

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



**“MODELO CONCEPTUAL DEL ACUÍFERO DE ALTA MONTAÑA
DE LAS MICROCUENCAS PATARÍ Y QUELLOPATA, CUENCA DEL
RÍO OCOÑA”**

**Presentado por:
BACH. JAIME CHUCHÓN REMÓN**

**TRABAJO MONOGRÁFICO PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO AGRICOLA**

**Lima – Perú
2017**

ÍNDICE

I INTRODUCCIÓN	1
1.1. OBJETIVOS.....	2
II REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	3
2.1. CARACTERIZACIÓN HIDROGEOLOGICA DE ACUÍFEROS EN ROCA FRACTURADA.....	3
2.2. MÉTODOS GEOFÍSICOS PARA EXPLORACIÓN DEL AGUA SUBTERRÁNEA.....	13
2.3. MODELO CONCEPTUAL	16
III DESARROLLO DEL TEMA	18
3.1. UBICACIÓN Y VÍAS DE ACCESO AL ÁREA DE ESTUDIO	18
3.2. GEOLOGÍA	18
3.2. CARACTERÍSTICAS GEOMORFOLÓGICAS	24
3.3. PROSPECCIÓN GEOFÍSICA	26
3.4. INVENTARIO DE FUENTES DE AGUA.....	32
3.5. HIDROGEOQUÍMICA.....	34
3.6. HIDRÁULICA SUBTERRÁNEA	44
3.7. EL ACUÍFERO	49
3.8. LA NAPA FREÁTICA	51
3.9. ZONAS DE RECARGA Y DESCARGA.....	54
3.10. DIRECCIÓN DEL FLUJO SUBTERRÁNEO	55
3.11. MODELO HIDROGEOLOGICO CONCEPTUAL.....	56
3.12. DETERMINACIÓN DE ZONAS FAVORABLES PARA LA EXPLOTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS.....	61
3.13. ANÁLISIS DE IMPACTOS AMBIENTALES	62
IV CONCLUSIONES	63
V RECOMENDACIONES	66
VI REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	67
VII ANEXOS	70

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Comparación de acuíferos granulares y fracturados.	6
Cuadro 2: Rangos de porosidad y conductividad hidráulica de algunos sedimentos y rocas.	10
Cuadro 3: Valores estimados de la conductividad hidráulica (metros /día).	11
Cuadro 4: Ensayos de campo para estimar de las características hidráulicas.	12
Cuadro 5: Cuadro de resultados de SEVs.	28
Cuadro 6: Ubicación de pozos y piezómetros.	33
Cuadro 7: Ubicación de los puntos de muestreo de agua subterránea-agosto del 2011.	35
Cuadro 8: Ubicación de puntos de muestreo de agua subterránea-noviembre del 2011.	35
Cuadro 9: Ubicación de los puntos de muestreo de agua subterránea-febrero del 2012.	35
Cuadro 10: Parámetros físico-químicos de agua subterránea, agosto – noviembre 2011.	35
Cuadro 11: Resumen de parámetros físico-químicos de agua subterránea, febrero 2012.	36
Cuadro 12: Clasificación del agua para riego según Wilcox.	41
Cuadro 13: Clasificación del RAS – conductividad eléctrica.	42
Cuadro 14: Permeabilidad a diferentes profundidades de los piezómetros.	45
Cuadro 15: Permeabilidad a diferentes profundidades de los piezómetros.	48
Cuadro 16: Medidas de la profundidad del nivel freático.	52
Cuadro 17: Ubicación de pozos de prueba.	62

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Columna estratigráfica.	21
Figura 2: Sección geoelectrica A-A'.....	31
Figura 3: Sección geoelectrica B-B'.....	31
Figura 4: Sección geoelectrica C-C'.....	32
Figura 5: Diagrama de Piper.	38
Figura 6: Diagrama de Stiff.....	39
Figura 7: Diagrama de Riverside para análisis de calidad de agua para riego.	43
Figura 8: Isoprofundidad de la napa freática.....	53
Figura 9: Variación temporal del nivel freático.....	54
Figura 10: Hidroisohipsas y dirección de flujo de agua subterránea.....	56
Figura 11: Modelo hidrogeológico conceptual del área de estudio.....	60
Figura 12: Ubicación de zonas favorables y pozos de prueba.....	61

RESUMEN

El presente trabajo de investigación describe las características hidrogeológicas de las microcuencas Patarí y Quellopata, ubicadas en cabecera de cuenca del río Ocoña, localizadas en el Distrito de Oyolo, Provincia de Páucar del Sara Sara, Región de Ayacucho.

Las investigaciones de campo y gabinete, de las diferentes disciplinas complementarias como: geología (4 formaciones geológicas, 1 grupo geológico y depósitos morrénicos fluvioglaciares), prospección geofísica mediante sondajes eléctricos verticales (total 20), Inventario de fuentes de agua subterránea (3 piezómetros hidrogeológicos, 8 piezómetros geotécnicos y 3 pozos exploratorios), hidráulica subterránea (pruebas lugeón, pruebas lefranc, pruebas de bombeo y slug test), monitoreo de calidad de agua donde se ha identificado la tendencia alcalina y concentración de hierro y manganeso que superan en ocasiones el estándar de calidad de forma ligera; entre otras investigaciones.

El modelo hidrogeológico conceptual ha permitido una fácil interpretación del comportamiento del agua subterránea a través del macizo rocoso fisurado en estado saturado con una potencia de 50 m en promedio; presenta dos zonas favorables para el aprovechamiento de agua subterránea de manera sustentable a razón de 8 l/s, el cual explotará el agua subterránea a una profundidad de 150 m en el Pozo HP-INM-A.

I INTRODUCCIÓN

La escasez de fuentes de agua permanente y de buena calidad para uso doméstico e industrial minero para el proyecto Inmaculada, es la principal razón de la búsqueda de agua subterránea. Para ello se han ejecutado diferentes investigaciones hidrogeológicas. En base al mapeo geológico, se ha identificado las formaciones geológicas con potencialidades de contener agua en los estratos cuaternarios y medios fisurados, asimismo, se han realizado otras investigaciones como la prospección geofísica mediante los sondaje eléctricos verticales, lectura de testigos geológicos obtenidos de perforaciones, pruebas hidráulicas (lugeón, lefranc, pruebas de bombeo y slug test); monitoreo de niveles piezométrico, monitoreo de flujos en quebradas y manantiales y monitoreo de calidad de agua superficial y subterránea.

La caracterización hidrogeológica será el primer paso en la formulación del modelo hidrogeológico conceptual de la zona. Este modelo conceptual identificará las condiciones de recarga (producida por las infiltraciones de las precipitaciones, riachuelos y lagunas) y descarga del agua subterránea; características de las rocas permeables e impermeables (tipos de acuíferos); direcciones del flujo del agua subterránea; gradientes hidráulicos; transmisibilidad y capacidad de almacenamiento. Asimismo, es importante la caracterización hidrogeológica para la formulación y/o construcción del modelo numérico, ya que este último se basa en una descripción matemática simplificada, con el fin de simular el comportamiento de los acuíferos en alta montaña.

El modelo conceptual es la idealización de la dinámica de las aguas subterráneas, el mismo que será elaborado con softwares especializados. El análisis e interpretación de la misma servirá para identificar las zonas favorables para la explotación del recurso hídrico, sin causar efectos negativos al medio ambiente.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. OBJETIVO GENERAL

Caracterizar el comportamiento de las aguas subterránea de los acuíferos de alta montaña de las microcuencas Patarí y Quellopata a través de un modelo hidrogeológico conceptual de un medio de roca fisurada, a fin de establecer zonas favorables de aprovechamiento hídrico subterráneo sostenible y racional.

1.2.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Así mismo los objetivos específicos son:

- Evaluar las formaciones geológicas y la geomorfología del área de estudio a fin de identificar los procesos geodinámicos para identificar preliminarmente la ubicación de acuíferos en medio fisurado. Este análisis será representado en un modelo geológico conceptual el cual será complementado con investigaciones geofísicas para determinar la presencia de agua almacenada en estos cuerpos.
- Realizar un inventario de las fuentes de aguas subterráneas (pozos tubulares, piezómetros, pozos a tajo abierto) y superficiales (quebradas, ríos, manantiales, lagunas), a fin de identificar las fuentes de monitoreo de calidad y cantidad de agua; así también, determinar las zonas de recarga y descarga del acuífero, la geometría del reservorio del acuífero y el comportamiento de la variabilidad de la napa freática a través del análisis de las isopiezas de la napa freática y la dirección predominante de flujo de agua subterránea.
- Determinar los parámetros hidrogeológicos que gobiernan el comportamiento del agua subterránea en los diferentes medios litológicos, a través de ensayos in situ Lugeon y Lefranc, así como también, mediante las pruebas de bombeo en los pozos exploratorios para determinar el rendimiento del acuífero.

II REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. CARACTERIZACIÓN HIDROGEOLÓGICA DE ACUÍFEROS EN ROCA FRACTURADA

Esta categoría incluye acuíferos desarrollados en rocas cristalinas metamórficas e ígneas. Donde presente, una capa de roca no consolidada, altamente erosionada con un sedimento arcilloso de baja permeabilidad llamada regolito, saprolita o residuo se considera una parte integral del sistema acuífero del lecho de roca. Debajo de esta zona, el lecho rocoso se hace progresivamente menos erosionado y más consolidado, y se transforma en roca fresca fracturada (Neven y Alex, 2013).

La zona de suelo-saprolita tiene muchas características de depósitos de arcilla de baja permeabilidad. Sin embargo, cuando está presente, la zona de transición subyacente a la saprolita tiene una conductividad hidráulica moderadamente alta debido a la intemperie incompleta (Nutter y Otton 1969). Esto ocurre porque la alteración química del lecho de roca ha progresado a una etapa de fracturamiento minúsculo de la roca cristalina, pero no ha progresado hasta el momento en que los minerales de la roca hayan sido alterados a arcillas, lo que obstruiría fracturas pequeñas (LeGrand 2007).

Debido a que el regolito tiene una capacidad de almacenamiento mucho mayor que el lecho de roca, el regolito puede considerarse como un depósito de agua subterránea o esponja que alimenta las discontinuidades subyacentes del lecho de roca. Las concentraciones conjuntas, las fracturas aumentadas por la disolución y otras discontinuidades en el lecho de roca y las combinaciones de estas características también pueden almacenar una cantidad sustancial de agua. La capacidad de almacenamiento del sistema de regolito / lecho de roca está influenciada principalmente por las diferencias en las características de intemperismo de varios tipos de roca. La saprolita delgada se desarrolla en tipos de roca más resistentes y ricos en cuarzo, mientras que la saprolita gruesa se desarrolla en tipos de roca menos resistentes y ricos en feldespato de potasio. La unidad de gneis de biotita es particularmente susceptible a la intemperie y generalmente tiene una cubierta de saprolita gruesa. Las rocas máficas (como la anfíbolita) típicamente se caracterizan por una cubierta delgada de saprolita debido a la falta general de feldespato de potasio. En las rocas con capas de composición, la saprolita puede desarrollarse entre capas de rocas más competentes (Neven y Alex, 2013).

2.1.1. NATURALEZA DE ACUÍFEROS FISURADOS

Los acuíferos fisurados, se caracterizan por su baja permeabilidad y porosidad primaria. Sin embargo, la meteorización y fracturación puede impartir porosidad y permeabilidad secundaria en proporciones variables. Por lo general, rocas cristalinas (ígneas y metamórficas) se incluyen en este grupo. Como las propiedades hidráulicas de estas rocas son controladas principalmente por fractura, a estos también se les conocen como rocas fracturadas; los mismos que representan medios anisótropos y heterogéneos (Ahmed et al., 2008).

En el pasado, las *hard rocks* no eran tomadas en cuenta como una posible fuente de aguas subterráneas. Esto fue principalmente debido a su baja permeabilidad y alto costo de perforación. Sin embargo, en los últimos años, investigaciones hidrogeológicas han revelado un panorama prometedor. Por otra parte, los métodos rápidos de perforación por percusión han facilitado las investigaciones de aguas subterráneas y labores de desarrollo (Ahmed et al., 2008).

El acuífero de roca maciza generalmente ocupa las decenas de metros superiores del perfil subsuperficial (Detay et al., 1989). Las características hidrogeológicas (por ejemplo, conductividad y almacenamiento hidráulico) del manto meteorizado y el lecho de roca subyacente se deriva principalmente de los procesos geomorfológicos de la intemperie y la erosión profunda (Taylor y Howard, 2000; Wyns et al., 2004). El perfil clásico de meteorización está compuesto por siguientes capas (de arriba a abajo), que tienen propiedades hidrodinámicas específicas:

- Manto degradado no consolidado (saprolita o regolito), con un espesor desde insignificante a unas pocas decenas de metros, derivado prolongado *in situ* de la descomposición de la roca madre. Por lo general, esta capa no consolidada tiene una alta porosidad y baja permeabilidad (Acworth, 1987). Cuando está saturado, esta capa constituye el reservorio del acuífero.
- Capa fracturada y erosionada, generalmente caracterizada por una densidad de fractura que disminuye con la profundidad (Houston y Lewis, 1988; Howard et al., 1992). Estas fracturas podrían ser causadas por tensiones de enfriamiento en el magma, actividad tectónica posterior (Houston y Lewis, 1988) o litho-estática procesos de descompresión (Davis y Turk, 1964; Acworth, 1987; Wright, 1992). Los trabajos recientes (Lachassagne et al., 2001; Wyns et al., 2004) demuestran que

también son el resultado del proceso de meteorización en sí. Esta capa asume principalmente la función transmisiva en el acuífero y es bombeada por la mayoría de los pozos perforados en áreas de roca dura.

- Sótano fresco, que es permeable solo localmente donde la tectónica profunda fracturada están presentes. Esta parte profunda de los acuíferos de roca dura ha sido investigada en numerosos países (Canadá, Inglaterra, Finlandia, Suecia, Suiza, Estados Unidos) bajo varios desechos nucleares programas (Blomqvist, 1990; Walker et al., 2001; Pickens et al., 1987) y no es el tema de este documento, que se centra en los acuíferos poco profundos de hard rock.

2.1.2. DISCONTINUIDADES DE ROCA Y FRACTURAS

Los *hard rocks* están caracterizadas por varios tipos de discontinuidades de varias escalas que varían desde unos pocos mm de magnitud a grandes zonas de fallas y lineamientos. Las discontinuidades rocosas principales son las foliaciones, fracturas, fallas y lineamientos. La foliación es un rasgo característico de las rocas metamórficas. La fracturación es causada por tensiones tectónicas, tensiones residuales, por contracción de refrigeración y desecación, así como también debido a la descarga y a la intemperie. (Ahmed et al., 2008).

Las fracturas y otras discontinuidades son las estructuras geológicas más importantes desde el punto de vista hidrogeológico, ya que facilitan el almacenamiento y movimiento de fluidos a través de ellos. Por otra parte, algunas discontinuidades, por ejemplo, fallas y diques también pueden actuar como barreras para el flujo de las aguas subterráneas. (Ahmed et al., 2008).

Cuadro 1: Comparación de acuíferos granulares y fracturados.

Características del acuífero	Tipo de acuífero	
	Roca granular	Roca fracturada
Porosidad efectiva	Mayormente primaria	Mayormente secundaria, a través de juntas, fracturas, etc.
Isotropía	Más isotrópica	Mayormente anisotrópica
Homogeneidad	Más homogénea	Menos homogénea
Flujo	Laminar	Posiblemente rápido y turbulento
Predicciones de flujo	Usualmente es aplicable la Ley de Darcy	La Ley de Darcy no es aplicable, la ley cúbica sí lo es.
Recarga	Dispersa	Primariamente dispersa con algunos puntos de recarga
Variación temporal de carga hidráulica	Mínima variación	Variación moderada
Variación de calidad de agua	Mínima variación	Grandes variaciones

Fuente: Ahmed, Ramaswamy, Abdin. 2008. *Groundwater Dynamics in Hard Rocks Aquifers*.

2.1.3. FLUJO DE AGUA SUBTERRÁNEA

La caracterización y predicción del flujo y transporte a través de las rocas fracturadas es extremadamente difícil, ya que la geometría de la trayectoria de flujo en estas rocas es a menudo muy compleja y heterogénea, dependiendo de las características de fractura. En rocas fracturadas, el movimiento del agua subterránea tiene lugar principalmente, a lo largo de discontinuidades, es decir, a lo largo de juntas, fracturas y zonas de corte. Las interconexiones entre discontinuidades de roca y su espaciado, tamaño de apertura y orientación, deciden la porosidad y la permeabilidad de tales masas de roca. Juntas abiertas y fracturas que no se llenan con material de roca degradado, forman pasajes potenciales del movimiento de aguas subterráneas, pero su permeabilidad se reduce considerablemente cuando se llena con material arcilloso tales como esmectita o montmorillonita. Estos materiales de relleno forman capas de fractura que también influyen en el movimiento de solutos de las fracturas en la matriz porosa. El flujo de agua a través de las fracturas está dado por las siguientes ecuaciones (Ahmed et al., 2008).

La Ley de Darcy para el flujo en una única fractura puede ser escrita como:

$$V = K_f I \quad (1)$$

Donde K_f es la conductividad hidráulica de la fractura, definida por la ecuación (2)

$$K_f = \frac{\gamma a^2}{\mu 12} \quad (2)$$

Donde:

a = apertura de la fractura

γ = peso específico del agua

μ = viscosidad del agua

La conductividad hidráulica K y permeabilidad k , están relacionadas por la siguiente expresión:

$$K = \frac{\gamma}{\mu} k \quad (3)$$

Por lo tanto, la permeabilidad de la fractura (K_f), puede ser definida como:

$$K_f = \frac{a^2}{12} \quad (4)$$

Combinando las ecuaciones (1) y (2), la velocidad media (\bar{V}_α) en la fractura expresada para un modelo único de placas paralelas está dado por:

$$\bar{V}_\alpha = \frac{\gamma a^2}{\mu 12} \quad (5)$$

Aquí se supone que las paredes de la fractura son impermeables. En términos de la transmisividad de la fractura, T_f , la ecuación (4) puede ser escrita como:

$$T_f = \frac{\gamma a^2}{\mu 12} - K_f a \quad (6)$$

El caudal volumétrico por unidad de placa (fractura), de ancho Q_f , será:

$$Q_f = \left(\frac{\gamma a^3}{12\mu} \right) I \quad (7)$$

Esta última ecuación es referida como la ley cúbica que es válida para flujo laminar a través de fracturas de pared paralelas con superficies suaves. En condiciones naturales, estas suposiciones por lo general no se sostienen bien. En condiciones de campo también es difícil definir la distancia representativa entre las paredes de fractura. La validez de la ley cúbica es discutida por varios investigadores (Lee y Farmer 1993). A bajo estrés aplicado, cuando las fracturas son abiertas, la aproximación de la placa paralela para el flujo de fluido a través de fracturas puede ser válido. Sin embargo, debido a tensionar el área de contacto entre las fracturas de las superficies aumenta y por lo tanto la variación en la apertura debe ser considerado (Tsang y Witherspoon 1985).

2.1.4. CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA DE UN MEDIO FRACTURADO

En rocas fracturadas, una distinción puede ser hecha entre la conductividad hidráulica de fractura, K_f y de material (matriz) intergranular, K_m . Como fisuras forman el paso principal para el flujo de agua, la conductividad hidráulica de rocas fracturadas depende, principalmente, de las características de fractura, por ejemplo, de su abertura, del espaciamiento, de la tensión, del relleno, conectividad, etc., como se discute a continuación (Ahmed et al., 2008).

