la Muy Ilustre Municipal de Guayaquil y en el necesario conocimiento de las materias de estratigrafía y sedimentología, en particular de los medios estuarinos que coexisten, desde tiempos geológicos, con las formaciones rocosas existentes en los cerros.
El perfil Hidrogeológico que más caracteriza el área estudiada es el siguiente, que se muestra en el Perfil HG1:

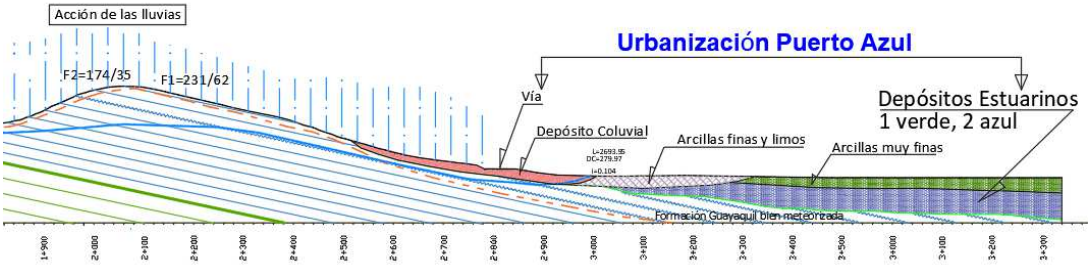


Perfil HG1: Se presenta la información técnica que permitió definir la línea de flujo de menor carga que define el límite inferior, o base, de un manto acuífero que se extiende desde la micro cuenca del lado opuesto de la divisoria de aguas (lado Norte), hasta llegar al depósito coluvial que se tiene al pie de la ladera (lado Sur), justo al frente de la urbanización Puerto Azul.

Se aclara que se grafica la acción de las lluvias sólo en la zona de descarga. Para efectos de observar los detalles se divide en dos partes el perfil, denominándose así Perfil HG1.1 y Perfil HG1.2.



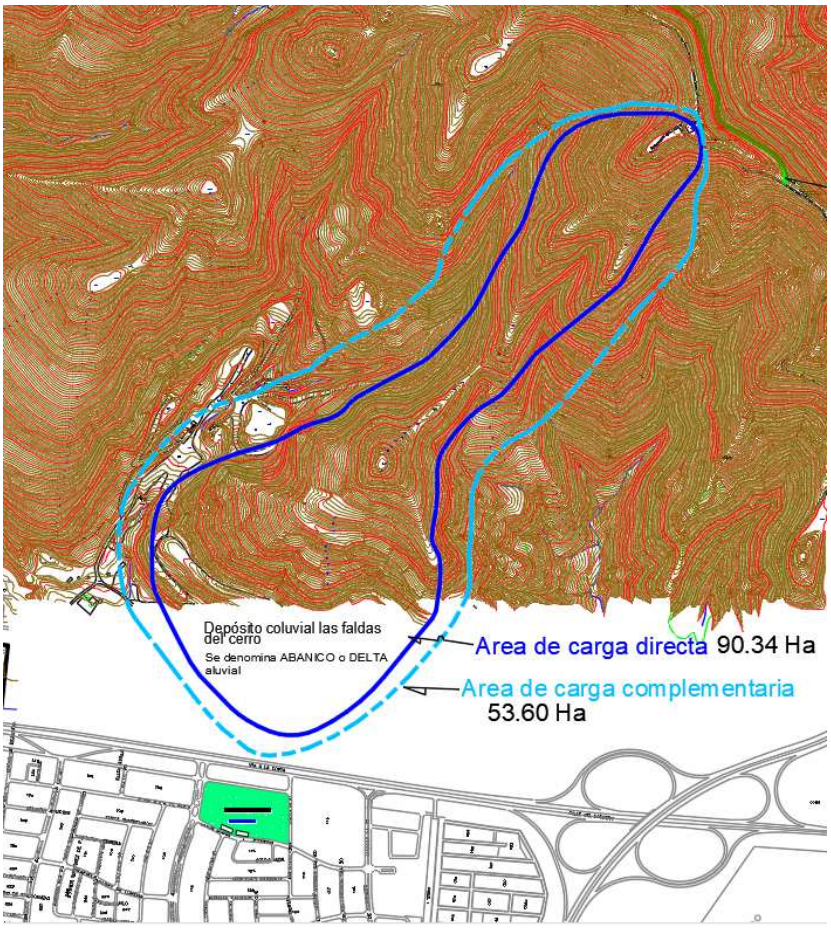
Perfil HG1.1: Se muestra la cota calculada para el inicio de la línea de flujo de la menor carga, por acción de las lluvias, el perfil de la meteorización y las familias de fracturas que posibilitan el flujo.