Relación entre la conductividad hidráulica, la apertura y el espaciado de la fractura

La relación entre la conductividad hidráulica (K_f) de un solo plano de fractura con apertura (a), es dado por la ecuación (Singal y Gupta, 2010):

$$K_f = \frac{\gamma a^2}{12\mu} \quad (8)$$

La conductividad hidráulica de una masa de roca, (K_s) con un conjunto paralelo de fracturas es expresada por (Singal y Gupta, 2010):

$$K_s = \frac{a}{s} K_f + K_m = \frac{\gamma a^3}{12S\mu} + K_m$$

dónde (s) es el espaciado entre fracturas. Usualmente, K_m es muy pequeño, excepto cuando la roca es porosa y/o cuando las fracturas son rellenadas con material impermeable. Por lo tanto,

$$K_s = \frac{\gamma a^3}{12S\mu} = \frac{g a^3}{12\nu s}$$

donde g es la aceleración gravitacional ($981 \text{ cm}\cdot\text{sec}^{-2}$) y ν es el coeficiente de viscosidad cinemática que es $1.0 \times 10^{-6} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ para agua pura a $20 \text{ }^\circ\text{C}$ (Singal y Gupta, 2010).

Relación de la permeabilidad con la profundidad

La dependencia de la profundidad de la permeabilidad dado por Black (1987), se puede expresar por:

$$k = az^{-b}$$

donde a y b son constantes y z es la profundidad vertical debajo de la superficie del suelo (Singal y Gupta, 2010).

En base a los datos proporcionados por Snow (1968b) sobre la variación de la permeabilidad de rocas cristalinas fracturadas con profundidad, Rocky Mountain, EE.UU., Carlsson y Olsson (1977) dieron la ecuación:

$$k = 10^{-(1.6 \log z + 4)}$$

donde K es la conductividad hidráulica en ms^{-1} y z es la profundidad en metros. Luis (1974) y otros han dado relaciones empíricas similares (Singal y Gupta, 2010).

La disminución de la permeabilidad con la profundidad en rocas fracturadas se suele atribuir a la reducción de la fractura en su abertura y espaciado debido a un mayor esfuerzo de tensión (Ahmed et al., 2008).

Aunque, una disminución de la permeabilidad con el aumento de profundidad se demuestra a partir de varios tramos, esta disminución no puede ser sistemática, especialmente a mayores profundidades (mayores a 50 m). La permeabilidad también puede variar para varios órdenes de magnitud a la misma profundidad. Permeabilidades más altas a profundidades someras (menores a 50 m) se puede atribuir a una mayor influencia de los fenómenos superficiales como la meteorización, etc., y al desarrollo de juntas de las láminas debido a la descarga. Más aún, las fracturas a la misma profundidad por debajo de la superficie del suelo, pero con diferentes orientaciones puede ser sometida a diferentes tensiones y, por lo tanto, pueden tener diferente permeabilidad (Ahmed et al., 2008).

La conductividad hidráulica (K) de un material es un parámetro que expresa la facilidad para que el agua circule a su través. Es, por tanto, el principal parámetro que caracteriza las propiedades hidráulicas de los materiales en el suelo o en el macizo rocoso, y uno de los que registra mayores variaciones en función del tipo de material (ver Cuadros 2 y 3). También se le denomina coeficiente de permeabilidad, pero esta denominación puede crear confusión con la permeabilidad intrínseca o específica o simplemente permeabilidad, que es una propiedad física del medio (Ahmed et al., 2008).

Cuadro 2: Rangos de porosidad y conductividad hidráulica de algunos sedimentos y rocas.

Tipo de roca		m (%)	k (m/día)
Rocas plutónicas	Granito fresco	0 a 3	10-May
	Granito meteorizado	2 a 10	8.35×10^{-1} a 1.66
Rocas volcánicas	Basaltos densos	0.1 a 1	10^{-11} a 10^{-8}
	Basaltos residuales	5	10^{-9} a 10^{-8}
	Basaltos fracturados y/o meteorizados	10	10^{-9} a 10^{-5}
	Tobas interestratificadas parcialmente zeolitizadas	39	3×10^{-5}
	Tobas estratificadas	40	9.6×10^{-3}
	Tobas soldadas	14	3×10^{-4}
Rocas metamórficas	Mármol	0.4	14
	Mica esquistos meteorizados	20.6	2.75×10^{-2}
	Cuarcitas	-	1.60×10^{-6}
	Pizarras	3.4	1.08×10^{-6}
	Gneiss	0.1	-
	Esquistos	3	1.16
	Gneis meteorizados y/o descomprimidos	0.1 a 2	2.50×10^{-1} a 8.34×10^{-3}
Rocas sedimentarias	Aluviones de río	5 a 25	10 a 500
	Sedimentos lacustres	15 a 35	0.1 a 100
	Calcarenitas	20	31.5×10^{-3}
	Calizas recifales	20	6.4×10^{-3}
	Arenas de delta	15 a 40	0.1 a 200

Fuente: (Benítez, 1972).

Las fracturas controlan las características hidráulicas de las rocas de baja permeabilidad, tales como rocas cristalinas, volcánicas y carbonatadas. También en algunas formaciones sedimentarias clásticas, a saber, areniscas, pizarras, arcillas y arcillas glaciales. Es importante mencionar que las fracturas forman las principales vías para el movimiento de fluidos y contaminantes. El Cuadro 3 presenta valores de conductividad hidráulica estimados para rocas sedimentarias y cristalinas.

Cuadro 3: Valores estimados de la conductividad hidráulica (metros /día).

Tipos de Roca		Doménico	Smith & W	Freeze	Fetter	Sanders
Sedimentos	Grava	25 a 2500	100 a 105	100 a 106	10 a 1000	
	Grava con arena					
	Arena gruesa	0,1 a 500	0,01 a 1000	1 a 1000	1 a 100	1 a 100
	Arena media	0,1 a 50				
	Arena fina	0,02 a 20			0,01 a 1	0,01 a 1
	Arena arcillosa		0,01 a 100	0,001 a 0,1		
	Silt, loess	10^4 a 2	10^4 a 1	10^4 a 1	0,001 a 0,1	10^4 a 1
	Arcilla	10^6 a 4×10^4	10^7 a 10^3		10^6 a 10^3	10^6 a 10^3
	Arcilla marina inalterada	10^7 a 2×10^4		10^{11} a 10^7		
Rocas Sedimentarias	Calizas carstificadas	0,1 a 2000	0,05 a 0,5	0,1 a 1000		0,1 a 107
	Calizas, dolomías	10^4 a 0,5	0,001 a 0,5	10^4 a 1		10^4 a 1
	Areniscas	3×10^5 a 0,5	10^5 a 1	10^5 a 1		
	Argilitas (siltstone)	10^6 a 0,001				
	Pizarras sedimentarias (Shale) intactas	10^8 a 2×10^4	10^8 a 10^4	10^4 a 10^8		10^4 a 10^8
Rocas cristalinas	Basalto inalterado, sin fracturar		10^6 a 10^3			10^6 a 10^3
	Basalto fracturado/ vesicular cuaternario		10 a 1000			0,1 a 106
	Escorias basálticas		0,001 a 1000			
	Basalto permeable	0,03 a 2000		0,02 a 1000		
	Rocas ígneas y metamórficas sin fracturar	10^9 a 10^5	10^9 a 10^5	10^9 a 10^5		10^9 a 10^5
	Rocas ígneas y metamórficas fracturadas	0,001 a 25	10^5 a 1	0,0005 a 20		10^5 a 1
	Granito alterado	0,3 a 5				
	Gabro alterado	0,05 a 0,3				

Fuente: Sanders (1998).

2.1.5. MÉTODOS DE ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS DEL ACUÍFERO

Las propiedades hidráulicas de un acuífero pueden ser estimadas en laboratorio y en el campo. El Cuadro 4 muestra una lista de los métodos de campo utilizados más comunes. La elección de un método particular depende del propósito del estudio. Para una pequeña escala del problema, como una investigación geotécnica, filtración de agua a las minas y túneles y transporte de contaminantes, son preferidos las pruebas packer, las pruebas slug y los tests de trazadores. Para una investigación a escala local, son preferidos los tests de inyección neumática. Para estimación de los parámetros de los acuíferos y la gestión y desarrollo del agua subterránea en una escala regional, los ensayos de bombeo podrían ser utilizados (Ahmed et al., 2008).

Cuadro 4: Ensayos de campo para estimar de las características hidráulicas.

Propósito de la investigación	Tamaño del área bajo investigación	Distribución de fracturas	Método de ensayo
Investigaciones geotécnicas, minas, drenaje, desechos	Pocos Km2	Aleatorias	Prueba <i>packer</i> (<i>Lugeon</i>), pruebas <i>slug</i> , pruebas de inyección de trazadores.
		Fracturas sistemáticas de 1, 2 ó 3 conjuntos	Prueba <i>Lugeon</i> modificada, prueba hidráulica, pozo transversal, prueba de inyección de trazadores
Desarrollo de aguas subterráneas	>100 Km2	Aleatorias y cercanas	Pruebas de bombeo
Geotérmico y reservorios de petróleo	Pocos Km2	Aleatorias	Pruebas de interferencias de pozos, pruebas de inyección de trazadores

Fuente: B.B.S. Singhal. R.P. Gupta. 2010. *Applied Hydrogeology of Fractured Rocks*.

2.1.6. FACTORES QUE AFECTAN BUENOS RENDIMIENTOS

Las fracturas tienden a disminuir o cerrarse con la profundidad, formándose terrenos cristalinos, por ello la profundidad óptima en medios de roca fracturada es a 50 y 100 m. Generalmente la litología no tiene influencia en el rendimiento, sin embargo, las rocas de grano grueso son más permeables que las de grano fino y rocas micáceas, con permeabilidades más bajas en comparación con las rocas fracturadas debido al desarrollo de los minerales de arcilla secundarias (Ahmed et al., 2008).

2.1.7. ESTIMACIÓN DE LA RECARGA DEL ACUÍFERO

Estimar la recarga permite administrar la explotación de agua subterránea sin exceder la recarga. Demarcar las condiciones de borde en medio fisurado es muy complicado. La cuenca y sus límites puede tomada como una unidad para la estimación de la recarga, que es probable que sea un flujo sin límite para las aguas subterráneas. La cuenca puede además estar dividida en varias unidades hidrogeológicas homogéneas, dependiendo de sus características hidrológicas (Ahmed et al., 2008).

En las rocas duras de los métodos más comunes para la estimación de la recarga son (Lloyd, 1999):

- Estimación de balance hídrico
- Método de perfil de cloruro de
- Balance de masa de cloruro
- Método hidrograma

- Método de salida lluvia acumulada
- Método de inyección de tritio

El tiempo de residencia de las aguas subterráneas en acuíferos de roca fisurada, varía en pocos años. A mayor profundidad, puede variar a miles de años.

2.2. MÉTODOS GEOFÍSICOS PARA EXPLORACIÓN DEL AGUA SUBTERRÁNEA

Son un conjunto de técnicas físicas y matemáticas, que investiga en forma indirecta la parte superficial de la corteza terrestre, aplicadas a múltiples campos de la actividad humana como exploración petrolera, minería, geología, hidrogeología, ingeniería civil, entre otras. El campo de las prospecciones corresponde a los efectos producidos por rocas y minerales metálicos en áreas anómalas, destacando entre estos: la fuerza de atracción gravitatoria, la resistencia eléctrica de los suelos, la rapidez de las ondas sísmicas, entre otras. En exploración de aguas subterráneas es la adecuada aplicación de uno o varios métodos geofísicos eléctricos y sísmicos (Ahmed et al., 2008).

Las técnicas eléctricas, especialmente las encuestas de resistividad, son los métodos geofísicos más populares para las encuestas de agua subterránea porque a menudo dan una respuesta fuerte a las condiciones del subsuelo y son relativamente rentables (Ernstson y Kirsch 2006a).

2.2.1. MÉTODO DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA

Debido a la gran variación de la resistividad para diferentes formaciones y a los cambios que se producen debido a las condiciones de saturación. La resistividad se define como la resistencia de un cubo de material unitario para el flujo de corriente a través de su superficie normal (Thangarajan, 2007).

La medición de la resistividad de la tierra es la técnica geofísica más comúnmente empleada en las investigaciones hidrogeológicas, pero es quizás una de las menos comprendidas. La facilidad con la que normalmente se pueden hacer las mediciones eléctricas ha llevado a muchos no geofísicos a creer, muy falsamente, que la resistividad es simple. Desafortunadamente, esto ha llevado a muchos errores comunes en la práctica e interpretación de campo y, en última instancia, a la producción de informes de encuestas omnipresentes y de mala calidad. Inevitablemente, esto ha dado lugar a la mala reputación

de esta técnica, que es desafortunada porque si se usa correctamente, la técnica de resistividad es una de las herramientas geofísicas más rentables y potentes (Thangarajan, 2007).

2.2.2. RESISTIVIDAD DE LAS ROCAS EN LA PROSPECCIÓN DEL AGUA

La mayoría de las rocas no son buenas conductoras de la corriente eléctrica: son prácticamente aislantes debido a que también lo son los minerales que se encuentran en mayor proporción en ellas (cuarzo, feldespatos, calcita, etc.) (Ahmed et al., 2008).

El fenómeno de conducción eléctrica se presenta por dos razones principales: la primera y menos importante hidrogeológicamente, es la presencia de minerales del tipo metálico, como la pirita, la magnetita, la pirrotita, etc., que hacen que la roca se comporte como un conductor, cuya conductividad aumentará al incrementarse el contenido de estos minerales y su interconexión (Ahmed et al., 2008).

La segunda causa, la más interesante desde el punto de vista hidrogeológico, es la presencia de fluidos en los poros de las rocas, de los cuales el más común es el agua, pudiendo ser también hidrocarburos o gases (Ahmed et al., 2008).

La resistividad eléctrica de las rocas varía en amplios márgenes, por lo que es casi imposible asignar valores específicos a los diversos tipos de roca; no obstante, se puede estimar criterios observando tablas publicadas en libros y manuales de constantes físicas (Ahmed et al., 2008).

Por ejemplo, una caliza sana y compacta puede tener resistividades mayores a 5,000 ohm-m, mientras que una caliza con alteración a arcilla fisurada y saturada de agua puede presentar resistividades de algunas decenas de ohm-m; lo mismo sucede con los basaltos, que en un estado compacto y sano son usualmente muy resistivos, pero cuando presentan fracturas, alteraciones a arcillas y saturación de agua su resistividad baja considerablemente (Ahmed et al., 2008).

Por otro lado, puede decirse que los factores que determinan la resistividad promedio de las rocas se conservan a menudo en toda una unidad de roca, y debido a esto, puede diferenciarse una formación de otra tomando como base las mediciones de la resistividad (Ahmed et al., 2008).

2.2.3. CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS DE LOS ACUÍFEROS FRACTURADOS

Los acuíferos presentan características eléctricas diferentes, que dependen principalmente de la resistividad de la roca que contiene el acuífero, de la resistividad del agua y de la permeabilidad; por lo tanto, se espera que exista un cambio en sentido vertical entre la zona saturada y la no saturada de la roca que contenga al acuífero, y es de esperarse que también exista un contraste de resistividad entre los diferentes tipos de roca en el área de estudio. El contraste que existe entre las resistividades de los diferentes tipos de roca y el existente entre las zonas de acuífero, y las que no contienen agua dependen de muchos factores que sólo se pueden evaluar si se conoce el marco geológico en el que se trabaja y sus características hidrogeológicas, ya que no se puede esperar la misma respuesta en un acuífero confinado en calizas que en uno confinado en rocas volcánicas o en materiales granulares, ni tampoco se puede esperar la misma respuesta en un acuífero que contiene agua dulce que en uno que contiene agua salada (Singhal y Gupta, 2009).

Esta es la técnica geofísica más ampliamente utilizada que da una buena indicación de la ocurrencia de horizontes fracturados, aguas subterráneas y su calidad. Se basa en el principio de que la resistividad eléctrica de una formación geológica depende del material, así como de la porosidad y el contenido de agua en la formación. La resistividad eléctrica de una formación seca es mucho más alta que la de la misma formación cuando está saturada de agua (Singhal y Gupta, 2009).

La tarea de definir capas en un levantamiento de campo es bastante compleja ya que cada medida corresponde a un efecto compuesto de todas las capas en el volumen de roca penetrado. Se han desarrollado varios métodos de interpretación, muchos de los cuales implican el uso de curvas con curvas estándar, para proporcionar una mejor delineación de las capas de resistividad en diversas condiciones. En términos generales, la profundidad de la investigación de un levantamiento de resistividad es directamente proporcional a la separación del electrodo y aumenta al aumentar el espaciado de los electrodos (para detalles, consulte Koefoed, 1979; Bhattacharya y Patra, 1968).

Las inspecciones de resistividad eléctrica para las aguas subterráneas pueden comprender sondeos y / o perfiles. La técnica de sondeo se utiliza para determinar las variaciones en la resistividad eléctrica con la profundidad, mientras que el perfil se utiliza para delinear las variaciones laterales de la resistividad en un área. En el sondeo eléctrico vertical (VES),

también llamado perforación eléctrica, las distancias entre los electrodos aumentan de modo que la corriente eléctrica penetra en niveles cada vez más profundos, lo que permite medir la resistividad de un volumen cada vez más grande de la Tierra. Los electrodos son normalmente lineales, alineados paralelamente a la tendencia de la discontinuidad de las rocas, que pueden descifrarse de otras prospecciones o afloramientos rocosos (Singhal y Gupta, 2009).

2.3. MODELO CONCEPTUAL

Se debe construir un modelo que represente razonablemente el comportamiento del sistema de escala completa (acuífero) y simular todo el físico relevante parámetros, que describen las características significativas de este último. Ahí hay una enorme cantidad de modelos que han llegado para predecir el comportamiento futuro o para estudiar la dinámica del sistema o los tipos genéricos. Dado que hay varios tipos de modelos informados en el pasado, es conveniente clasificarlos de acuerdo con las técnicas utilizadas, el tipo de acuífero simulado y la dimensión del problema. Los modelos conceptuales hidrogeológicos, describen como el agua entra en un sistema acuífero y su conformación geológica, fluye a través de él y sale del mismo. Estos modelos comienzan con dibujos simples, aunque en su forma final ellos pueden consistir en detallados diagramas tridimensionales (Thangarajan, 2007).

El modelo conceptual es una simplificación esquemática de la naturaleza, en la que se intenta representar las condiciones hidrogeológicas reales en la cuenca y que hacen del modelo conceptual de funcionamiento del sistema, un modelo más acorde a la realidad. El modelo conceptual se plantea a partir del análisis conjunto de la información geológica, hidrogeológica (hidroestratigráfica), hidrológica, geofísica, y en algunos casos hidrogeoquímica. Todos estos campos de investigación, son parámetros e indicadores del comportamiento hidráulico del agua en el subsuelo, así como la ubicación espacial y temporal de los estratos saturados y no saturados, fundamentales para que el modelo resultante sea coherente con la pretendida simulación de la naturaleza. Por ello, la importancia del modelo hidrogeológico conceptual, como un paso importante durante el desarrollo e implementación de esquemas de planeación y aprovechamiento óptimo de recursos hídricos subterráneos (Gosain 2009).

El modelado de aguas subterráneas se ha establecido como una herramienta útil para estudiar diversos problemas relacionados con la cantidad y calidad del agua subterránea. Esta técnica

se ha utilizado principalmente como una ayuda para: (i) predicción de los efectos de tensiones probables (p. Ej., Extracción de agua subterránea o inyección de un contaminante) en el sistema de agua subterránea, y (ii) gestión de estas tensiones para la explotación sin riesgo de recursos de aguas subterráneas. Los modelos también proporcionan una información útil para la identificación y estimación de los parámetros del acuífero, el diseño de la red de recopilación de datos para la cuantificación del sistema, la gestión económica y social de las aguas subterráneas, etc. Anteriormente, los métodos analógicos como el modelo de tanque de arena y los modelos analógicos eléctricos eran comúnmente utilizado para simular un sistema de agua subterránea (Singhal y Gupta, 2009).

III DESARROLLO DEL TEMA

3.1. UBICACIÓN Y VÍAS DE ACCESO AL ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio se ubica en el distrito de Paucar de Sara Sara, provincia Parinacochas, región de Ayacucho. Geográficamente se localiza en la región central de la Cordillera Occidental de los Andes, entre las coordenadas geográficas (WGS - 84) 14°57'19" Latitud Sur y 73°14'34" de Longitud Oeste y coordenadas UTM (WGS 84) E: 688957 y N: 8345851, a una altitud de 4500 m.s.n.m.

La Ilustración N° 01, muestra la ubicación general del proyecto y específicamente la delimitación del área en estudio.

El área de estudio es accesible desde la ciudad de Lima mediante la vía asfaltada Lima – Nazca, por la carretera Panamericana Sur, desviándose en la ciudad de Nazca hacia la ciudad de Puquio, siguiendo a través de la carretera asfaltada Puquio-Iscahuaca, el recorrido de Iscahuaca al proyecto es de 135 km aproximadamente, por la trocha carrozable hacia la zona de estudio.

3.2. GEOLOGÍA

En las microcuencas de estudio afloran las rocas sedimentarias de origen volcánico y rocas volcánicas.

Las Formaciones Alpabamba y Aniso están cubiertas en discordancia por la Formación Saycata; concluyendo con la Formación Sencca. En el Cuaternario se emplazaron las volcánicas del Grupo Barroso y terminando la secuencia se tiene diversos depósitos glaciares y aluviales. En la Ilustración N° 02 se observa las formaciones geológicas presentes en la zona de estudio y en la Figura 1 se muestra la columna litoestratigráfica.

3.1.1. FORMACIONES GEOLÓGICAS

FORMACIÓN ALPABAMBA (Tm-al)

La Formación Alpabamba es una gruesa secuencia de tobas, brechadas, riolíticas y dacíticas, blanquecinas a amarillentas, rocas compactas de muy baja permeabilidad, resistentes a la

erosión; constituyendo fuertes escarpas que le dan a esta unidad características topográficas conspicuas y diferenciables de otras unidades.

FORMACIÓN ANISO (Tm-an)

Esta formación geológica es de naturaleza sedimentario-volcánica, gran parte del área de estudio se encuentra ubicado sobre esta formación. Está constituida por intercalaciones de areniscas tobáceas grises a verdosas, con areniscas conglomerádicas cuyos fragmentos subredondeados a subangulares son de tobas o lavas andesíticas; también se observa estratos de tobas redepositadas blanco-amarillentas.

FORMACIÓN SAYCATA (Tm-sa)

Esta formación geológica es un conjunto lávico cuya mejor exposición lo constituye el volcán Saycata. Su litología es fundamentalmente lávica, consta de andesitas gris a gris oscuras, porfíricas a algo porfíricas, con fenos de feldespatos y máficos, con textura fluidal. Morfológicamente constituye lomadas pronunciadas, controladas por las diversas etapas de erupción y por la fuerte acción glaciaria sufrida, traducándose en abundantes artesas y valles glaciares, característica morfológica que lo diferencia del Grupo Barroso, ya que esta última unidad ha sufrido glaciación, pero en menor intensidad que las glaciaciones de las rocas del volcánico Saycata, en este sentido, debido a estos procesos estas rocas han sufrido fuertes fracturamientos.

FORMACIÓN SENCCA (Ts-se)

La Formación Sencca aflora en las partes altas, a más de 4,000 msnm., donde conforma extensas mesetas. Litológicamente consta de una serie de tobas homoaxiales, que se encuentran en posición horizontal, estas tobas son de composición riolítica a dacítica, de colores cremas, rosadas a moradas, predominando los tonos claros; con fenocristales de cuarzo, feldespatos y biotita distinguibles a simple vista. Se diferencian varios estratos de tobas con características litológicas similares, pero la diferencia más notable es su dureza, pues unas son más resistentes a la erosión que otras. También se tiene estratos de areniscas tobáceas o lapillis redepositados en ambiente acuoso o subaéreo, tanto en el sentido vertical como horizontal.

GRUPO BARROSO (Qpl-ba-d)

Los domos se les encuentran distribuidos aisladamente con una orientación norte-sur.

Morfológicamente se caracterizan por su típica forma redondeada. Litológicamente consta de dacitas porfíricas gris claras y andesitas basálticas gris oscuras.

DEPÓSITOS MORRÉNICOS (Qpl-mo) Y GLACIOFLUVIALES (Qpl-gfl)

Estos depósitos se encuentran sobre los 4,000 msnm constituyendo llanuras a lomadas, ambos depósitos tienen origen glaciar como producto de la desglaciación, se diferencian porque los depósitos morrénicos tienen morfología de lomadas con su cresta morrénica bien diferenciable; mientras que los glaciofluviales morfológicamente son llanuras que tienen características de erosión fluvial producto de la desglaciación de las nieves, los ejemplos más típicos se encuentran para las morrenas en las inmediaciones de la laguna de Punuiracocha en el lugar denominado Loma Ruiruruni y para los glaciofluviales por las inmediaciones de las lagunas de Chaupiccocha y Ccatuntipicocha en el lugar llamado Pampa Pampacairapallga.

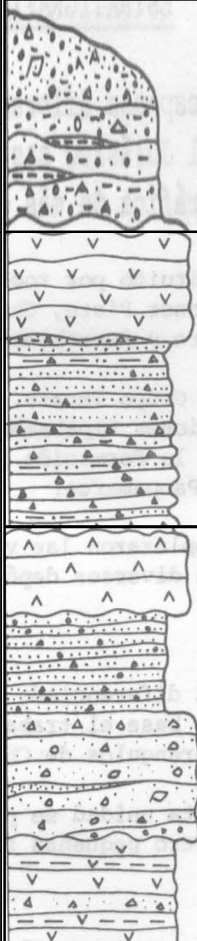
El material consta mayormente de bloques gravas, arena y limo en una matriz arenolimososa a limo-arenosa, algo consolidados con leve estratificación, los fragmentos constan mayormente de rocas volcánicas para unos lugares y sedimentarias para otros, dependiendo del lugar de procedencia del glaciar. Los espesores de estos materiales pueden llegar hasta los 40 m, pudiendo almacenar grandes cantidades de agua.

3.1.2. MINERALIZACIÓN Y ALTERACIÓN

El área de estudio presenta una mineralización epitermal. El primero corresponde al estilo de baja sulfuración representadas por las vetas de cuarzo de relleno filoniano; las cuales afloran en la microcuenca Quellopata. Desde el punto de vista de la geología local, en la microcuenca de Quellopata se han identificado 21 vetas con relleno de cuarzo y calcedonia. De ellas, 14 vetas presentan azimut NE-SW y buzamientos al SE, todas con componente dextral, expuestas en la quebrada Quellopata lo cual permiten la presencia de flujo subterráneo hacia esta quebrada manteniendo así el caudal ecológico. Esto ocurre en forma de una ventana geológica, la cual ha permitido, exponer en buena parte las rocas, vetas y fallas que ocurren en el área.

Las vetas en Quellopata son desplazadas por fallas post mineral de azimut E-W con buzamiento al Sur y componente sinextral. La veta Lucy y las vetas Jimenas (crestones silicificados), que afloran al extremo Sur de Quellopata, presenta azimut E-W y buzamientos

subverticales. Hacia el extremo SW de Quellopata la erosión ha expuesto las rocas, vetas y fallas, produciendo pendientes empinadas. Hacia el extremo NE del cerro Quellopata, la topografía se caracteriza por presentar una superficie relativamente suave, con poca exposición de vetas importantes. Únicamente es posible observar rodados de fragmentos de veta de cuarzo blanco, que en conjunto presentan cierto alineamiento con azimut NE-SW. Estas vetas se formaron en un contexto de tectónica extensional, como relleno de fallas normales. En conjunto presentan anchos de 0,3m a 5m y con longitudes que van desde 350m a 2,200m con evidencias de continuidad por debajo de las coberturas coluviales hacia el NE y SW.

CRONOESTRATIGRAFÍA			COLUMNA LITOESTRATIGRAFICA				
ERA	SISTEMA	SERIE		UNIDAD	COLUMNA	DESCRIPCIÓN	
CENOZOICO	CUATERNARIO	RECIENTE	50	Dépositos Aluviales, Fluviales y deslizamientos		Bloques, gravas, arenas y limos inconsolidados, con estratificación oscura.	
		PLEISTOCENO	100	Dépositos Morrenicos y glaciofluviales		Bloques, gravas, arenas y limos algo consolidados levemente estratificados.	
			200	Grupo Barroso		Andesita, andesitas basálticas grises, afíricas, porfíricas, diferenciándose en estrato-volcan, lava domo y domo.	
	TERCIARIO	PLIOCENO	100	Formación Pampamarca		Areniscas tobaceas grises, con estratificación laminar y sesgada, con intercalación de tobas y cenizas redepositadas.	
			150	Formación Sencca		Intercalación de tobas dacíticas a riolíticas, cremas a moradas, fluidal porfírica, piroclástica, con estratos de areniscas tobaceas, lapillis.	
			200	Formación Saycata		lavas andesíticas gris a gris oscuro, porfírico, fluidal microlítica.	
		MIOCENO		500		Formación Aniso	Intercalación de areniscas tobaceas grises a verdosas con areniscas conglomeráticas. La estratificación es delgada y definida.
				1000		Formación Alpbamba	Secuencia monótona de tobas brechoideas amarillo verdosa, riolíticas a dacíticas, en capas gruesas y compactos con esporádicos niveles de areniscas tobaceas. En la base se observa conglomerados polymictico.
				800		Grupo Tacaza	Lavas andesíticas a riolíticas, eífíricas o porfírica, intercaladas con sedimentos pelíticos o tobaceos y algunos niveles de brechas andesíticas o conglomeráticas.

Fuente: INGEMET (1996).

Figura 1: Columna estratigráfica

3.1.3. DESCRIPCIÓN DE LAS VETAS

Veta Ángela. - En superficie está expuesta en la quebrada de Quellopata en una extensión de 900m. El mejor tramo expuesto se ubica hacia el lado Norte, donde tiene hasta 5m de ancho con azimut N50° y buzamientos de 75° a 80°NW (aquí se comporta como una falla antitética); deformadas por fracturas riedel de azimut N75° y buzamientos de 80° a 85°N. El desnivel de la cota entre ambos puntos es de 100m. De la quebrada hacia el SW, la veta muestra un adelgazamiento notorio con anchos de 0,5m a 2 m y azimut de N10° a 30° y buzamientos de 70° a 75°NW. El relleno de veta (cota 4525 – 4650 msnm) está conformada por cuarzo blanco opalino con texturas de reemplazamiento, pseudomorfos de calcita y baritina, restos de calcita, cuarzo colofome bandeado, menor cuarzo sacaroide y calcedonia, con buen desarrollo de espacios abiertos. Dentro de las vetas y hacia los bordes presenta pirita cúbica oxidada, OxFe, illita y esmectita como relleno de cavidades. La roca caja presenta silicificación débil con patinas de óxidos de Mn y Fe, pirita diseminada débil; y más hacia los bordes presenta propilitización con clorita y pirita. Hacia el NE entre los 4650 y 4680 msnm, se observa un predominio de calcedonia gris con espacios cerrados, fuerte presencia de OxMn en patinas dentro de la veta y roca caja, menor presencia de cuarzo cristalizado y bandeado colofome en venillas. La roca presenta argilitización y piritización, acompañada de clorita y esmética. La veta Ángela muestra fallamientos post minerales al interior de la veta, así como fracturas, venillas de cuarzo hacia las cajas, que en conjunto demuestran que Ángela, estructuralmente fue activo en el tiempo.

Veta Roxana. - Corresponde a un sigmoide cerrado de la veta Ángela, expuesta hacia la margen W, donde aflora en una longitud de 530 m, con cuarzo blanco, texturas de reticulada, bandeado colofome, trazas de calcita, pirita. La caja presenta silicificación, argilitización y más a las periferias propilitización débil.

Veta Martha. - Aflora en una extensión de 650 m hacia el extremo Este de Quellopata. Su extensión hacia el Sur muestra un ancho de veta de 0,3 m con azimut N50° y buzamiento 70° a 75°SE. Hacia el NE, presenta anchos de veta de 1.5 m y mucho mejor definidos con azimut N70° y buzamiento de 80° a 85°SE. Tanto el relleno, mineralización y alteración son similares a la veta Ángela.

Veta Shakira. - Aflora en una extensión de 1800m. Se extiende desde el extremo SW y sigue en forma continua hacia en NE hasta la parte alta del cerro Quellopata. En general el

afloramiento de la parte Norte presenta azimut N30° y buzamiento de 75° a 80°S, con ancho de veta de hasta 4m. Hacia el Sur aflora con azimut N40° y buzamiento 65° a 70°, con anchos de veta menores a 0,5 m. Presenta poco desarrollo de sigmoides y stockwoks hacia la caja. En partes presenta brechamiento hidráulico con asimilación de fragmentos de roca caja. El relleno está conformado por calcedonia gris bandeada, cuarzo blanco con texturas bandeadas coliformes, presentando espacios cerrados y en menor frecuencia texturas “oquerosas” (vuggy), cuarzo sacaroideo y ocasionalmente con restos de calcita dentro de las vetas. Pirita ocurre al borde la veta en forma débil a muy débil, así como en la roca caja, en forma diseminada y en venillas. La alteración de la caja hacia las periferias hacia la veta, presenta propilitización con pirita diseminada, óxidos de Mn, OxFe (Limonitas), luego pasa a una argilitización moderada a débil, con presencia de arcillas blancas y pirita oxidada débil. Muy próximo hacia la veta ocurre silicificación débil. Hacia el extremo SW de Quellopata afloran 2 vetas delgadas, de ellas Lucy presenta azimut EW, buzamiento 70°S, y una longitud de 350m. Finalmente Sara presenta un ancho menor a 1m, azimut N60° y buzamiento de 60°SE, y aflora por más de 530m (zona de labores españolas). Ambas vetas presentan texturas de reemplazamiento, similares a Ángela, así como de valores anómalos en superficie.

Veta Teresa. - Aflora en una extensión de 350 m con azimut N50° y buzamiento de 75° a 80°NW a manera de una falla-veta antitética, controlada por la veta Lourdes. Su mineralogía en superficie es básicamente Pb-Zn, sin anomalías de Au y Ag. El relleno está conformado por cuarzo blanco con texturas de bandeamiento, cuarzo cristalizado en drusas, restos de calcedonia gris, trazas de texturas de reemplazamiento, halos de silicificación y propilitización con pirita diseminada, fuerte venilleo anastomosado que presenta hacia el SW y NE. El tramo con mejor exposición de veta se halla comprendido entre las secciones 10000 y 10100, donde aflora con sigmoides en un espacio de 20 m, y anchos de veta de hasta 3 m.

Veta Lourdes. - Aflora por más de 800 m con azimut N40° y buzamiento de 75° a 80°SE. Esta veta al parecer corresponde al relleno de una falla en echelon. Su mineralogía corresponde al ensamble Ag + Pb-Zn (Au). El relleno es básicamente una brecha hidrotermal con cemento de calcedonia gris, piritizado en forma moderada a fuerte y oxidado. Es notoria la menor presencia de cuarzo blanco bandeado y texturas de reemplazamiento. Su mineralización está caracterizada por fuerte piritización (granular y cúbica fina), chalcopirita, esfalerita, acantita, pirargirita, las cuales se presentan en puntos diseminados en la veta. Igualmente presenta

goethita, hematita, psilomelanos, malaquita, etc. La alteración de la roca caja en la veta Lourdes esta mejor desarrollada con silicificación, seguida de un halo argílico y más a la periferia halos propilíticos de intensidad débil.

Veta Juliana. - Aflora en una extensión de 2,200 m, siendo la veta más extensa en longitud. El corte de la quebrada Quellopata expone a esta veta en un desnivel de 200 m (4450-4650 msnm). Hacia el extremo NE (cerro Quellopata) presenta azimuth N60° y buzamientos de 55° á 65°SE, con anchos de veta de 1m a 5m expuestas mediante varias labores de media barreta. Hacia el SW de la quebrada Quellopata, aflora con azimuth N20° y buzamiento 55° á 65°SE, y ancho de veta de 2 m a 8 m, donde hay varias labores españolas, centradas en esta veta.

Vetas Menores -NE del cerro Quellopata. - Existen tres sistemas de vetas (entre las secciones 11700 y 12400), las cuales presentan azimuth NE-SW y buzamiento SE con extensiones de 100 m – 300 m de longitud, ancho de 0,5 m a 3 m. Estas vetas presentan calcedonia, menor cuarzo y halos de silicificación y argilización. Estas vetas no presentan valores anómalos en muestras de rock chip. Este del cerro Quellopata, se han reconocido cuatro vetas de calcedonia, calcita mangánifera, trazas de cuarzo blanco oqueroso y óxidos de hierro con valores anómalos de plata. Estas vetas presentan azimuth NE-SW con anchos de 0,5-1 m y longitudes de 30 m a 300 m, todas ellas anómalos en plata, acompañados de valores <1% de Pb y Mn.

3.2. CARACTERÍSTICAS GEOMORFOLÓGICAS

El área de estudio, geomorfológicamente se ubica en el piso superior de la Cordillera Occidental del Perú, constituido por altas cumbres, valles, mesetas, colinas y depósitos fluvioglaciares. Altitudinalmente varía entre los 4,000 a 4,800 msnm.

Las dos quebradas principales en el área de estudio son: por el Norte la quebrada Patarí y por el Sur la quebrada Quellopata. Por estas quebradas discurren riachuelos de escaso caudal la mayor parte del año, específicamente en la temporada de sequía. En la temporada de lluvia se incrementa considerablemente. Estas quebradas son importantes en la recarga del acuífero debido a que están en la dirección predominante de las fallas geológicas.

3.2.1. ALTAS CUMBRES

Esta unidad cruza las cotas más altas del valle de Quellopata y Patarí. Las cotas van de 4,000 hasta 4,800 m.s.n.m., la pendiente del terreno es fuerte en la mayor parte.

Esta unidad geomorfológica se caracteriza por presentar zonas muy abruptas e inaccesibles, con abundantes escarpas, crestas pronunciadas y picos elevados; los pequeños valles tienen paredes empinadas, características que se muestran en el mapa geomorfológico.

El grado de erosión es fuerte, el que se puede apreciar por la diferencia de cotas de esta unidad, que es de 1,200 m; además se tiene amplio desarrollo de escombros de talud y profundos surcos ocasionados por las corrientes de agua.