Perfil HG1.2: Se muestra los estratos poco meteorizados y bien meteorizados de la formación Guayaquil, el emplazamiento del depósito coluvial, que también de llama delta o abanico, separado por otro depósito de acumulación de suelos arcillosos y limosos (conjunto impermeable) y finalmente los depósitos estuarinos constituidos por arcillas muy finas, totalmente impermeables.

Es importante tener en consideración la secuencia de las acumulaciones de materiales procedentes de la erosión hídrica que por la gravedad proviene del cerro. Las arcillas finas y limos constituyen los primeros depósitos, cuyo origen son los suelos superficiales residuales de las partes altas y ladera, que se han emplazado sobre los depósitos estuarinos (suelos muy finos que han regresado con las mareas) en al menos dos etapas geológicas. El depósito coluvial o abanico esta sobre todos los depósitos antes mencionados.

Para realizar los análisis y cálculos que permiten definir condiciones favorables para la existencia de un acuífero, se requiere definir en un plano topográfico detallado mediante consideraciones geomorfológicas y litológicas. Ver plano 2F.



Plano 2F: definición de las áreas de carga directa y carga complementaria con las lluvias. Delta aluvial, depósito de pie de monte que atraviesa la vía a la Costa (esta parte no está graficada) llegando así al manantial ubicado en el área verde.

Con la información previamente expuesta es posible calcular la escorrentía superficial que se genera en 143. 94 ha (90.34+53.60) de terreno. Es importante admitir que al producirse las lluvias el agua no sólo fluye superficialmente, sino que también se infiltra en áreas erosionadas (muy poca arcilla o suelo eliminado), rocas meteorizadas que constituyen un medio poroso.

Mediante los siguientes cálculos se llega a determinar el caudal de aguas lluvias, en un período lluvioso normal, que se infiltra acumulándose en el sub suelo. La línea de flujo de la menor carga también representa el nivel de la más baja permeabilidad, es en la práctica el nivel rocoso impermeable que ha permitido la formación de un **acuífero superficial**. Debido a las pendientes del flujo y cuando hay confinamiento, constituye un nivel piezométrico.

Cálculo de Caudales de la escorrentía superficial y los caudales de infiltración

Determinación de Intensidad de Lluvia I

$$I = a * Ln(Tc) + b$$

Donde:

a=	-37,51		Fueron determinados para un periodo de retorno de 25 Años
b=	237,62		
Tc=	18,1	min	Tiempo de Concentracion determinado por el metodo CSC
I=	129,0	mm/h	

Determinación del coeficiente de escorrentia ***C***

Se determinó en base a las el coeficiente de escorrentía en base a el uso del suelo : *60% de suelo sin covertura vegetal semipermeable; 40% de suelo con bosque y vegetación densa y pendientes alta/media (20%)*

Datos obtenidos de tabla **5,13 Coeficientes de escorrentia** / Manual Curso de Hidrología /Msc. Angel B. Montoya C.

C=0,6*(0,625)+0,4*(0,375)

C= 0,525

Datos:

C=	0,525		Coeficiente de Escorrentia
I=	129,0	mm/h	Intensidad de Lluvia
A=	143,94	Ha	Area de la Cuenca

$$Q = C * I * A$$

Q=	27.099,19	Litros/s
Frente de Flujo=	1.067,39	m
Descarga por m=	25,39	Litros/s
Pérdida por fricción en detritos 31%=	7,87	Litros/s
Infiltración de la escorrentía 10% por m=	0,79	Litros/s

El caudal que fluye por el subsuelo de 0.79 litros/s, por cada metro, antes obtenido se puede tener en condiciones de un período de precipitaciones normales (en precipitaciones extraordinarias seria significativamente mayor), emergiendo con una presión de baja a media, debido al efecto atenuante de la presión de flujo que ejerce el depósito de materiales coluviales, denominado abanico aluvial, o delta, que incluyen detritos y otros fragmentos de rocas.