3.2.2. COLINAS

La distribución de esta unidad geomorfológica se presenta al norte del área de estudio. Esta unidad geomorfológica se ubica entre 4,000 y 4,600 m.s.n.m, como promedio y la pendiente del terreno es moderada a fuerte, con escarpas no muy pronunciadas; también se observan cotas altas, pero no presentan picos conspicuos ni crestas escarpadas.

El grado de erosión es moderado a fuerte. La diferencia de cotas es 600 m. y la naturaleza litológica permite el desarrollo de colinas que caracterizan a esta unidad. Una característica principal que presentan pastos de baja calidad, lo cual influye favorablemente en la escorrentía y no en la infiltración.

3.2.3. MESETAS

Esta unidad se encuentra entre las cotas 4,550 a 4,700 m.s.n.m.; la pendiente del terreno es muy suave siendo menor de 5°. Esta unidad geomorfológica se caracteriza por su forma casi plana de grandes dimensiones y su elevada altitud.

El grado de erosión es controlado por la escasa pendiente, siendo el viento el principal agente. En esta unidad se forman distintas lagunas temporales durante la época de lluvia, que van desapareciendo lentamente en la temporada seca.

3.2.4. MORRENAS

La distribución de esta geoforma es irregular, caracterizada por su elevada altitud,

constituyendo geoformas de agradación. Al sureste del proyecto se puede apreciar las principales áreas de morrenas. Las altitudes que alcanzan son de 4,600 a 4,700 m.s.n.m. La pendiente del terreno es muy suave.

Esta unidad geomorfológica se caracteriza por su forma en lomadas y se diferencia de la unidad lomadas porque esta geoforma es de agradación y las lomadas son de degradación; además se distingue fácilmente la cresta morrénica. Litológicamente consta de una mezcla heterogénea de gravas y limos. El grado de erosión es suave, ya que generalmente se ubica bajo una sola cota, lo que no le da pendiente de erosión; siendo la acción pluvial su principal agente denudatorio.

3.2.5. VALLES

Esta unidad se encuentra cortando a las unidades anteriores. Se ha diferenciado dos tipos de valles, de acuerdo a su origen: valle fluvial y valle glaciar. Las altitudes que tiene son de 2,600 hasta 4,000 m.s.n.m. para los valles fluviales y sobre los 4,000 m.s.n.m. para los valles glaciares. Las pendientes de talweg del río son fuertes para los fluviales y suaves para los glaciares. Las paredes de los valles fluviales son empinadas con su típica forma en “V” por partes adquieren características de valles encañonados; mientras que las paredes de los valles glaciares son menos empinadas y más abiertas, manteniendo su típica forma en “U”.

Es necesario recalcar que los valles glaciarios están en la etapa de destrucción ya que los valles fluviales avanzan aguas arriba y capturan los valles glaciarios; pasando de regiones tranquilas a torrenciales debido al cambio en la pendiente del talweg. Por las características anotadas, los valles fluviales se encuentran en su etapa juvenil.

3.3. PROSPECCIÓN GEOFÍSICA

3.3.1. MÉTODO POR RESISTIVIDAD ELÉCTRICA

Durante la prospección geofísica para fines de determinar la presencia de estratos de suelo y roca en condiciones saturadas, se empleó el método de sondeo eléctrico vertical. Se realizaron 20 Sondajes Eléctricos Verticales con disposición Schlumberger para investigar el espesor del estrato acuífero, nivel del agua subterránea, profundidad del basamento rocoso y la respectiva correlación con los taladros diamantinos que se están realizando en la zona de estudio, que permitirá reconstruir el modelo hidrogeológico.

En base a los resultados geofísicos se elaboraron los mapas que ayudaran a comprender la geometría del acuífero y el estrato geológico en el que se desarrolla, para ello se ha construido el mapa de ubicación de SEVs y ubicación de secciones georesistivas (ver Ilustración N° 03), mapa de secciones georesistivas (ver Ilustración N° 04), y mapa de resistividades al estrato saturado (ver Ilustración N° 05), estos resultados se complementarán con las observaciones y criterios geológicas - geomorfológicas de la zona en estudio, de esa manera aproximar la interpretación de las características georesistivas del acuífero a la realidad geológica de la zona en estudio.

3.3.2. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN CUALITATIVA

Las curvas obtenidas en campo se han agrupado en las cuatro familias de curvas conocidas como A, H, K y Q establecida por Orellana y Money, con la finalidad de facilitar la interpretación de los SEVs, esto con la finalidad de determinar los estratos Hidrogeológicos.

3.3.3. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN CUANTITATIVA

Se ha interpretado cada inflexión de la curva de SEV, en términos de resistividades verdaderas y espesores, utilizando ábacos elaborados por Orellana – Money y otras instituciones de exploración geofísica; posteriormente los resultados fueron ajustados mediante el software IPI2WIN de iteración automática y IX1D v3.0-Interpex con resultados de mediana fiabilidad por los problemas que se tuvieron al no poder definir satisfactoriamente las inflexiones y espesores.

El cuadro de resultados refleja prácticamente la columna georesistiva de la zona en estudio, que a continuación se describirá cada una de ellas. El Cuadro 5 muestra 5 estratos georesistivos identificado en toda la zona estudiada.

Cuadro 5: Cuadro de resultados de SEVs.

N°	R1		R2		R3		R4		R5		
	SEV	P1	Z1	P2	Z2	P3	Z3	P4	Z4	P5	Z5
1	18.2	1.78	55.6	63.6	185						
2	13.46	2.22	44.23	39.27	204.2						
3	13.6	1.45	74.4	2.7	22.3	10	564				
4	76.4	2.54	221	8.7	58.3	33.2	170				
5	80.2	1.33	41.7	12.7	121						
6	21	1.55	53.8	10.1	108						
7	41.7	2.58	74.5	31.1	210						
8	16.9	4.87	61.8	29.4	149						
9	25.7	3.89	96.2	22.90	137						
10	88.5	4.41	170	30.4	104						
11	114	1.8	51.6	6.28	296	19.5	52	50.9	234		
12	42.1	7	35.6	41.8	68.7						
13	62.5	3.86	43.5	14.9	130						
14	18.3	4.01	75.1	19.7	142						
15	31.9	1.57	16.7	11.8	64.3	61.3	306				
16	117	1.4	32.7	15	74.5						
17	29.1	1.74	173	7.16	28.9	42.1	180				
18	338	1.34	83.4	20.7	258	50.7	61.4				
19	233	1.11	39.7	4.29	772	34.3	69.6				
20	46.4	2.81	20.1	6.61	145	51	58.6				

Fuente: El Autor. 2017.

Dónde:

- R(n): Estrato u horizonte georesistivo
- $\rho(n)$: Resistividad en (Ω -metro)
- Z(n): Profundidad del estrato georesistivo en metros
- SEV: Sondaje Eléctrico Vertical

Los resultados finales de la interpretación cuantitativa, se han correlacionado con la geología tomando los siguientes criterios: Cuando los valores resistivos crecen en una cuenca sedimentaria, se debe a la presencia de arenas sin arcillas y no saturadas y viceversa cuando decrecen se presentan arenas o gravas saturadas, o las aguas contienen mineralización o salobridad, en el caso del área de estudio la geología está caracterizada por areniscas tobaceas y lavas andesíticas, la resistividad en estas rocas son altas y compactas, sin embargo en la zona de fracturamiento disminuyen su resistividad por la presencia de agua, otro factor que puede influir en la disminución de la resistividad es la presencia de roca alterada como argílico, argílico piritoso y cuarzo caolín las cuales están en proceso de formar arcillas y también por minerales conductores de corriente eléctrica como la pirrotita, pirita, hematita,

etc. Cuando las resistividades tienden a infinito, es indicador de la presencia de rocas cristalizadas o litificadas sin agua.

3.3.4. RANGO DE RESISTIVIDADES

Con la finalidad de entender a priori los valores de resistividad de la campaña geofísica, se ha visto por conveniente dar un rango de resistividades donde se agrupen la gama de valores que se han encontrado en toda la zona investigada. Con esta finalidad se agruparon de dos rangos que se describen a continuación.

Estas resistividades son características de rocas muy alteradas por efectos del fuerte tectonismo e intemperismo que han sufrido las rocas, al cual debe sumarse el grado de mineralización de estos materiales; por esta razón las bajas resistividades de las rocas cristalizadas. El 90% del área investigado se encuentra con valores de resistividad menores de 100 Ω – Metro, predominando los valores menores de 50 Ω –Metro, Las bajas resistividades indicadas también se deben al contenido de Humedad y/o saturado con agua, como son tangibles fundamentalmente en aquellos SEV que está ubicados próximo a los humedales. Este rango de resistividades se encuentra indistintamente en los 4 estratos georesistivos (geológicamente corresponden a la misma formación) diferenciados por sus pequeñas variaciones de resistividad en toda el área de estudio.

PRIMER ESTRATO. - Es el estrato superficial supeditado a los cambios climáticos de la zona en estudio, como tal el rango de sus resistividades varía de decenas a centenas de ohmios metros. Considerando el rango de resistividades estarían conformados por sedimentos de diferente origen, resaltando los sedimentos producto del intemperismo, presentan espesores que van de 1 a 3 metros.

SEGUNDO ESTRATO. - Se caracteriza por sus valores resistivos bastante homogéneos como muestra el cuadro de resultados, varían de 19 a 60 ohmios metros. La homogénea distribución de sus resistividades hace suponer que estarían conformadas por depósitos de sedimentos morrénicos en las laderas de las elevaciones, y en los valles y planicies por sedimentos fluvio-aluviales. El espesor del estrato varía de 4 a 14 metros.

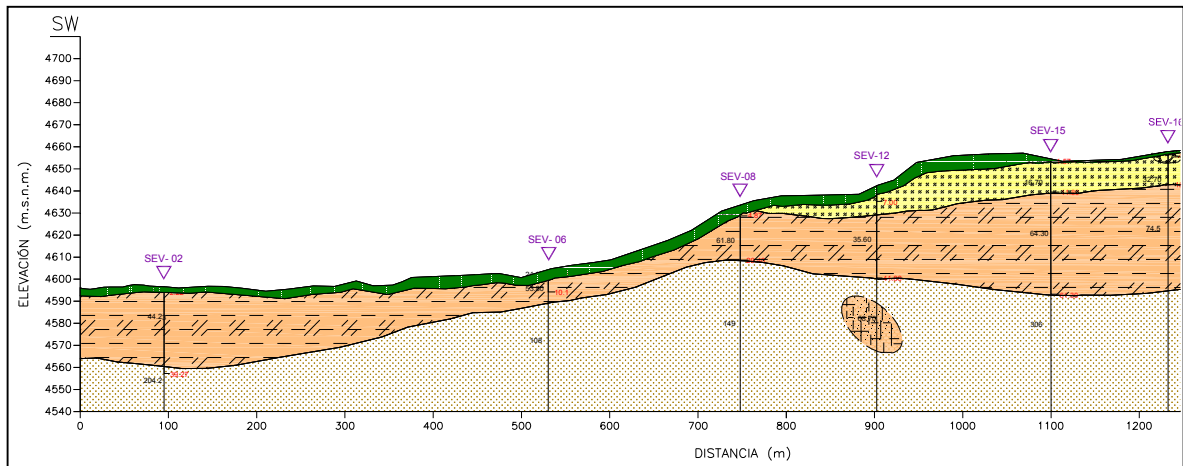
TERCER ESTRATO. - Este se caracteriza por tener resistividades que van de los 28 a 95 ohmios metros, el cual se le ha tipificado como roca alterada y fracturada este podría presentar agua entre sus fracturas, otro motivo de estas resistividades podría deberse a la presencia de minerales disueltos en agua inmersos entre sus fracturas, presenta espesores de 10 metros en zonas bajas y 50 metros en las partes altas.

CUARTO ESTRATO. -Este estrato presenta resistividades más altas, mayores a 110 ohmio metro en relación con los anteriores estratos, lo cual nos indicaría la presencia de roca poco fracturada. El techo de este estrato presenta profundidades que van de 15 a 70 metros.

3.3.5. SECCIONES GEORESISTIVAS

En la Ilustración N° 04 se puede observar 3 secciones georesistivas previstas en la zona de interés y dichos estratos geoelectricos que fueron correlacionados con la geología local se describen a continuación:

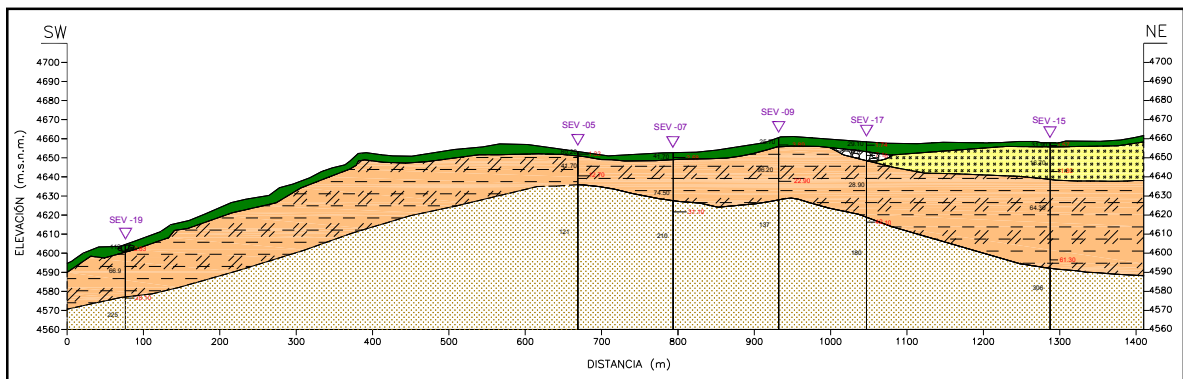
SECCIÓN GEORESISTIVA A-A'. - Esta sección presenta 4 estratos bien definidos, el estrato más superficial que presenta materiales de cobertura, suelos expuestos a intemperismo, presenta resistividades bajas y variables que van desde los 25 hasta los 110 ohmio metro, presenta espesores de 1 a 3 metros, los sondajes usados para modelar esta sección son SEV-02, SEV-06, SEV-08, SEV-12, SEV-15 y SEV-16. El segundo estrato se le ha tipificado como materiales morrénicos, presenta resistividades que van de 16 ha 80 ohmio metro y espesores variables entre 3 y 10 metros. El tercer estrato podría tratarse de materiales rocosos andesíticos alterados y fracturados, tiene resistividades que van desde los 30 hasta los 70 ohmio metro y espesores entre 10 y 50 metros. El cuarto y último estrato presenta resistividades mínimas de 110 y máximas de 300 ohmio metro, lo que nos indica que podría tratarse de materiales rocosos andesítico poco fracturados.



Fuente: El Autor. 2017.

Figura 2: Sección geoelectrica A-A'

SECCIÓN GEORESISTIVA B-B'. - Esta sección presenta 4 estratos muy similares a la sección anterior, los sondajes utilizados para su modelado son SEV-05, SEV-07, SEV-09, SEV-15, SEV-17 y SEV-19 como se aprecia en la Ilustración N° 05. El primer estrato consta de materiales de cobertura y sedimentos expuestos a intemperismo, presenta resistividades que van de los 28 a los 112 ohmio metro y espesores entre 1.3 y 2.8 metros. El segundo estrato muy similar al anterior consta de sedimentos morrénicos presenta resistividades bajas 17 ohmio metro y un espesor promedió de 10 metros.

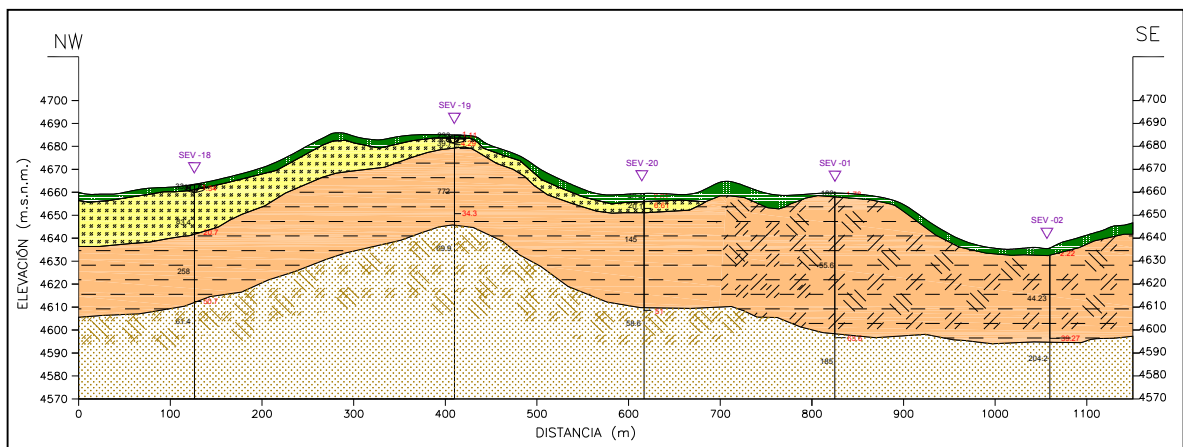


Fuente: El Autor. 2017.

Figura 3: Sección geoelectrica B-B'

El tercer estrato presenta un rango de resistividades que va de los 28 a los 96 ohmio metro y un espesor aproximado entre 11 y 50 metros, este estrato se le ha tipificado como materiales rocosos andesíticos fracturados y alterados propios de una actividad tectónica intensa. El último estrato está tipificado como materiales andesíticos rocosos poco fracturados, presenta resistividades de 120 a 300 ohmio metro y se encuentra a una profundidad aproximada de 60 metros en su parte más baja y 12 metros en la zona más elevada.

SECCIÓN GEOELÉCTRICA C-C'- Esta sección presenta 4 estratos, y está conformada por los sondajes (SEV-01, SEV-02, SEV-18, SEV-19, y SEV-20) como se aprecia en la Ilustración N° 04. El primer estrato presenta resistividades muy variables que van desde las decenas de ohmio metro hasta las centenas, propios de suelos intemperados, presenta espesores pequeños entre 1 y 3 metros. El segundo estrato presenta un rango de resistividades de 20 y 80 ohmio metro, que al correlacionar con la geología de la zona nos indicaría sedimentos morrénicos, presenta espesores variables entre 5 y 20 metros y aparece en su mayoría de casos en laderas. El tercer estrato presenta un rango de resistividades amplio que va desde 45 a 700 ohmio metro, esto probablemente a lineamientos producto del tectonismo presentes en la zona. El cuarto estrato al igual que el anterior presenta resistividades variables que van de 50 a 200 ohmio metro lo que nos indicaría una misma unidad litológica pero con diferente grado de fracturación.



Fuente: El Autor. 2017.

Figura 4: Sección geoelectrica C-C'

3.4. INVENTARIO DE FUENTES DE AGUA

El objetivo del inventario fue determinar la cantidad y estado actual de las fuentes de agua subterránea, cuyo resultado permitirá conocer la situación física de éstos. El presente capítulo también se considera primordial para calcular la variación de los flujos de agua subterránea en el tiempo, así mismo permitirá la calibración de los modelos hidrogeológicos y determinación de zonas favorables para la explotación de aguas subterráneas.

Cabe recalcar que los piezómetros de monitoreo inventariados son los de interés para el estudio en el ámbito del proyecto, pudiendo ser estos piezómetros con fines geotécnicos, ingeniería de factibilidad e hidrogeológicos.

En el inventario realizado en agosto del 2012 se verificó 4 piezómetros propuestos por SVS (MS – 03, MS – 04, MS – 05, MS – 06); 3 pozos con fines de explotación (HP – INM – A, HP – INM – B, HP – INM – C), y 8 piezómetros geotécnicos - geomecánicos con fines de monitoreo (HG – INM - A, HG – INM - B, HG – INM - C, HG – INM - D, HG – INM - E, HG – INM - F, HG – INM - G, HG – INM – I) como se muestra en el Cuadro N° 5.1, donde se observa la finalidad o función que cumple cada pozo o piezómetro

Cuadro 6: Ubicación de pozos y piezómetros.

CÓDIGO	UBICACIÓN	TIPO	COORDENADAS UTM (WGS 84 - 18S)			INSTALACIÓN AÑO	DIAM. (pulg)	NIVELES DE AGUA				OBSERVACIONES
			ESTE (m)	NORTE (m)	COTA (m.s.n.m)			NIVEL FREÁTICO				
								Fecha de medición	N.F. (m)	Fecha de medición	N.F. (m)	
HP-INM-A	Veta Ángela	Producción	688,466	8,345,872	4580	2011	8	18/02/2012	12.85	31/07/2012	25.42	Pozo de Producción
HP-INM-B	Veta Ángela	Producción	688,944	8,346,525	4697	2011	8	18/02/2012	78.75	2/08/2012	66.9	Pozo de Producción
HP-INM-C	Veta Ángela	Producción	689,745	8,347,014	4699	2011	1.5	19/02/2012	1.75	1/08/2012	10.59	Pozo de Producción
HG-INM-A	Veta Ángela	Geotécnico y Geomecánico	688,472	8,345,866	4579	2011	PVC 2"	18/02/2012	13.32	31/07/2012	25.68	Piezómetro de observación
HG-INM-B	Veta Ángela	Geotécnico y Geomecánico	688,936	8,346,543	4695	2011	PVC 2"	18/02/2012	75.17	2/08/2012	63.81	Piezómetro de observación
HG-INM-C	Veta Ángela	Geotécnico y Geomecánico	689,736	8,347,022	4700	2011	PVC 1 1/2"	19/02/2012	2.27	1/08/2012	9.79	Piezómetro de observación
HG-INM-D	Deposito de desmonte	Geotécnico y Geomecánico	687,775	8,347,099	4369	2011	PVC 1 1/2"	18/02/2012	-	31/07/2012	9.79	Piezómetro de observación
HG-INM-E	Deposito de desmonte	Geotécnico y Geomecánico	687,931	8,346,931	4425	2011	PVC 1 1/2"	18/02/2012	29.68	1/08/2012	30.51	Piezómetro de observación
HG-INM-F	Presa de relaves	Geotécnico y Geomecánico	689,904	8,348,186	4508	2011	PVC 1 1/2"	20/02/2012	-	1/08/2012	17.01	Piezómetro de observación
HG-INM-G	Presa de relaves	Geotécnico y Geomecánico	689,303	8,347,940	4499	2011	PVC 1 1/2"	19/02/2012	-	31/07/2012	14.07	Piezómetro de observación
HG-INM-I	Presa de relaves	Geotécnico y Geomecánico	689,127	8,348,191	4462	2011	PVC 1 1/2"	19/02/2012	-	1/08/2012	0.1	Piezómetro de observación
MS-03	Salida de drenes subterráneos del Depósito de Relave	Monitoreo	688,740	8,348,228	4427	2012	4	-	-	1/08/2012	9.21	Piezómetro de observación
MS-04	Qda. Patari (Antes de su confluencia con Qda. Laguina)	Monitoreo	688,423	8,348,345	4425	2012	4	-	-	1/08/2012	28.98	Piezómetro de observación
MS-05	Qda. Patari (a 100 mts del Depósito de Desmonte)	Monitoreo	687,956	8,347,326	4370	2012	4	-	-	1/08/2012	1.68	Piezómetro de observación
MS-06	Salida de drenes subterráneos del Depósito de desmonte	Monitoreo	687,774	8,347,140	4360	2012	4	-	-	1/08/2012	17.18	Piezómetro de observación

Fuente: El Autor. 2017.

3.5. HIDROGEOQUÍMICA

La normatividad legal peruana en materia de calidad ambiental distingue dos instrumentos complementarios, los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) establecidos por el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. Los ECA establecen parámetros de concentraciones de elementos o sustancias que puede contener el agua sin afectar la calidad del recurso para determinados usos específicos como son: a) Poblacional y Recreacional b) Aguas para actividades marino costeras c) Aguas para riego de vegetales y bebida de animales y d) Aguas para la conservación del ambiente acuático. Estos constituyen los objetivos de calidad aplicables a los componentes del ambiente, ejm. aire ambiental, cuerpos de agua naturales, suelos, etc.

Se ha recopilado muestras de agua subterráneas en 5 puntos de monitoreo, que consta de 2 muestras en agosto del 2011 de 2 piezómetros de observación y 3 muestras en noviembre del 2011 (época seca) de pozos de prueba. Adicionalmente se recolecta 7 muestras de pozos y piezómetros en febrero del 2012 (época de lluvia) las que se incluye en este informe. Véase la Ilustración N° 06 y el Anexo N° II con el fin de conocer: la calidad del agua en cada punto de investigación, su evolución y variación en el tiempo; las 2 muestras de piezómetros de época seca (agosto 2011) fueron enviadas a J. Ramón laboratorio, las 3 muestras de pozos de prueba de la época seca (noviembre 2011) fueron enviadas a ALS laboratory y las 7 muestras de piezómetros y pozos (febrero 2012) época de lluvia fueron enviadas a J. Ramon laboratorio.

3.5.1. RECOLECCIÓN DE MUESTRAS DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

En cuanto a la recolección de muestras de agua subterránea, los puntos de control corresponden a los piezómetros DDH-INM-II-102 y DDH-INM-II-103, ubicados en la presa de relaves y presa de agua respectivamente, realizados en agosto del 2011; los pozos HP-INM-A, HP-INM-B, HP-INM-C ubicados en el componente minero veta Angela, realizados en noviembre del 2011, y adicionalmente se recolectó 7 muestras de pozos y piezómetros en febrero del 2012. La ubicación de las estaciones de control químico de agua subterránea se visualiza en la Ilustración N° 06. Las muestras recolectadas fueron enviadas a laboratorios de J. Ramón Perú SAC y ALS Laboratory (ver Anexo II). Los Cuadro 7, 8 y 9 muestran las ubicaciones de las estaciones de control químico para aguas subterráneas en las diferentes épocas estacionarias, así como la zona donde están ubicadas. Los Cuadros 10 y 11 muestran

los parámetros físico-químicos monitoreadas in situ.

Cuadro 7: Ubicación de los puntos de muestreo de agua subterránea-agosto del 2011.

CODIGO DE INVENTARIO FINAL	UBICACIÓN	COORDENADAS UTM WGS-84 - 18S		
		ESTE	NORTE	ALTITUD
		m	M	m.s.n.m.
DDH-INM-II-102	Parte baja de la presa de relave	689,317	8,348,097	4477
DDH-INM-II-503	Embalse de agua	688,338	8,347,714	4350

Fuente: El Autor. 2017.

Cuadro 8: Ubicación de puntos de muestreo de agua subterránea-noviembre del 2011.

CODIGO DE INVENTARIO FINAL	UBICACIÓN	COORDENADAS UTM WGS-84 - 18S		
		ESTE	NORTE	ALTITUD
		m	M	m.s.n.m.
HP-INM-A	Veta Angela	688,466	8,345,872	4580
HP-INM-B	Veta Angela	688,944	8,346,525	4697
HP-INM-C	Veta Angela	689,745	8,347,014	4699

Fuente: El Autor. 2017.

Cuadro 9: Ubicación de los puntos de muestreo de agua subterránea-febrero del 2012.

CODIGO DE INVENTARIO FINAL	UBICACIÓN	COORDENADAS UTM WGS-84 - 18S		
		ESTE	NORTE	ALTITUD
		m	m	m.s.n.m.
HP-INM-A	Veta Angela	688,466	8,345,872	4580
HP-INM-B	Veta Angela	688,944	8,346,525	4697
HP-INM-C	Veta Angela	689,745	8,347,014	4699
DDH-INM11-BD-203	Desmontera	687,931	8,346,931	4425
HG-INM-F	Presa de relaves	689,904	8,348,186	4508
HG-INM-G	Presa de relaves	689,303	8,347,940	4499
HG-INM-I	Presa de relaves	689,127	8,348,191	4462

Fuente: El Autor. 2017.

Cuadro 10: Parámetros físico-químicos de agua subterránea, agosto – noviembre 2011.

CODIGO DE INVENTARIO FINAL	FECHA DE MUESTREO	UBICACIÓN	COORDENADAS UTM WGS-84 - 18S			PARAMETROS FISICO-QUÍMICOS			
			ESTE	NORTE	ALTITUD	TEMP. AGUA	C.E.	T.D.S.	pH
			m	m	m.s.n.m.	(°C)	(µS)	(ppm)	-
DDH-INM-II-102	27/08/2011	Presa de relave	689,317	8,348,097	4477	8	395	322	8.69
DDH-INM-II-503	28/08/2011	Embalse de agua	688,338	8,347,714	4350	9.8	1592	1560	8.44
HP-INM-A	28/10/2011	Veta Angela	688,466	8,345,872	4580	11	253	182	8.12
HP-INM-B	14/11/2011	Veta Angela	688,944	8,346,525	4697	8.9	475	342	7.33
HP-INM-C	10/01/2011	Veta Angela	689,745	8,347,014	4699	7.9	282	229	8.34

Fuente: El Autor. 2017.

Cuadro 11: Resumen de parámetros físico-químicos de agua subterránea, febrero 2012.

CODIGO DE INVENTARIO FINAL	FECHA DE MUESTREO	UBICACIÓN	COORDENADAS UTM WGS-84 - 18S			PARAMETROS FISICO-QUÍMICOS			
			ESTE	NORTE	ALTITUD	TEMP. AGUA	C.E.	T.D.S.	pH
			m	m	m.s.n.m.	(°C)	(µS)	(ppm)	-
HP-INM-A	25/02/2012	Veta Ángela.	688,466	8,345,872	4580	7.2	452	127	9.4
HP-INM-B	26/02/2012	Veta Ángela.	688,944	8,346,525	4697	7.4	426	300	9.66
HP-INM-C	26/02/2012	Veta Ángela.	689,745	8,347,014	4699	8.6	350	156	9.8
DDH-INM11-BD-203	25/02/2012	Desmontera.	687,931	8,346,931	4425	10	290	198	8.39
HG-INM-F	28/02/2012	Presa Relaves.	689,904	8,348,186	4508	8.3	356	-	9.56
HG-INM-G	28/02/2012	Presa Relaves.	689,303	8,347,940	4499	7.8	362	227	9.64
HG-INM-I	28/02/2012	Presa Relaves.	689,127	8,348,191	4462	9.1	379	138	10.7

Fuente: El Autor. 2017.

3.5.2. RESULTADO DE ANÁLISIS QUÍMICOS DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

A. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

De los resultados obtenidos, para este parámetro, reporta que el piezómetro DDH-INM-II-503 muestreado en agosto del 2011 obtiene el más elevado con 1592 µs/cm. El valor más bajo se obtuvo en el pozo de prueba HP-INM-A con un valor de 253 µs/cm, en noviembre del 2011.

B. pH

De las muestras analizadas para este parámetro fisicoquímico, se ha obtenido el valor más elevado en el piezómetro HP-INM-I, con un valor de 10.70 unidades de pH, obtenido en el mes de febrero del 2012. El valor más bajo se obtuvo en el pozo de prueba HP-INM-A con un valor de 8.12 unidades de pH, obtenido en el mes de noviembre del 2011.

Las muestras obtenidas en el mes de agosto y noviembre del 2011 se encuentran dentro de los límites permisibles según los estándares de calidad Ambiental ECA 3, mientras que en la campaña de febrero del 2012 se observan que las muestras son de tipo básico ya que superan el ECA.

C. TOTAL DE SÓLIDOS DISUELTOS

De las muestras analizadas para este parámetro fisico-químico, se ha obtenido el valor más elevado en el piezómetro DDH-INM-II-503, con un valor de 1560 ppm, obtenido en el mes de agosto del 2011. El valor más bajo se obtuvo en el pozo de prueba HP-INM-A con un valor de 127 ppm, obtenido en el mes de febrero del 2012. Durante los tres monitoreos la tendencia de los valores de concentración del TDS es el descenso.

D. TEMPERATURA

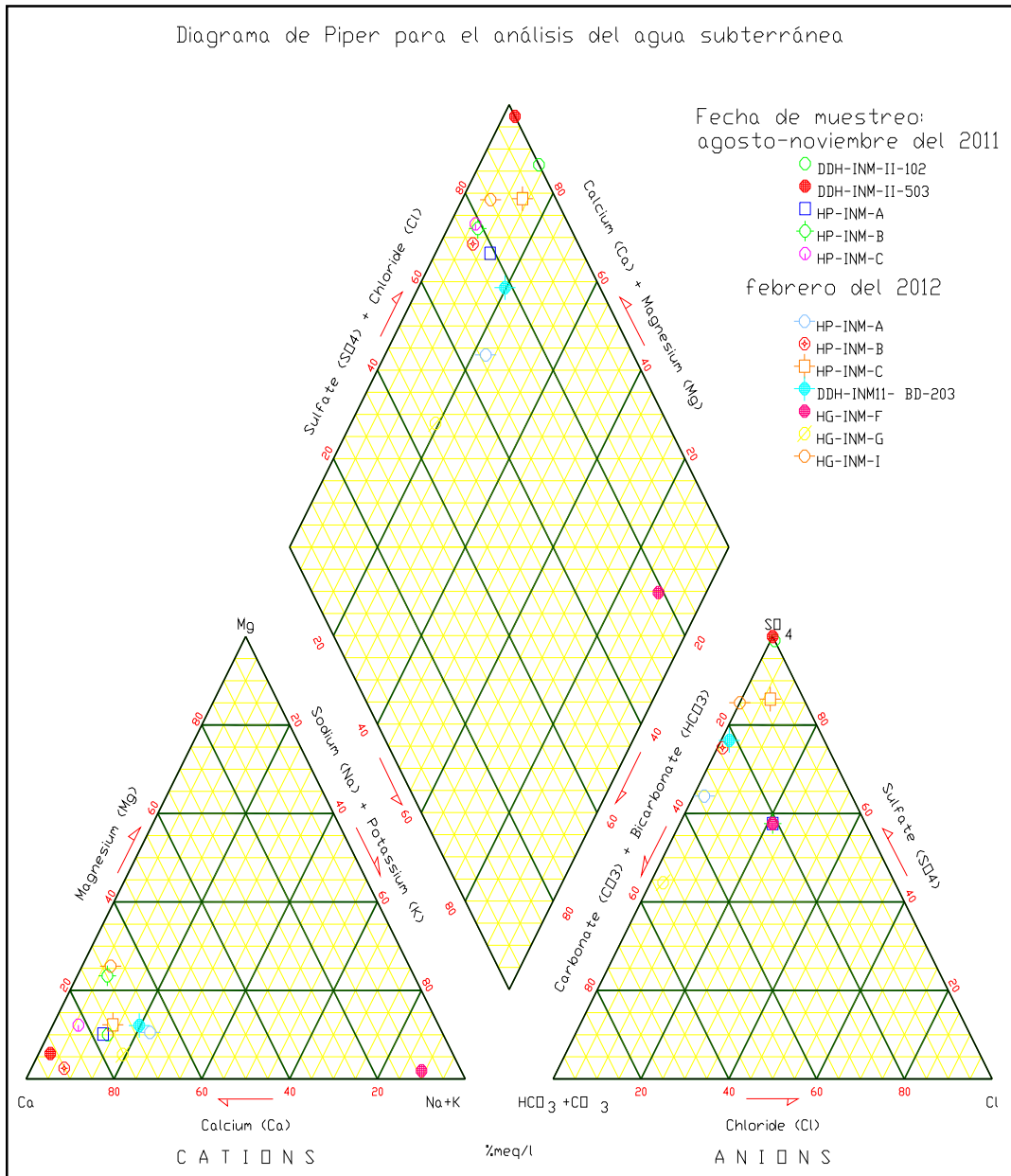
De los resultados obtenidos para este parámetro, muestran valores de temperatura muy semejantes tanto para los piezómetros de observación y pozos de prueba en las tres campañas de monitoreo; siendo el valor más elevado en el pozo HP-INM-A en el mes de noviembre del 2011 con 11.0 °C, mientras que el valor más bajo se registró también en el pozo de prueba HP-INM-A con 7.2 °C obtenido en el mes de febrero del 2012.

3.5.3. REPRESENTACIÓN GRÁFICA

La representación gráfica de los resultados de la hidroquímica, nos provee de información sobre la distribución de los elementos y su evolución espacial y temporal en el sistema hídrico, ayuda a caracterizar los acuíferos y definir problemas ambientales y planear la remediación.

A. DIAGRAMA DE PIPER

En la trayectoria de las aguas se puede observar la evolución química y así clarificar tendencias y relaciones entre muestras. Entre grupos de aguas se reconocen mezclas alineadas entre los 2 componentes iniciales o se puede reconocer la precipitación o disolución de alguna sal por el desplazamiento de muestras. El Diagrama de Piper detecta que todas las muestras pertenecen a la familia tipos Sulfatadas y/o Cloruradas – Cálcicas y/o Magnésicas.



Fuente: El Autor. 2017.

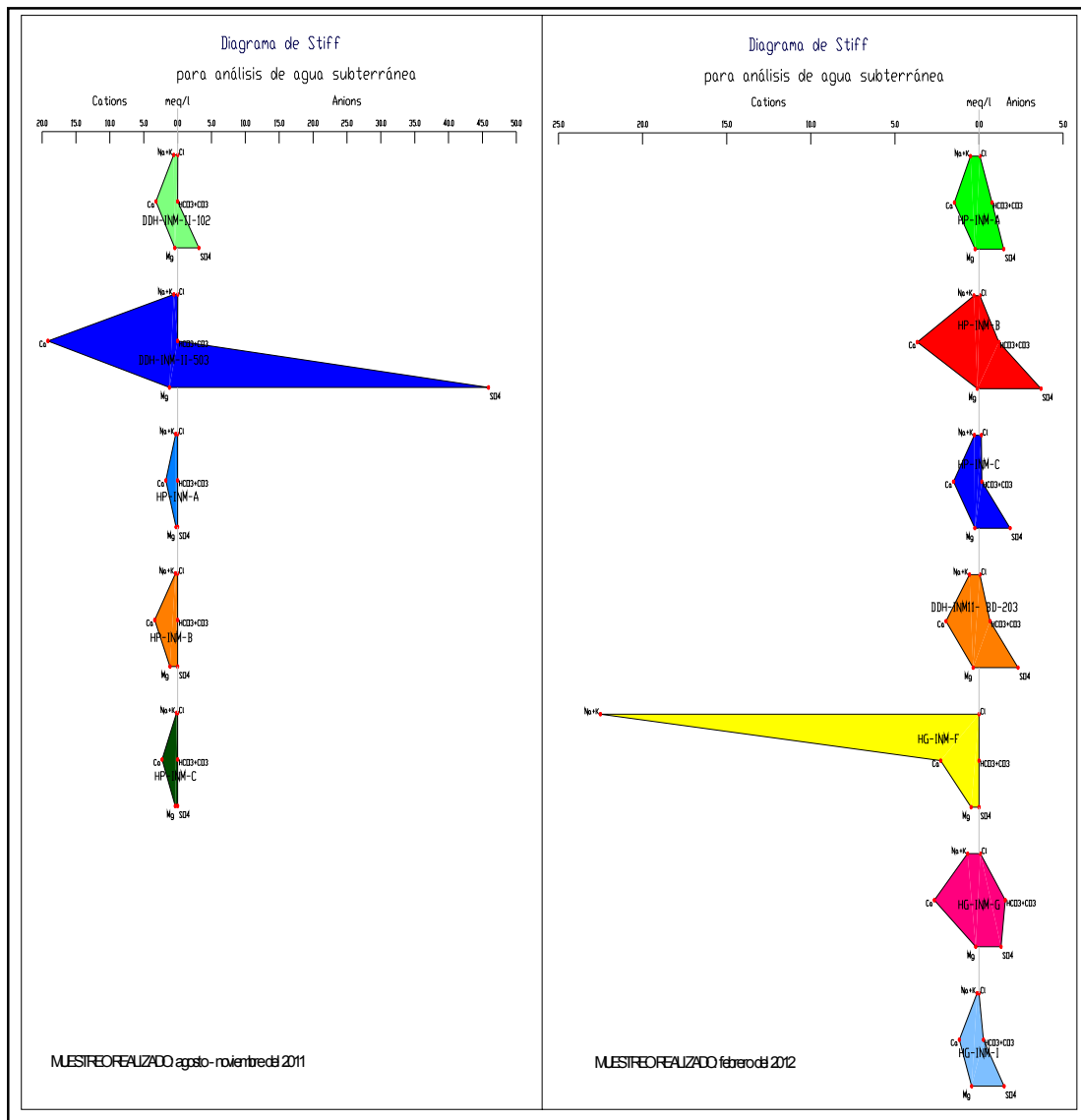
Figura 5: Diagrama de Piper.