Sumándose a la infiltración y flujo en medios porosos también se tiene el flujo que ocurre a través de las discontinuidades que son las fracturas tectónicas y las juntas de estratificación que actúan como en conductos individuales.

Partiendo de la investigación de campo es posible determinar que las masas rocosas, en las partes altas del cerro estudiado, poseen hasta tres familias de fracturas (F1, F2 y F3), dos están orientadas en la misma dirección del flujo en el sentido de la pendiente. La familia F3 permite más la infiltración.

Los cálculos aplicando la especialidad de la hidráulica de rocas, en las tres familias de las fracturas, sin considerar las juntas de estratificación, son los siguientes:

FLUJO EN DESCONTINUIDADES EN EL CERRO AZUL

Proyecto: **Estudio de la posibilidad de acuifero en Cerro Azul** **Fecha:** 7 de agosto 2025
Realizado: Ing. Danilo Lima
Revisado Dr. Ing. Miguel Angel Chavez. M

DATOS DE CAMPO:

Estaciòn	Direcc. Buzamiento	Buzamiento	Familias	e promedio (mm)	b promedio (m)	Sup. Abierta	Sup. Total	(k)	$\vec{K}$
1	271	83	F1	2	2,5	0,00786	0,0856	0,091822	0,032
2	68	30	F3						
3	261	83	F1						
4	171	32	F2						
5	182	35	F2	1,8	2	0,00571	0,0856	0,056706	0,031
6	284	84	F1						
7	278	81	F1						
8	65	37	F3						
9	350	82	F2						
10	345	37	F2					(k)	
11	65	34	F3	1,5	1,5	0,00777	0,0691	0,090771	0.033

(k)= Grado de abertura de la fractura Direcc. Buzamiento= Dirección de buzamiento en grados
$\vec{K}$= Rugocidad absoluta Busamiento= en grados
Sup abierta= Superficie abierta de la fractura
Sup Total= Superficie total de la fractura
b promedio (m)= Espaciamiento promedio entre facturas de una misma familia
e promedio = Espesor promedio de fracturas

CÀLCULO DE LA CONDUCTIVIDAD HIDRÀULICA DE LAS DESCONTINUIDADES

	ORIENTACIÒN DE LAS DISCONTINUIDADES REPRESENTATIVAS Y OTROS DATOS DE							
DISCONTINUIDAD	DIRECC. BUZAMIENTO	BUZAMIENTO	ABERTURA (mm)	ESPACIAMIENTO (b)m	RUGOSIDAD ABSOLUTA	SUP ABIERTA	SUP TOTAL	(k)
F1	261	83	2	2,5	0,032	0,00766	0,0856	0,0918
F2	350	82	1,5	1,5	0,031	0,00571	0,0856	0,0908
F3	65	37	1,8	2	0,033	0,0691	0,0856	0,0934

DETERMINACIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD HIDRÀULICA DE LAS FAMILIAS DE FRACTURAS

Rugosidad Relativa si el valor es 0,033

Verificación Dh/k' = 0,016 Flujo Laminar

Donde:

$\vec{K}$= Rugosidad absoluta

Dh= Diámetro hidráulico ≈ 2e

Constantes y otros Datos

g = 9,81 m/seg²

Viscosidad aT a 20° 0,000001 m²/seg

Parámetro C= 1,01781

Conductividad hidráulica en cada familia de fractura=

$$k_f = \frac{\bar{k} \cdot g \cdot e^2}{12 \cdot \nu \cdot C}$$

Kf F1 =	0,103	m/seg
Kf F2 =	0,081	m/seg
Kf F3 =	0,106	m/seg

DETERMINACIÓN DEL CAUDAL DE FILTRACIONES EN LAS FAMILIAS DE FRACTURAS

$Q=S_f*K_f*J_f$

S_f= Área efectiva de flujo	S_f=	0,202
K_f= Conductividad hidráulica de las fracturas en la direcciór	K_f=	0,097
J_r= Gradiente hidráulico activo en las fracturas	J_r=	0,104
	Q(m^3/s)=	0,00203
Pérdida por fricción 0.33%		0,001357
Flujo subterráneo en un frente de 10m	Q(l/s)=	1,357

Para obtener los caudales sólo se toman en cuenta los parámetros de las familias de fracturas F1 y F2. Los cálculos finales determinan que en la condición de precipitaciones en cada frente de 10 metros de longitud se generan 1.357 litros/s, es decir 0.35litros/s por m.