B. DIAGRAMA DE STIFF

Un segundo tipo de presentación gráfica de la química es el diseño Stiff, un polígono que muestra los mili equivalentes por litro de los mayores cationes por la izquierda y de los aniones por la derecha. Mientras más lejos esté un punto del eje vertical cero, mayor la concentración del Ion y que mayor el área del polígono. Se puede agregar un cuarto eje horizontal abajo para otros iones. Los diagramas Stiff pueden ser presentados como numerosos polígonos pequeños distribuidos sobre un mapa, ejm. sobre cada pozo, manantial

u otro sitio de monitoreo, para dar una idea visual sobre la distribución de diferentes tipos de agua en el área.

En el Diagrama de Stiff de la Figura N° 9.6, realizado con los datos muestreados en agosto - noviembre del 2011, se observa en las muestras subterráneas que el anión predominante es el sulfato y el catión predominante es el calcio. Siendo el sulfato (SO_4^{2-}) un anión que se encuentra en casi todas las aguas naturales, la mayor parte de los compuestos sulfatados se originan a partir del contacto entre agua y roca, que contiene sales como sal Epsom (sulfato de magnesio), sal Glauber (sulfato de sodio) y yeso (sulfato de calcio) de las menas de sulfato.



Fuente: El Autor. 2017.

Figura 6: Diagrama de Stiff.

En el muestreo realizado en febrero del 2012, determinó que el anión predominante es el sulfato (SO_4^-). Tanto para los pozos HP-INM-B, HP-INM-C y los piezómetros DDH-INM11 BD-203, HG-INM-I y el catión predominante es el ión sodio-potasio ($\text{Na}+\text{K}$) para el piezómetro HG-INM-F. Los pozos HP-INM-A, HP-INM-B y HP-INM-C y piezómetros DDH-INM11-BD-203, HG-INM-G y HG-INM-I presentan como catión predominante al ión al calcio (Ca).

3.5.4. APTITUD DE LAS AGUAS PARA EL RIEGO

La calidad del agua para regadío depende de varios factores que se interrelacionan. En tal sentido, no todas las aguas son aptas para el riego, dependiendo su mayor o menor bondad, no sólo del contenido iónico en calidad y cantidad, sino de una serie de factores, como son entre otros: la permeabilidad del suelo, su pH, tipo de cultivos a implantar, características climatológicas, sistemas de riego, sales solubles del suelo, etc.

Se citarán las características más importantes, que sirven para establecer la calidad del agua para riego:

- Concentración de sales solubles (C.E.)
- Concentración relativa del sodio con respecto a otros cationes (R.A.S.).
- Concentración de boro y otros elementos contaminantes.
- Concentración de bicarbonato en relación con la suma de calcio y magnesio.

En el Perú, para efectuar la clasificación de aguas para riego, se emplea las normas establecidas por el Laboratorio de Salinidad de los Estados Unidos de Norte América, y las guías de interpretación de la calidad del agua para riego, de la FAO.

El procedimiento empleado por el U. S. Salinity Laboratory Staff de River-Side se basa en la concentración total de sales (C.E.) y el peligro de alcalinización del suelo (R.A.S.), resultando 16 categorías obtenidas de la combinación de las cuatro clases establecidas para cada una de estas variables.

A. CLASES DE AGUA SEGÚN LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

El agua de acuerdo a los valores de la conductividad eléctrica (C.E.) tiene una clasificación

específica, que fue determinada por Wilcox y que se muestra en el Cuadro 12.

Cuadro 12: Clasificación del agua para riego según Wilcox.

Calidad de Agua	Conductividad Eléctrica (mmhos/cm)
Excelente	< 0,25
Buena	0,25 - 0,75
Permisible	0,75 - 2,00
Dudoso	2,00 - 3,00
Inadecuado	> 3,00

Desde el punto de vista de la conductividad como aptitud para riego, se ha determinado mediante comparación gráfica (Figura 7) que las muestras son de baja conductividad a comparación de otros tipos de aguas, por ejemplo el agua de lagos y mares, de acuerdo a la clasificación de Wilcox el agua muestreada en agosto, noviembre del 2011 (época seca) y febrero 2012 (época de lluvia), está en el rango de “Buena” a “Permisible”, con una tendencia notablemente se “Buena” como se muestra también en el Cuadro 13.

B. CLASES DE AGUA SEGÚN EL RAS Y LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

El índice usado es la Relación de Absorción de Sodio (RAS) que expresa la relación entre los iones de Sodio y en relación con el Calcio y el Magnesio existente en el suelo.

RAS se define con la siguiente ecuación:

$$RAS = [C_{Na^+}] / [\sqrt{(C_{Ca^{2+}} + C_{Mg^{2+}})/2}]$$

(C) : concentración iónica en mol/m³

Na⁺ : Sodio.

Ca²⁺ : Calcio.

Mg²⁺ : Magnesio.

Se muestra en el Cuadro 13 el cálculo del RAS en los puntos de monitoreo de aguas subterráneas.

Cuadro 13: Clasificación del RAS – conductividad eléctrica.

Sample ID	Agosto - Noviembre del 2011					Febrero del 2012				
	RAS=	Conductividad (µs/cm)	Conductividad (mmhos/cm)	Calidad de agua según la C.E. (Wilcox)	Grupo	RAS=	Conductividad (µs/cm)	Conductividad (mmhos/cm)	Calidad de agua según la C.E. (Wilcox)	Grupo
HP-INM-A	0.28	253	0.253	BUENA	C1-S1	0.46	452	0.452	BUENA	C2-S1
HP-INM-B	0.22	475	0.475	BUENA	C2-S1	0.20	426	0.426	BUENA	C2-S1
HP-INM-C	0.09	282	0.282	BUENA	C2-S1	0.19	350	0.35	BUENA	C2-S1
DDH-INM-II-102	0.38	395	0.395	BUENA	C2-S1					
DDH-INM-II-503	0.16	1592	1.592	PERMISIBLE	C3-S1					
DDH-INM11- BD-203						0.50	290	0.29	BUENA	C2-S1
HG-INM-F						19.19	356	0.356	BUENA	C2-S3
HG-INM-G						0.42	362	0.362	BUENA	C2-S1
HG-INM-I						0.10	379	0.379	BUENA	C2-S1

Fuente: El Autor. 2017.

1. CRITERIO DE SALINIDAD

El grupo C1 son aguas con conductividad eléctrica entre 100 y 250 µs/cm, a este tipo de aguas se consideran de baja salinidad y es, por lo tanto, útil para el riego de cualquier cultivo y la mayoría de suelos.

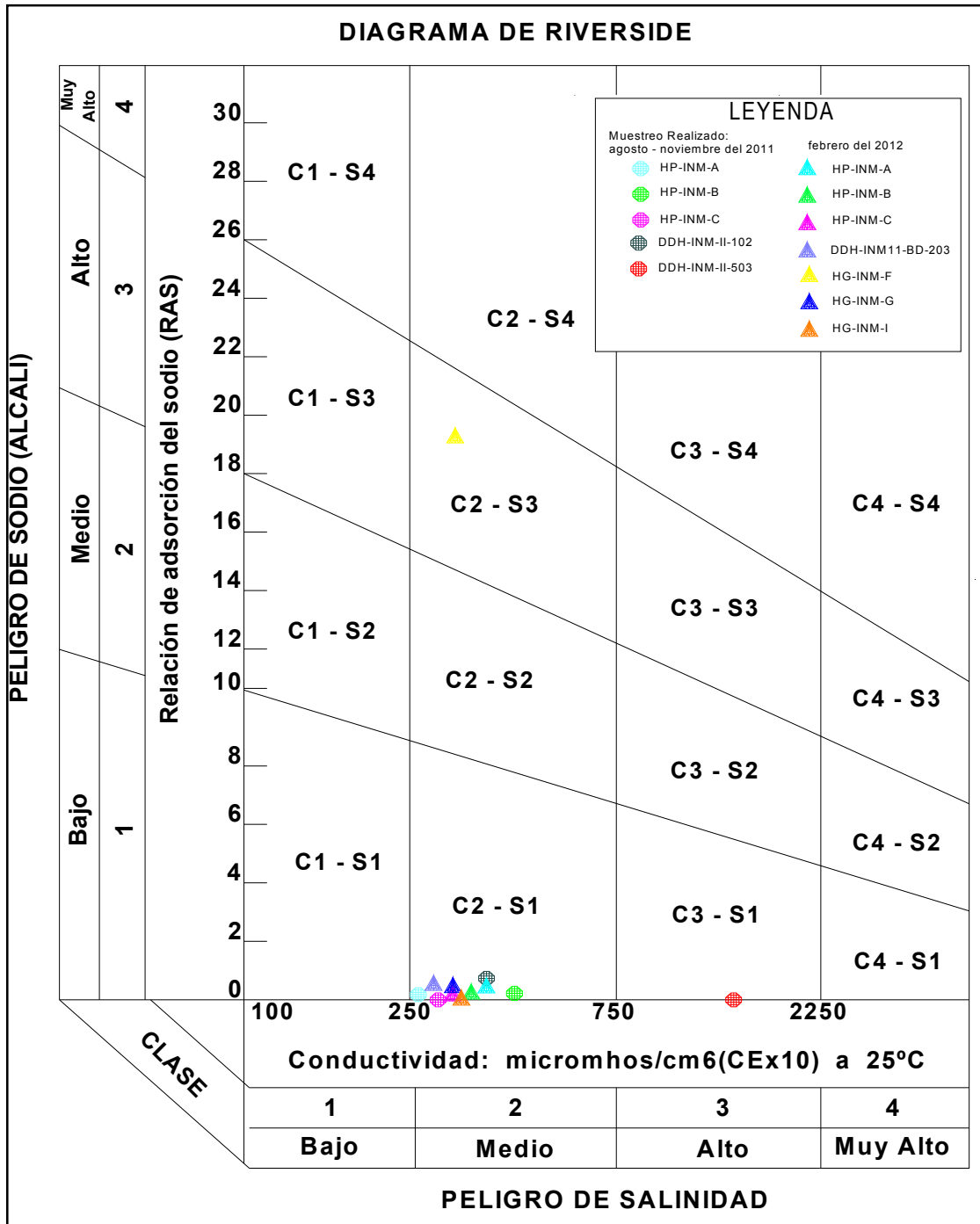
El grupo C2 son aguas con conductividad eléctrica entre 250 y 750 µs/cm, a este tipo de aguas se consideran de salinidad media y puede usarse para el riego de cultivos a condición de que exista cuando menos, un lavado moderado de los suelos por lluvia. En general según los resultados y la Figura 7, podemos decir, las muestras de agua subterránea pertenecen al grupo C2.

El grupo C3 son aguas con conductividad eléctrica entre 750 y 2250 µs/cm, este tipo de aguas se considera como “altamente salino” y sólo es aplicable a suelos con buen drenaje o cultivos altamente resistentes a las sales.

2. CRITERIO DEL RAS

El grupo S1 corresponde a aguas con valores de RAS 0 y 10 y tiene un bajo contenido de sodio y son útiles para el riego de la mayoría de suelos y cultivos, pertenecen a este grupo todos los puntos de monitoreo como se muestra en la Figura 7.

Por todos los cálculos realizados podemos indicar que el agua presenta buenas características para el uso Agrario, sin embargo, la única limitante es que este recurso ha tenido contacto con metales pesados como hierro y aluminio.



Fuente: El Autor. 2017.

Figura 7: Diagrama de Riverside para análisis de calidad de agua para riego.

3.5.5. COMPARACIÓN CON LOS ECA

El muestreo de agua subterránea se realizó en los meses de agosto y noviembre del 2011, febrero del 2012, con el fin de comparar datos y verificar resultados. En la temporada seca las aguas subterráneas son ligeramente básicas, debido a la concentración elevada de calcio, mostrando valores de pH mayores a 8, en muchos casos. Así mismo la concentración de hierro y manganeso superan en ocasiones el estándar de calidad de forma ligera.

3.6. HIDRÁULICA SUBTERRÁNEA

En todo estudio hidrogeológico, la ejecución de la hidráulica subterránea permitirá determinar las características hidráulicas y el funcionamiento del acuífero. Para determinar las características hidráulicas del acuífero, se ha empleado la técnica de evaluación mediante pruebas de bombeo en los pozos de prueba HP-INM-A, HP-INM-B y HP-INM-C los cuales se muestran en el Anexo III pruebas de inyección de agua (Lugeon, Lefranc carga constante y variable) de los pozos de monitoreo y geotécnicos, los registros de perforación diamantina en el Anexo I registros de perforación diamantina.

3.6.1. PARÁMETROS HIDRÁULICOS

Todo acuífero tiene doble función:

- Conducir o transmitir agua.
- Almacenarla, en ese sentido, el acuífero es evaluado por su capacidad de almacenamiento y la aptitud para transmitir agua, siendo por ello importante definir las características hidráulicas; que son determinadas por los parámetros hidráulicos siguientes:
 - Transmisividad (T).
 - Permeabilidad o conductividad hidráulica (K).
 - Coeficiente de almacenamiento (s).

3.6.2. PRUEBAS DE INYECCIÓN DE AGUA (LUGEON, LEFRANC)

La determinación de la permeabilidad se realizó mediante pruebas con adición de agua a los piezómetros, aplicando la metodología de Lugeon “prueba de packer” y Lefranc que son pruebas a carga constante y carga variable, estas pruebas fueron realizadas por Ausenco Vector a los piezómetros con fines geotécnicos DH_IN11-102 y DH_IN11-103, en los sondeos de monitoreo HG-INM-A, HG-INM-G, así como en los sondeos geomecánicos

AUS-INM-01, AUS-INM-02, AUS-INM-03, AUS-INM-04, AUS-INM-05, AUS-INM-06, se realizaron entre uno a cuatro pruebas en cada pozo de acuerdo a la litología y la disponibilidad del equipo.

Los resultados para el cálculo de permeabilidades y estimación de transmisividades en cada pozo a diferentes profundidades, así como el intervalo donde se efectuó el ensayo se resumen en el Anexo III.

Los valores de la media geométrica de la conductividad hidráulica en el suelo de las pruebas de Lugeon es de 4.3×10^{-1} m/d, y con rangos de 3.8×10^{-3} a 9.9×10^{-1} m/d. En roca, la conductividad hidráulica es de un orden de magnitud menor con un valor de media geométrica de 3.6×10^{-2} m/d y rangos de 8.6×10^{-4} a 2.6×10^{-1} m/d, con una aparente relación entre el grado de fracturamiento reportado y la conductividad hidráulica.

3.6.3. PRUEBAS DE BOMBEO

Se realizaron pruebas hidráulicas de bombeo, en los pozos HP-INM-A, HP-INM-B, HP-INM-C, con la finalidad de estimar los parámetros hidrogeológicos de las rocas que alojan al acuífero en el sector de la veta Ángela, siguiendo la metodología descrita en el Cuadro 14.

Cuadro 14: Permeabilidad a diferentes profundidades de los piezómetros.

Pozo	Método	Caudal (l/s) ^a	Duración (horas)
HP-INM-A	Prueba de caudal variable / recuperación	1.8, 3.6, 6.5, 8.8, 12.7	2,2,2,2 / 12
	Prueba de caudal constante ^b / recuperación	13, 65	48 / 65
HP-INM-B	Prueba Método Slug	No aplica	3 repeticiones
HP-INM-C	Pruebas de caudal constante ^c / Recuperación	1.0, 0.5	3, 11 / 14

Fuente: El Autor. 2017.

L/s = Litros/ segundo

^b Caudal bajo continuamente durante prueba

^c Se disminuyó el caudal después de 3 horas; prueba termina cuando fallo el motor de la bomba.

El resumen de los datos básicos de las pruebas de bombeo, que incluyen fecha de prueba, nivel de agua original, caudal bombeado, descenso final y cálculo de capacidad específico, se muestra en el Anexo III.

En el pozo HP-INM-A, la prueba de bombeo a caudal constante con una duración de 48:10 horas, con un caudal promedio de 13,65 L/s. El máximo descenso del nivel de agua se dio a los 2884 minutos luego de iniciado el bombeo y fue de 59.78 m. según datos manuales, el caudal específico después de 1 hora de bombeo fue de 0.28 L/s por metro de descenso.

El análisis de tendencia de los descensos en el pozo de bombeo según el método semi-logarítmico de Cooper y Jacob (1946) muestran una transmisividad de 15 m²/día. El análisis de tendencia de los datos de recuperación de Theis (1935) muestra una transmisividad de 12 m²/día. En base al análisis se estima una transmisividad operativa de 15 m²/d, una conductividad en un espesor acuífero saturado de solo 110 m. de 1×10^{-1} m/d, y un valor de almacenamiento de 8×10^{-4}

En el pozo HP-INM-B, se realizó la prueba por el método slug test, el cual precisa bombear a caudal alto el pozo durante un periodo de tiempo acortado para vaciar el pozo en forma casi instantánea y medir la recuperación del nivel de agua se realizó este procedimiento tres veces para obtener un valor medio, la duración de la etapa de bombeo en estas pruebas fue de 1 a 4 minutos, monitoreando por un periodo de 60 a 90 minutos.

El análisis de tendencia de los descensos en el pozo de bombeo según el método semi-logarítmico de Bouwer y Rice (1976) muestran valores de transmisividad para los tres ensayos entre 2,6 y 6 m²/día. En base al análisis se estima una transmisividad operativa de 4 m²/d, una conductividad en un espesor acuífero saturado de solo 26 m es de 2×10^{-1} m/d. No se calculó almacenamiento para estas pruebas.