Cabe recalcar que en los cálculos realizados no se incluyó las juntas de estratificación de lutitas silicificadas, que si bien son planos que están inclinados y dirigidos al abanico aluvial, tienden a cerrarse a más de 2m de profundidad por lo que podrían ser juntas que no facilitan el flujo. En el caso de la formación Cayo las juntas de estratificación sin posibilitan el flujo.

Ese flujo a través de las fracturas también llega al abanico coluvial de pie de monte, por lo que se suma al flujo de 0.79 litros/s por metro que ocurre debido al flujo en medios porosos, por lo que se determina que por cada m lineal de frente se tienen 0.93 litros/s por metro de frente, en un periodo lluvioso normal.

Es importante admitir que los manantiales son los sitios de salida del acuífero, justamente en la parte más angosta del abanico o delta donde, a ciertos niveles, (en este caso a poca profundidad) se concentran los flujos en los suelos arenosos y guijarros permeables que posibilitan el flujo y la surgencia del o de los manantiales.
Cabe indicar que el concepto hidrogeológico de manantial es “fuente natural de agua que brota de la tierra o entre las rocas”.

Teniendo en cuenta los análisis previos se concluye que el o los manantiales están surgiendo del delta terminal de un **acuífero superficial** que en su parte final es un **acuífero semi confinado**.

Cuando se efectúan los estudios para declarar la existencia de acuíferos se utiliza la siguiente cartilla denominada fisiografía. La información obtenida en el presente estudio permite llenar algunas de las casillas importantes.

FISIOGRAFÍA

Subcategoría: **HIDROGEOLOGÍA**

Objeto:	Unidad Hidrogeológica	**Mxd:** ***-Litopermeabilidades // ***-Hidrogeológico	
Definición:	Sistema homogéneo de masas de roca aflorantes, con agrupación de acuíferos a nivel subterráneo, que permiten la planificación y manejo del recurso agua.	**Ubicación:**	C:\MAPA HIDROGEOLÓGICO DEL ECUADOR 1_250000***\Shp\
shp:	EC001_***	**Data:**	¬ Porosidad por fisuración ¬ Porosidad Intergranular ¬ Practicamente sin agua subterránea ¬ Label ¬ Cuerpos de agua

Código	Nombre - Alias	Descripción	Tipo de dato	Extensión	Unidad de medida
fcode	Código del Objeto	Código de Identificación del objeto Geográfico según el Catálogo Nacional.	Texto	5	N/A
uhn	Nombre Unidad Hidrogeológica	Denominación verbal de la unidad Hidrogeológica.	Texto	80	N/A
uhh	Formación Hidrogeológica	Referente a la homogeneidad litológica.	Texto	80	N/A
SIMBOLOS	SIMBOLOS	Simbolos correspondientes a la formación geológica, según el INIGEMM.	Texto	254	N/A
PERMEAB	Permeabilidad	Permeabilidad aparente, según litologías de la formación.	Texto	5	N/A
EDAD_1	EDAD	Edad geológica, de la masa de roca aflorante.	Texto	254	N/A
txt	Texto asociado	Texto aclaratorio del objeto.	Texto	250	N/A

Objeto:	Manantiales	**Mxd:** ***-Hidrogeológico // ***-Sistemas_Acuíferos	
Definición:	Fuente natural de agua que brota de la tierra o entre las rocas.	**Ubicación:**	C:\MAPA HIDROGEOLÓGICO DEL ECUADOR 1_250000\CARTOGRAFÍA BASE\
shp:	manantiales	**Data:**	¬ manantiales

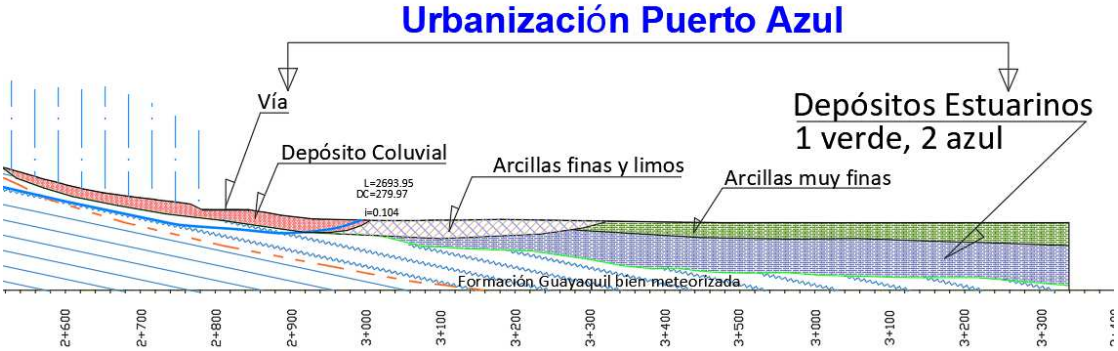
Código	Nombre - Alias	Descripción	Tipo de dato	Extensión	Unidad de medida
Código	Código	Combinación de caracteres para la identificación del mantial.	Texto	254	N/A
Fecha	Fecha	Año de toma de datos (0 = sin datos).	Número decimal	N/A	N/A
X	X	Coordenada Este - Oeste, en UTM, datum WGS 84 zona 17S.	Número decimal	N/A	metros
Y	Y	Coordenada Norte - Sur, en UTM, datum WGS 84 zona 17S.	Número decimal	N/A	metros
Z	Z	Altura en metros sobre el nivel del mar.	Número decimal	N/A	metros
Tipo	Tipo	(V) Vertiente o (VT) Vertiente termal.	Texto	254	N/A
Provincia	Provincia	Nombre de la Provincia del Ecuador en la que se encuentra el manantial.	Texto	254	N/A
Cuenca	Cuenca	Nombre de la Cuenca hidrográfica en la que se encuentra el manantial.	Texto	254	N/A
Sub_Cuenca	Sub_Cuenca	Nombre de la Sub Cuenca hidrográfica en la que se encuentra el manantial.	Texto	254	N/A
Localidad	Localidad	Ubicación específica del manantial.	Texto	254	N/A
Propietari	Propietario	Nombre del Propietario en caso de tenerlo.	Texto	254	N/A
Nivel_Está	Nivel Piezométrico (m)	Altura del nivel de agua, a presión atmosférica.	Número decimal	N/A	metros
Profundida	Profundidad	Distancia con respecto a un plano horizontal de referencia, por debajo de la referencia.	Número decimal	N/A	metros
Caudal__l_	Caudal (l/s)	Cantidad de agua que avanza en una unidad de tiempo.	Número decimal	N/A	litros / segundo
pH	pH	Medida de acidez o alcalinidad del agua subterránea.	Número decimal	N/A	N/A
Redox_mV_	Redox (mV)	Medida de la actividad de los electrones, relacionada con el contenido de oxígeno.	Número decimal	N/A	milivoltios
Alcalinida	Alcalinidad	Capacidad del agua para neutralizar ácidos.	Número decimal	N/A	miligramos / litro de carbonato de calcio
OD_mg_L:	OD (mg/l)	Cantidad de oxígeno que está disuelta en el agua. Indicador de contaminación del agua	Número decimal	N/A	miligramos / litro
Conductivi	Conductividad	Capacidad del agua para dejar circular libremente las cargas eléctricas.la conductividad aumenta cuando aumenta la concentración de iones.	Número decimal	N/A	microsiemens / centímetro
T ºC	T ºC	Magnitud referida a las nociones comunes de caliente, tibio o frío.	Número decimal	N/A	grados centígrados
Uso	Uso	Dentro de la comunidad, se refiere a la ocupación que se le da al agua.	Texto	254	N/A
F_de_Conta	Fuente de Contaminación	Causa de posible contaminación a los cuerpos de agua aledaños.	Texto	254	N/A
Observacio	Observaciones	Observaciones.	Texto	254	N/A
Fuente_de	Fuente de datos	Institución que facilitó los datos.	Texto	254	N/A