En el pozo HP-INM-C, la prueba de bombeo a caudal constante tuvo una duración de 14:00 horas, con un caudal promedio de 0.64 L/s, se inició el bombeo con un caudal de bombeo de 1.0 L/s, se bajó el caudal a 0.5 L/s, se inició con la medición de la recuperación desde el minuto 180 que coincide con la paralización del motor (11 horas). El máximo descenso del nivel de agua en el pozo de bombeo se produjo a los 2884 minutos luego de iniciado el bombeo y fue de 59.78 m., el caudal específico calculado a base del caudal de 0.5 al final de bombeo fue de 0.01 L/s/m.

El análisis de tendencia de los descensos en el pozo de bombeo según el método semi-logarítmico de Cooper y Jacob (1946) muestran valores de transmisividad de 4×10^{-1} m²/d.

En base al análisis de tendencia mediante el método de recuperación de Theis (1935) arroja una transmisividad de 2×10^{-1} m/d. En base al análisis se estima una transmisividad operativa de 3×10^{-1} m²/d, una conductividad en un espesor acuífero saturado de solo 120 m. de 3×10^{-3} m/d.

Los resultados obtenidos de las pruebas hidráulicas de caudal constante y “slug-test”, dieron valores de conductividad hidráulica (parámetro que incorpora el espesor acuífero saturado penetrado por el pozo), para los tres pozos de prueba HP-INM-A, HP-INM-B muy parecidos de 1×10^{-1} y de 2×10^{-1} m/d, a diferencia del pozo HP-INM-C con un valor de 3×10^{-3} .

Estos resultados revelan que la conductividad hidráulica de las rocas en la parte sur y central de la veta Ángela son similares, la diferencia podría estar relacionada a la estructura geológica, por la presencia de una falla que cruza la veta Ángela cerca a la ubicación del pozo HP-INM-C, por lo tanto, la zona noreste de la falla incluida la zona de perforación (HP-INM-C), pueden tener propiedades distintas al de las rocas del lado suroeste. Del mismo modo esta variación puede estar expresada por la heterogeneidad de los sistemas acuíferos en roca fracturada debido a que el flujo y la conductividad hidráulica del acuífero, parecen estar controlados no solo por el tipo de roca y la alteración, también podría estar asociado a fallas locales. La complejidad del sistema acuífero, y la realizaron de solo tres pruebas de bombeo en la zona de la veta Ángela, no otorgarían gran confianza en las características para cualquier ubicación específica en esta zona.

3.6.4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

De acuerdo a la información de las pruebas realizadas a carga constante y carga variable, proporcionada por Ausenco, de los piezómetros DH_IN11-102 y DH_IN11-103, en los sondajes de monitoreo HG-INM-A, HG-INM-G, así como en los sondajes geomecánicos AUS-INM-01, AUS-INM-02, AUS-INM-03, AUS-INM-04, AUS-INM-05, AUS-INM-06, se ha calculado la permeabilidad a diferentes profundidades, en el Cuadro 15 se muestra las permeabilidades calculadas, estos valores han sido calculados de acuerdo a los datos entregados en hoja electrónica.

Cuadro 15: Permeabilidad a diferentes profundidades de los piezómetros.

Código	Prof. Total (m)	Ubicación	Inclinación (°)	Prueba N°	Profundidad Vertical (m)	Tipo de Prueba	Caudal Máximo (l/min)	Permeabilidad (K) (m/día)	Roca/Suelo
AUS-INM-01	356.1	Veta Ángela	-68	1	58.6 a 64.6	Lu		2.40E-02	roca
				2	270.3 a 278.3	Lu		8.30E-02	roca
				3	340.1 a 356.1	Lu		8.40E-02	roca
AUS-INM-02	402.5	Veta Ángela	-80	1	43.1 a 51.1	Lu		5.00E-02	roca
				2	128.7 a 136.7	Lu		1.40E-01	roca
				3	305.6 a 313.6	Lu		1.30E-02	roca
				4	394.5 a 402.5	Lu		1.10E-03	roca
AUS_INM-03	267.7	Veta Ángela	-69	1	252.5 a 267.7	Lu		7.10E-02	roca
AUS_INM-04	115	Veta Ángela	-75	1	109 a 115	Lu		1.10E-01	roca
AUS_INM-05	163.4	Veta Ángela	-68	1	155 a 163.4	Lu		1.10E-01	roca
AUS_INM-06	214	Veta Ángela	-80	1	170.1 a 178.1	Lu		8.60E-04	roca
				2	206.1 a 214.1	Lu		5.00E-03	roca
HG-INM-A	120	Botadero de Desmonte	90	1	43 a 52.3	Lu		1.10E-01	roca
				2	96.6 a 103.5	Lu		8.50E-02	roca
				3	113 a 120	Lu		2.80E-02	roca
HG-INM-B	110.9	Botadero de Desmonte	90	1	47.4 a 49.4	Lu		2.60E-01	roca
				2	102.9 a 110.9	Lu		1.70E-01	roca
HG-INM-C	70.5	Botadero de Desmonte	90	1	64 a 70.5	Lu		1.50E-02	roca
HG-INM-D	22	Botadero de Desmonte	90	1	19.5 a 22	LCC		1.90E+00	suelo
				2	19.5 a 22	LCC		9.90E-03	suelo
HG-INM-E	8.6	Botadero de Desmonte	90	1	5.6 a 8.6	LCC		1.70E+00	roca
HG-INM-E	19	Botadero de Desmonte	90	1	18 a 19	LCC		1.50E+00	roca
				2	18 a 19	LCC		2.30E+00	roca
HG-INM-E	19	Botadero de Desmonte	90	1	18 a 19	LCC		1.50E+00	roca
				2	18 a 19	LCC		2.30E+00	roca
HG-INM-E	19	Botadero de Desmonte	90	1	18 a 19	LCC		1.50E+00	roca
				2	18 a 19	LCC		2.30E+00	roca
HG-INM-E	19	Botadero de Desmonte	90	1	18 a 19	LCC		1.50E+00	roca
				2	18 a 19	LCC		2.30E+00	roca
HG-INM-E	19	Botadero de Desmonte	90	1	18 a 19	LCC		1.50E+00	roca
				2	18 a 19	LCC		2.30E+00	roca
DH_IN11-101	36.4	Presa de Relave		1	3 a 5.49	Le		2.60E-01	
				2	16.5 a 20	Le		6.40E-01	
				3	24.9 a 26.3	Le		1.50E-01	
				4	29 a 31	Le		1.40E-01	
				5	34.4 a 36.4	Le		1.50E-01	
DH_IN11-102	65.95	Presa de Relaves	90	1	3 a 5	LCC	2.68	3.30E-01	
				2	8 a 10.7	LCC	6.2	4.90E-01	
				3	15.05 a 16.55	LCC	11.83	1.30E+00	
				4	21 a 22.5	LCC	5.35	6.80E-01	
				5	25.6 a 27.1	LCC	5.86	7.20E-01	
				6	30.55 a 32.55	LCV	0.148	7.80E-01	

Código	Prof. Total	Ubicación	Inclinación	Prueba N°	Profundidad Vertical	Tipo de Prueba	Caudal Máximo	Permeabilidad (K)	Roca/Suelo
	(m)								
				7	39.75 a 41.75	LCC	11.53	5.10E-01	
				8	45.35 a 47.15	LCC	6.41	1.10E+00	
				9	49.65 a 52.65	LCC	19.4	2.30E+00	
				10	60.25 a 61.75	LCC	17.55	1.90E-02	
				11	66.85 a 70.85	LCV	0.22	3.2E-02	
DH_IN11-103	56.35	Presa de Relaves	90	1	2.35 a 3.35	LCV	0.05	5.20E-01	
				2	4.8 a 5.8	LCV	0.59	5.70E-01	
				3	7.8 a 11.8	LCC	1.03	5.40E-01	
				4	14.85 a 17.85	LCV	0.62	3.10E-02	
				5	21.3 a 25.3	LCC	1.38	7.30E-01	
				6	29.8 a 32.5	LCV	0.38	4.20E-02	
				7	36.2 a 40.2	LCC	1.35	3.70E-02	
				8	49.65 a 52.65	Le		1.10E+00	
				9	60.25 a 61.75	Le		2.30E+00	
DH_IN11-104	18.9	Presa de Relaves		1	4 a 5	Le		9.90E+00	
				2	7 a 8	Le		3.20E+00	
				3	9.5 a 12	Le		1.00E-01	
				4	18 a 18	Le		3.80E-03	
DH_IN11-105	43.8	Presa de AGUA		1	3 a 5.85	Le		1.20E+00	
				2	6.7 a 10	Le		1.00E+00	
				3	20.6 a 22.6	Le		1.00E-01	
				4	41.3 a 43.8	Le		2.20E-02	
DH_IN11-501	19	Presa de Agua		1	3.15 a 5.15	Le		3.60E+00	
				2	8 a 10	Le		3.00E-01	
DH_IN11-503	10.15	Presa de Agua		1	4.15 a 6.15	Le		2.00E+00	
				2	4.6 a 6.7	Le		1.30E+00	
				3	8 a 10.15	Le		8.20E-01	
				4	13.9 a 15.9	Le		2.20E-02	
DH_IN11-202	24.8	Botadero de Desmonte		1	4.5 a 6.1	Le		4.40E+00	
				2	4.6 a 6.7	Le		1.20E+00	
				3	24.1 a 24.8	Le		1.70E-01	
DH_IN11-105	43.8	Botadero de Desmonte		1	4.6 a 5.6	Le		1.40E+02	
				2	23.7 a 24.7	Le		2.40E+00	
				3	30 a 31	Le		2.20E+00	
				4	35.85 a 36.85	Le		2.10E+00	

Fuente: El Autor. 2017.

Lu: Lugeon

Le: LEFRANC

LCV: Lefranc Carga Variable

LCC: Lefranc Carga Constante

3.7. EL ACUÍFERO

Este capítulo contiene la descripción de las características hidrogeológicas del acuífero, en hidrogeología es necesario conocer con detalle las características asociadas a cada tipo de medio geológico.

El flujo del agua en el acuífero en la zona de estudio es en medio fisurado y detrítico, con dos sistemas de recarga, el primero producido por las precipitaciones estacionales y el

segundo por las infiltraciones producidas por los riachuelos y lagunas de las zonas altas, estas infiltraciones se dan a través de los materiales del cuaternario y zonas de rocas fracturadas que afloran en superficie y se conectan por sectores con el acuífero fracturado de roca andesita.

El reservorio acuífero en la zona de estudio se encuentra dividido en 2 zonas importantes; la primera de ellas constituida por el acuífero sub superficial (bofedales y material cuaternario) y el otro profundo formado por una zona fracturada de lava andesita y *debris flow* andesítico.

Para definir las características hidrogeológicas, límites, horizontes saturados, niveles de agua y características hidráulicas del acuífero, se elaboró secciones y mapas hidrogeológicos en base a la geología de la zona, geofísica realizada por los métodos de SEVs, perforaciones diamantinas.

3.7.1. GEOMETRÍA DEL RESERVORIO ACUÍFERO

A. FORMAS Y LÍMITES

La geometría del reservorio acuífero, está referido a las formas y límites que poseen un marcado control en el comportamiento del agua subterránea. En los acuíferos fracturados los macizos rocosos juegan un papel esencial, donde las discontinuidades (diaclasas, fallas, esquistosidad, juntas, planos de estratificación); al ser planos de debilidad del macizo que facilitan el almacenamiento y la circulación del agua, que actúan como drenes facilitando y acelerando el movimiento de las aguas las cuales generan caídas de carga hidráulica bruscas.

En época de lluvia la infiltración a través de los materiales del cuaternario es mayor lo que genera la recarga al acuífero fracturado. En la etapa de prospección geofísica (prospección eléctrica), se ha definido la forma y límites del acuífero en la zona del proyecto, debido a que se identificaron las potencias de los estratos cuaternarios, así como las rocas fracturadas, las mismas que fueron corroboradas con los registros del logeo de perforación.

Las secciones geoeléctricas han permitido definir los límites de los estratos del acuífero en sentido vertical, el primero formado por material superficial o cobertura, con espesores de 3 a 4 m en promedio, el segundo estrato está conformado por roca fracturada de tipo andesita, con un promedio variable de 7 a 25 m, conformado por el acuífero productor, y el último

estrato conformado por roca compacta del mismo tipo que el fracturado, no se ha determinado el espesor pero si a la profundidad a la que se encuentra que varía de 15 a 25 m.

3.7.2. EL MEDIO FRACTURADO

Basándose en los resultados de los estudios geológicos, geomorfológicos realizados para el presente estudio, así como del análisis de algunos perfiles litológicos de las perforaciones realizadas, ha sido posible determinar la litología del acuífero fisurado, conformado por: Depósitos Morrenicos (Qpl-mo) y Glaciofluviales, Rioita, Lava Andesítica, Debris Flow - Brechas Andesíticas

3.8. LA NAPA FREÁTICA

La perforación e instalación de piezómetros y pozos, permitieron determinar las propiedades hidráulicas del acuífero, así como la determinación del nivel freático dentro de la concesión minera, este nivel se determinó en época seca y húmeda del presente año 2012. En el **Cuadro N° 7.1** se puede observar el registro del nivel del agua subterránea en la zona de estudio. Los datos de los niveles de la napa freática se plasmaron en las secciones hidrogeológicas y en el mapa de hidroisohipsas, el mismo que podrá mostrar el comportamiento de la napa freática en la zona de estudio.

3.8.1. MORFOLOGÍA DE LA NAPA

Con el objeto de conocer en el área de estudio la forma de la superficie piezométrica del manto estudiado, así como seguir la evolución de las capas acuíferas subterráneas y, calcular las fluctuaciones de sus reservas, se elaboró el mapa de hidroisohipsas e isoprofundidad del nivel freático (Ver Ilustración N° 07) que se ha basado en las medidas de la profundidad del nivel del agua en reposo de piezómetros y pozos efectuados en el mes de febrero 2012 (época lluvia) acorde a los datos medidos que se muestran el Cuadro 16, cuyo análisis permitió calcular la altura de la superficie piezométrica en metros sobre el nivel del mar y determinar el gradiente hidráulico, trazar las líneas de corriente, determinar la dirección y sentido del movimiento de las aguas subterráneas.

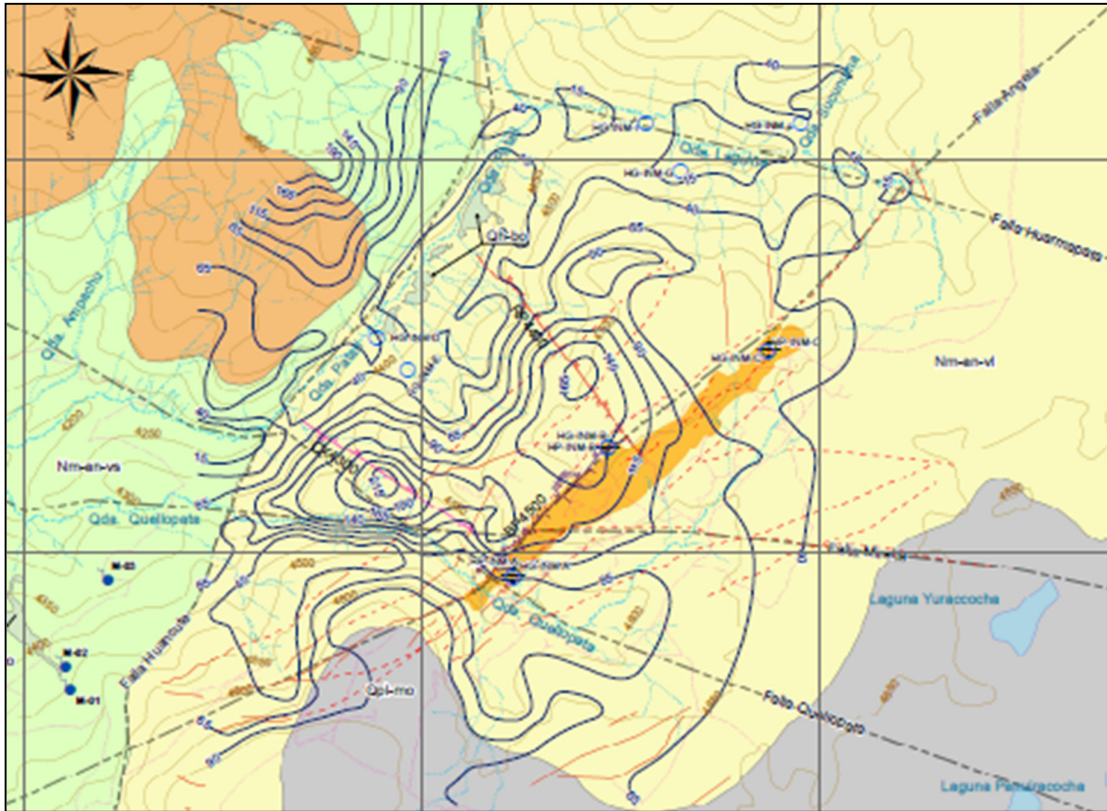
Cuadro 16: Medidas de la profundidad del nivel freático.

COD.	UBICACIÓN	COORDENADAS UTM (WGS 84 - 18S)			NIVELES DE AGUA			
		ESTE (m)	NORTE (m)	COTA (m.s.n.m)	NIVEL FREÁTICO			
					Fecha de medición	N.F. (m)	Fecha de medición	N.F. (m)
HP-INM-A	Veta Ángela	688466	8345872	4580	18/02/2012	12.85	31/07/2012	25.42
HP-INM-B	Veta Ángela	688944	8346525	4697	18/02/2012	78.75	02/08/2012	66.9
HP-INM-C	Veta Ángela	689745	8347014	4699	19/02/2012	1.75	01/08/2012	10.59
HG-INM-A	Veta Ángela	688472	8345866	4579	18/02/2012	13.32	31/07/2012	25.68
HG-INM-B	Veta Ángela	688936	8346543	4695	18/02/2012	75.17	02/08/2012	63.81
HG-INM-C	Veta Ángela	689736	8347022	4700	19/02/2012	2.27	01/08/2012	9.79
HG-INM-D	Deposito de desmonte	687775	8347099	4369	18/02/2012	-	31/07/2012	9.79
HG-INM-E	Deposito de desmonte	687931	8346931	4425	18/02/2012	29.68	01/08/2012	30.51
HG-INM-F	Presa de relaves	689904	8348186	4508	20/02/2012	-	01/08/2012	17.01
HG-INM-G	Presa de relaves	689303	8347940	4499	19/02/2012	-	31/07/2012	14.07
HG-INM-I	Presa de relaves	689127	8348191	4462	19/02/2012	-	01/08/2012	0.1
MS-03	Salida de drenes subterráneos del Depósito de Relave	688740	8348228	4427	-	-	01/08/2012	9.21
MS-04	Qda. Palarí (Antes de su confluencia con Qda. Laguiña)	688423	8348345	4425	-	-	01/08/2012	28.98
MS-05	Qda. Palarí (a 100 mts del Depósito de Desmonte)	687956	8347326	4370	-	-	01/08/2012	1.68
MS-06	Salida de drenes subterráneos del Depósito de desmonte	687774	8347140	4360	-	-	01/08/2012	17.18

Fuente: El Autor. 2017.

3.8.2. PROFUNDIDAD DEL TECHO DE LA NAPA

La profundidad del nivel freático en el área de estudio mayormente fluctúa entre 1.75 m en el pozo HP-INM-C y 78.95 m en el pozo HP-INM-B, ubicados en la veta angela, para la medición del mes de febrero del 2012 y 0.1 m para el piezómetro HG-INM-I y 66.9 m para el pozo HP-INM-B ubicados en la presa de relaves y la veta angela para la medición del mes de agosto del 2012, en el Cuadro 15 se presenta la profundidad de los niveles de agua en el proyecto, donde se observa la profundidad a la que se encuentra el agua subterránea para el mes de febrero y agosto del 2012, estos niveles han sido medidos en campo. Las isopropfundidades de la napa freática se muestran en la Ilustración N° 07 y en la Figura 8.