23	**Objeto:**	Manantiales	**Mxd:** ***-Hidrogeológico // ***-Sistemas_Acuíferos			
24	**Definición:**	Fuente natural de agua que brota de la tierra o entre las rocas.	**Ubicación:**	C:\MAPA HIDROGEOLÓGICO DEL ECUADOR 1_250000\CARTOGRAFÍA BASE\		
25						
26	**shp:**	manantiales	**Data:**	¬ manantiales		
27						
28						
29	**Código**	**Nombre - Alias**	**Descripción**	**Tipo de dato**	**Extensión**	**Unidad de medida**
30	Código	Código	Combinación de caracteres para la identificación del mantial.	Texto	254	N/A
31	Fecha	Fecha	Año de toma de datos (0 = sin datos).	Número decimal	N/A	N/A
32	X	X	Coordenada Este - Oeste, en UTM, datum WGS 84 zona 17S.	Número decimal	N/A	metros
33	Y	Y	Coordenada Norte - Sur, en UTM, datum WGS 84 zona 17S.	Número decimal	N/A	metros
34	Z	Z	Altura en metros sobre el nivel del mar.	Número decimal	N/A	metros
35	Tipo	Tipo	(V) Vertiente o (VT) Vertiente termal.	Texto	254	N/A
36	Provincia	Provincia	Nombre de la Provincia del Ecuador en la que se encuentra el manantial.	Texto	254	N/A
37	Cuenca	Cuenca	Nombre de la Cuenca hidrográfica en la que se encuentra el manantial.	Texto	254	N/A
38	Sub_Cuenca	Sub_Cuenca	Nombre de la Sub Cuenca hidrográfica en la que se encuentra el manantial.	Texto	254	N/A
39	Localidad	Localidad	Ubicación específica del manantial.	Texto	254	N/A
40	Propietari	Propietario	Nombre del Propietario en caso de tenerlo.	Texto	254	N/A
41	Nivel_Está	Nivel Piezométrico (m)	Altura del nivel de agua, a presión atmosférica.	Número decimal	N/A	metros
42	Profundida	Profundidad	Distancia con respecto a un plano horizontal de referencia, por debajo de la referencia.	Número decimal	N/A	metros
43	Caudal__l_	Caudal (l/s)	Cantidad de agua que avanza en una unidad de tiempo.	Número decimal	N/A	litros / segundo
44	pH	pH	Medida de acidez o alcalinidad del agua subterránea.	Número decimal	N/A	N/A
45	Redox_mV_	Redox (mV)	Medida de la actividad de los electrones, relacionada con el contenido de oxígeno.	Número decimal	N/A	milivoltios
46	Alcalinida	Alcalinidad	Capacidad del agua para neutralizar ácidos.	Número decimal	N/A	miligramos / litro de carbonato de calcio
47	OD_mg_L:	OD (mg/l)	Cantidad de oxígeno que está disuelta en el agua. Indicador de contaminación del agua	Número decimal	N/A	miligramos / litro
48	Conductivi	Conductividad	Capacidad del agua para dejar circular libremente las cargas eléctricas la conductividad aumenta cuando aumenta la concentración de iones.	Número decimal	N/A	microsiemens / centímetro
49	T ºC	T ºC	Magnitud referida a las nociones comunes de caliente, tibio o frío.	Número decimal	N/A	grados centígrados
50	Uso	Uso	Dentro de la comunidad, se refiere a la ocupación que se le da al agua.	Texto	254	N/A
51	F_de_Conta	Fuente de Contaminación	Causa de posible contaminación a los cuerpos de agua aledaños.	Texto	254	N/A
52	Observacio	Observaciones	Observaciones.	Texto	254	N/A

Se puede señalar que, aunque se no se ha podido acceder al manantial, no es físicamente posible que las aguas que afloran en dicha surgencia provengan del estero salado “Plano Seco”.

Primeramente, debido a que el manantial está a una cota más alta (1.2 a 1.4 m arriba) que las áreas verdes más cercanas tales como el Parque Caminito que está a unos 150m abajo del terreno con cerramiento total. Obviamente, el parque Caminito está más cerca al brazo de estero salado más próximo y pese a eso no se tienen ningún manantial.

Segundo, los suelos estuarinos son arcillas muy finas de muy baja permeabilidad que se han saturado en muchos años, pero que no permiten el flujo, además este no puede ocurrir si no existen cargas hidráulicas. Ni las altas mareas afectan a las calles de la urbanización que están a unos 700 m al Sur, estando a 5m metros más abajo que la salida del o los manantiales. Todas las arcillas son suelos que no permiten el flujo de manantiales, más bien sirven de elementos confinantes o de separadores en los acuíferos.



Tercero, el manantial estudiado sigue generando caudales, aun en el período no lluvioso durante el cual se han realizado las presentes investigaciones.

5. CONSECUENCIAS GEOTÉCNICAS POR LAS PRESENCIA DE MANATIALES

Dado que los manantiales son sitios de surgencia de agua donde se liberan las presiones del flujo, cualquier obra que requiera cimentación, inclusive poco profunda, va a frenar el flujo, que debido a la carga que tiene, va a desviarse lateralmente o más profundamente hasta procurarse la descarga.

La detención o freno de la descarga acuífera, que puede ser bastante alta en la época lluviosa, va a obligar el desvío de flujos en el subsuelo, donde ya se han construido calles y viviendas.

De efectuarse rellenos relativamente espesos, van a ser afectados no sólo por el flujo en el subsuelo, sino también por la escorrentía superficial debido a las condiciones geomorfológicas, del sector, en las temporadas muy lluviosas.

Evidentemente, se pueden aplicar las soluciones de ingeniaría apropiadas, que partan de una correcta interpretación geotécnica, que valoren apropiadamente el efecto del entorno y en particular la acción del agua con su requerimiento natural.

Cabe puntualizar que los estudios geofísicos que se han realizado para el proyecto no permiten detectar acuíferos, tampoco estudiar el efecto las aguas subterráneas con flujo y menos la carga hidráulica, que incide directamente en el comportamiento geotécnico de las capas de suelo que se tienen en la cimentación de las obras proyectadas.

6. CONCLUSIONES

El análisis hidrogeológico cuantificado que se ha realizado demuestra claramente la existencia de un acuífero superficial cuya recarga proviene necesariamente de las laderas y partes altas del cerro Azul, ya que las condiciones geológicas son favorables. También se ha determinado que la descarga proviene del tramo más bajo del acuífero, el que se lo puede catalogar como semi confinado.

En el mes de julio se registraron se registran salidas de caudales de más de 1 litro/s. En la foto C1, se muestra el volumen de agua que se había captado.

Tan como se ha evidenciado varias veces, desde la segunda quincena de julio 2025, en período seco, el manantial o surgencia acuífera ha llenado la poza o estanque que se había excavado para recibir las descargas. Han ocurrido desbordamientos de caudales que han pasado el cerramiento llegando a la acera peatonal y a la cuneta de la calle Matilde Amador y Santistevan, con caudales de alrededor de 0.80 litros/s. Ver fotos C2 y C3.

Foto C1: cantidad de agua acumulada el 18 de julio del 2025.

Foto C1 y C2

Desde inicios de agosto del 2025, se ha empezado a bombear el agua acumulada, en varias horas se ha logrado bajar el nivel, sin embargo, debido a que todavía existe agua en el acuífero, se ha vuelto a bombear y de nuevo ocurre el llenado. Las fotos que se presentan a continuación han podido ser tomadas con fechas y horas, desde la terraza de un edificio contiguo al proyecto.

Foto luego de un bombeo. 6 de agosto

Foto 8 de agosto 5 pm

Foto luego de un bombeo de varias horas. 8 de agosto, 18:34pm

Foto 9 de agosto 10:53 am, bomba prendida.

Foto 9 de agosto 10:53, en pleno bombeo

Foto 10 de agosto 10 am, bomba funcionando.

Foto 11 de agosto 2025, 10:36 am.

Como se puede constatar pese a algunas operaciones de bombeo, el acuífero sigue generando caudales.

Otra conclusión importante es que los caudales que se generan en el manantial están en función de la magnitud e intensidad de las precipitaciones. Cuanto más intensas sea las lluvias mayores serán los caudales. Las cargas hidrodinámicas, que se generarán serán mayores en consecuencia se tendrán niveles presiométricos.

Firmado electrónicamente por:
MIGUEL ANGEL CHAVEZ MONCAYO
Validar únicamente con FirmaEC

Dr. Ing. Miguel Ángel Chávez
Consultoría y Construcción en Ingeniería Geotécnica

Firmado electrónicamente por:
LUIS ENRIQUE FIGUEROA RODRIGUEZ
Validar únicamente con FirmaEC

Ing. Luis Figueroa Rodríguez
Gerente Técnico en ingeniería geotécnica