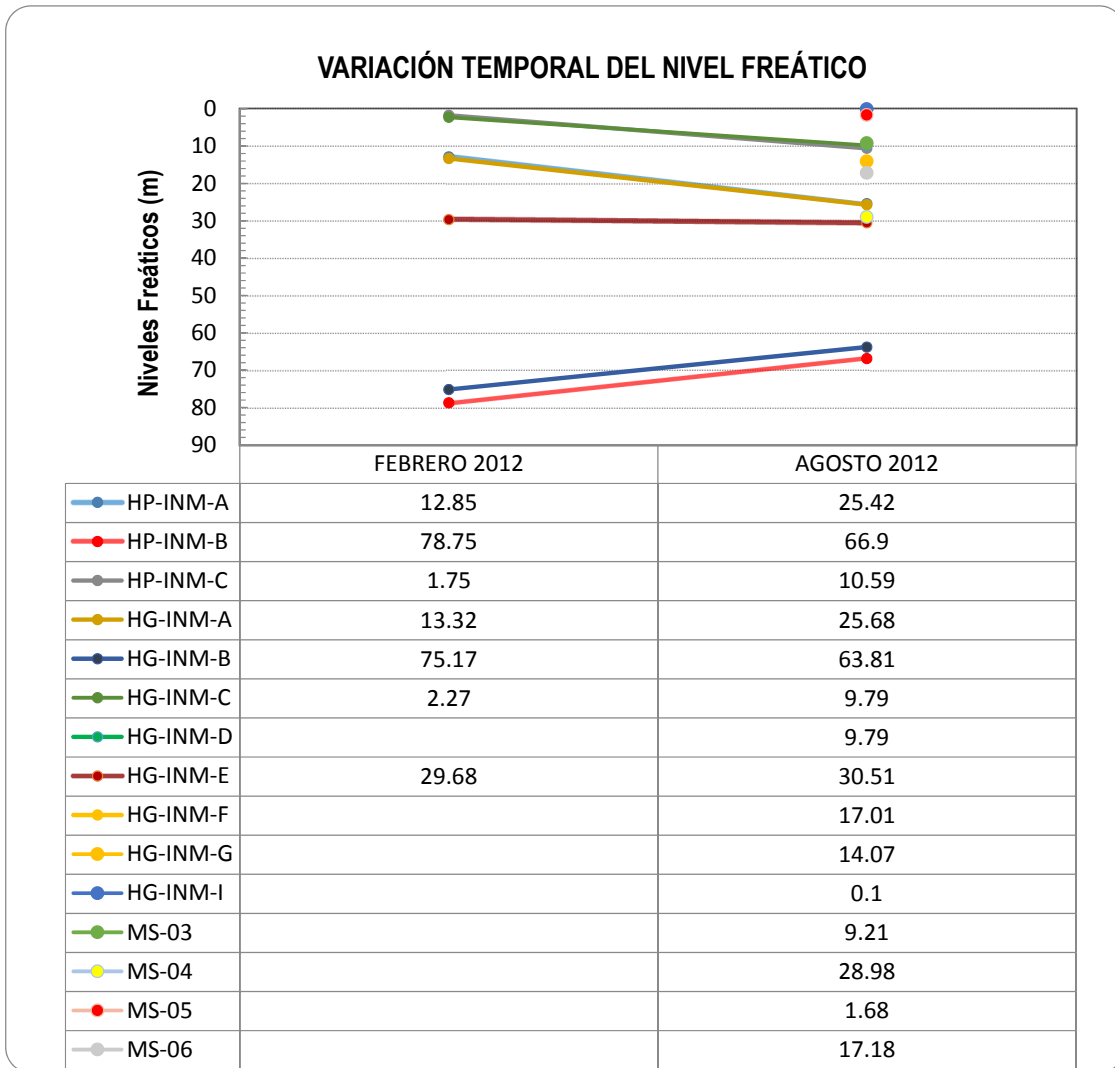
Fuente: El Autor. 2017.

Figura 8: Isoprofundidad de la napa freática.

3.8.3. FLUCTUACIONES DEL NIVEL FREÁTICO

Las variaciones de los niveles freáticos generalmente tienen comportamiento estacional, es decir, varían de acuerdo a la época del año, elevándose mayormente en los meses de verano debido principalmente a las precipitaciones mayores, en los meses de enero, febrero, marzo y abril, siendo los meses de mayor precipitación, sucediendo lo contrario en la época de menor precipitación donde el acuífero subterráneo va disminuyendo su recarga por efecto de las bajas precipitaciones en la zonas altas de las microcuencas.

Los niveles medidos en campo (ver Figura 9) e inferidos de las secciones hidrogeológicas representan el nivel estático en época de lluvia (mes de febrero) y en época seca (mes de agosto). De acuerdo a los resultados obtenidos en campo, se observa que los niveles freáticos del acuífero en medio poroso obedecen a cambios estacionales, quiere decir en época seca disminuye la napa, mientras que en acuíferos más profundos y en medios fracturados (ver data de piezómetros HG-INM-B y HP-INM-B) sucede lo contrario, sin embargo, estos valores deben ser monitoreados para comprender objetivamente dichos cambios de niveles.



Fuente: El Autor. 2017.

Figura 9: Variación temporal del nivel freático

3.9. ZONAS DE RECARGA Y DESCARGA

El relieve topográfico juega un papel importante en la recarga del acuífero, las áreas de las microcuencas Quellopata y Patari permite la recepción de las precipitaciones que ocurren en el área, estas son de 864.69 mm anuales que se encargan de alimentar anualmente al sistema acuífero mediante la infiltración del agua, a través de los suelos, fracturas y fallas, aunque es deficitario durante los meses de mayo, junio, julio, agosto, octubre, noviembre, y diciembre, sin embargo en los demás meses se incrementa, por otro proceso de recarga producido por los riachuelos de las quebradas: Yurack Cucho, Jarka Jarka Cucho, Patari, Ampachu, Quellopata, Chaguaya y Huamancute, y lagunas: Chontalajocha, Quellopata, Panuira, Yuracocha y Panuiracocha, presentes en estas microcuencas, a diferencia de las

precipitaciones el área de recarga de infiltración solo es por donde se encuentra el flujo de agua siendo menor a la infiltración que se da por las precipitaciones, esta recarga se da en los meses de estiaje. Es debido a este proceso de recarga natural, que existe una napa freática que aumenta su nivel freático por las precipitaciones producidas en época de lluvia y va disminuyendo lentamente en época de estiaje.

Una manifestación importante del proceso de descarga del agua subterránea, es la existencia de algunas zonas de humedad como manantiales y bofedales que en forma local indican la proximidad del nivel freático y es la descarga del mismo. Esta manifestación se presenta en la microcuenca Patarí con presencia de 3 bofedales siendo el caudal de descarga mínimo y en la microcuenca Quellopata con un manantial de código INM-19 con un caudal de 3.5 l/s.

La principal fuente de alimentación o de recarga del acuífero es:

- Agua proveniente de la infiltración producto de las precipitaciones.
- Agua proveniente de la infiltración de los riachuelos de las quebradas.
- Agua proveniente de la infiltración de las lagunas.

La zona de recarga y descarga del acuífero en la zona de estudio son las mismas quebradas existentes en la zona, tal y como se observa en el modelo conceptual construido para estos fines, ver Ilustración N° 09.

3.10. DIRECCIÓN DEL FLUJO SUBTERRÁNEO

La Ilustración N° 08 muestra las direcciones de flujo subterráneo. Se puede apreciar direcciones preferenciales con dirección a las quebradas principales como son Quellopata y Patarí, pero con la diferencia que se tiene direcciones preferenciales de flujo y de velocidades altas a lo largo de las zonas de falla o zonas de contacto geológico, como se observa en la zona de la veta Ángela.

El flujo del agua subterránea está controlado por el cerro Quellopata y Huarmapata para la microcuenca Patarí, donde se encuentran la mayoría de los componentes mineros, en la zona del depósito de topsoil las líneas de flujo tiene una dirección preferencial de sureste a noroeste, en la ubicación de la presa de relaves la dirección de flujo es de este a oeste, en la presa de agua la dirección de flujo es noreste a suroeste y el último componente ubicado en

descarga. El entendimiento del sistema permitirá tener conceptos claros si se desea migrar a un del Modelo Numérico.

La realización del modelo conceptual consta de varias actividades que en conjunto identifican las características hidrogeológicas del acuífero, creando una serie de hipótesis que reducen el problema y simplifican la realidad.

El modelo hidrogeológico conceptual identifica las condiciones de recarga (producida por las infiltraciones de las precipitaciones, riachuelos y lagunas) y descarga del agua subterránea, características de las rocas permeables e impermeables (tipos de acuífero), direcciones de flujo del agua subterránea, gradientes hidráulicos, transmisibilidad y capacidad de almacenamiento.

Para elaborar un modelo hidrogeológico se deben seguir las siguientes técnicas o métodos de ingeniería: geología, geofísica, hidrología, hidrogeología, perforación de pozos o piezómetros, hidráulica de captaciones de agua, hidrogeoquímica, el conjunto de estas técnicas o métodos es la recopilación de información existente, seguido de un procesamiento, análisis e interpretación de dicha información.

Los principales sistemas hidrogeológicos, se recargan fundamentalmente a partir de la infiltración de las precipitaciones, por aporte laterales de las unidades hidrogeológicas locales adyacentes y por infiltración de aguas a partir de los cauces superficiales.

Se tiene un sistema de recarga producto de la lluvia en la misma microcuenca. El trasvase de agua subterránea desde las microcuencas vecinas se realiza por fallas geológicas presentes en la zona.

Los estratos presentes en la zona de estudio nos han permitido opinar que se trata de un acuífero complejo, y que el modelo hidrogeológico y la utilidad del mismo será real luego de cumplir un programa de monitoreo y continuar con dicho programa para varios ciclos hidrológicos y poder tener una data confiable, y así poder ajustar y calibrar el modelo hidrogeológico en el tiempo.

3.11.1. IDENTIFICACIÓN DE UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS

La modelación de aguas subterráneas representa una aproximación de las características naturales y las observadas a un modelo matemático. El sistema de agua subterránea no se describe en detalle, sino como unidades con características similares. La capacidad de identificar las principales unidades hidrogeológicas es esencial en la conceptualización del sistema de aguas subterráneas y para elaborar el Modelo Hidrogeológico Conceptual. Las unidades hidrogeológicas se dividen en dos grupos, primero según las características de las formaciones geológicas y segundo de acuerdo a su comportamiento hidráulico, describimos a continuación los 2 grupos.

3.11.2. CARACTERÍSTICAS DE LAS FORMACIONES GEOLÓGICAS

ACUÍFERO: Son aquellas formaciones geológicas capaces de almacenar y transmitir agua, a través de poros o grietas, también se puede definir como una unidad permeable que puede producir agua en cantidades utilizables, acuíferos comunes son las unidades geológicas de arena no consolidada, grava o roca fracturada. En la zona de estudio se ha definido como acuífero a la zona fracturada que tiene espesores variables de acuerdo a las secciones hidrogeológicas elaboradas (ver Ilustraciones N° 02), la zona fracturada está conformada por roca andesita de la Formación Aniso.

ACUÍFUGO: Son aquellas formaciones geológicas incapaces de almacenar ni transmitir agua, son rocas de porosidad nula. Acuífugo comunes son las rocas compactas. En el área de estudio se ha definido como acuífugo a la roca andesita que se encuentra a diferentes profundidades de acuerdo a las secciones hidrogeológicas (ver Ilustraciones N° 02) la roca compacta está conformada por la roca andesita de la Formación Aniso.

3.11.3. COMPORTAMIENTO HIDRÁULICO

En el área de estudio, el análisis e interpretación de los parámetros hidrogeológicos como la conductividad hidráulica y la transmisividad son importantes también para la selección de la zona más favorable para la explotación de agua subterránea mediante pozos. De este modo la conductividad hidráulica intrínseca de la roca basal no fracturada es extremadamente baja. Sin embargo, cuando presenta fracturas, juntas o fallas, tiene la capacidad de transmitir agua subterránea y estos parámetros suelen incrementarse. En dos de los pozos sometidos a prueba en el sector de la veta Ángela, los valores de conductividad hidráulica fueron similares: 1×10^{-1} y 2×10^{-1} m/d. En el Pozo HP-INM-A se bombeó a un caudal mediano de 13,65 L/s

durante un tiempo de 48 horas, en tanto que en el otro se hicieron slug test, debido a que el descenso disponible era limitado. También se sometió a prueba de bombeo a un tercer pozo, pero el valor de su conductividad hidráulica fue mucho menor que el de los otros dos: 3×10^{-3} m/d.

Respecto al coeficiente de almacenamiento el pozo HP-INM-A era de 8×10^{-4} , cifra que es coherente con el rango esperado de valores en un acuífero de roca fracturada: 10^{-4} a 10^{-2} . No se dispone de mediciones relativas a coeficiente de almacenamiento en los suelos no consolidados en el área de estudio, aunque en tipos de suelo similares en otros lugares los valores típicos de coeficiente de almacenamiento varían entre 1×10^{-2} y 1×10^{-1} .

En 18 pruebas Lugeon, la conductividad de la roca basal varió en un rango de $8,6 \times 10^{-4}$ y $2,6 \times 10^{-1}$ m/d. El promedio geométrico es de $3,6 \times 10^{-2}$ m/d. En general, los mayores valores medidos de conductividad hidráulica correspondieron a las menores profundidades, y existe una cierta tendencia a que la conductividad disminuya con la profundidad. En los suelos no consolidados en el área de la cuenca Patarí, la conductividad es mayor que en la roca basal.

En cinco pruebas Lugeon realizadas en suelos por Montgomery & Associates y cuarenta y cinco realizadas por el grupo geotécnico de Ausenco, la conductividad hidráulica varió en un rango de $3,8 \times 10^{-3}$ y $9,9$ m/d. El promedio geométrico fue de $4,3 \times 10^{-1}$ m/d, cifra que es aproximadamente doce veces mayor que el promedio geométrico medido en roca basal.

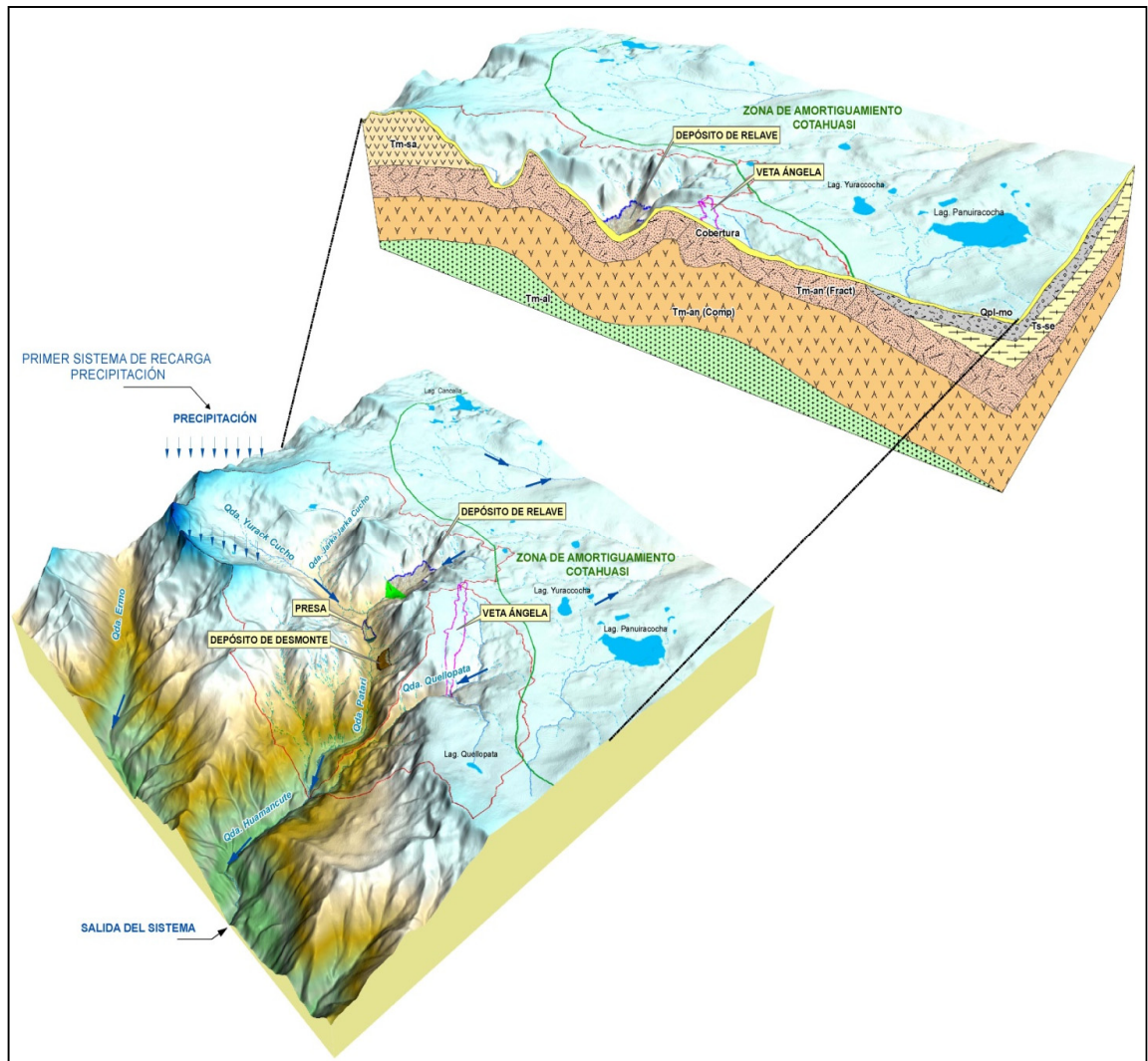
A ACUÍFERO LIBRE: También llamados no confinados o freáticos, son aquellos en los que el nivel superior de saturación se encuentra a presión atmosférica. A la superficie piezométrica de un acuífero libre se le denomina superficie freática, entre la superficie del terreno y el nivel freático se encuentra la zona no saturada.

El nivel freático define el límite de saturación del acuífero libre y coincide con la superficie piezométrica. Su posición no es fija, sino que varía en función de las épocas de lluvia y estiaje.

El estrato fracturado que se muestran en las Ilustraciones N° 02 del área de estudio se ha considerado como acuífero libre al estrato cuaternario que está en superficie.

B ACUÍFERO SEMICONFINADO: Corresponden a situaciones similares a las que presentan los acuíferos confinados con la particularidad de que el estrato confinante corresponde a un acuitardo, en lugar de un acuífugo o acuícludo. Los acuíferos semiconfinados pueden recibir una cierta recarga o perder agua del techo o de la base, permitiendo la filtración vertical del agua.

En la zona de estudio se ha identificado acuíferos semiconfinados, a las formaciones geológicas del macizo rocoso fisurado ubicado debajo del estrato cuaternario, puesto que a mayor profundidad las rocas logran mayor dureza, finalmente. La Figura 11 se puede observar el modelo hidrogeológico conceptual y en la Ilustración N° 09 con mayor detalle.

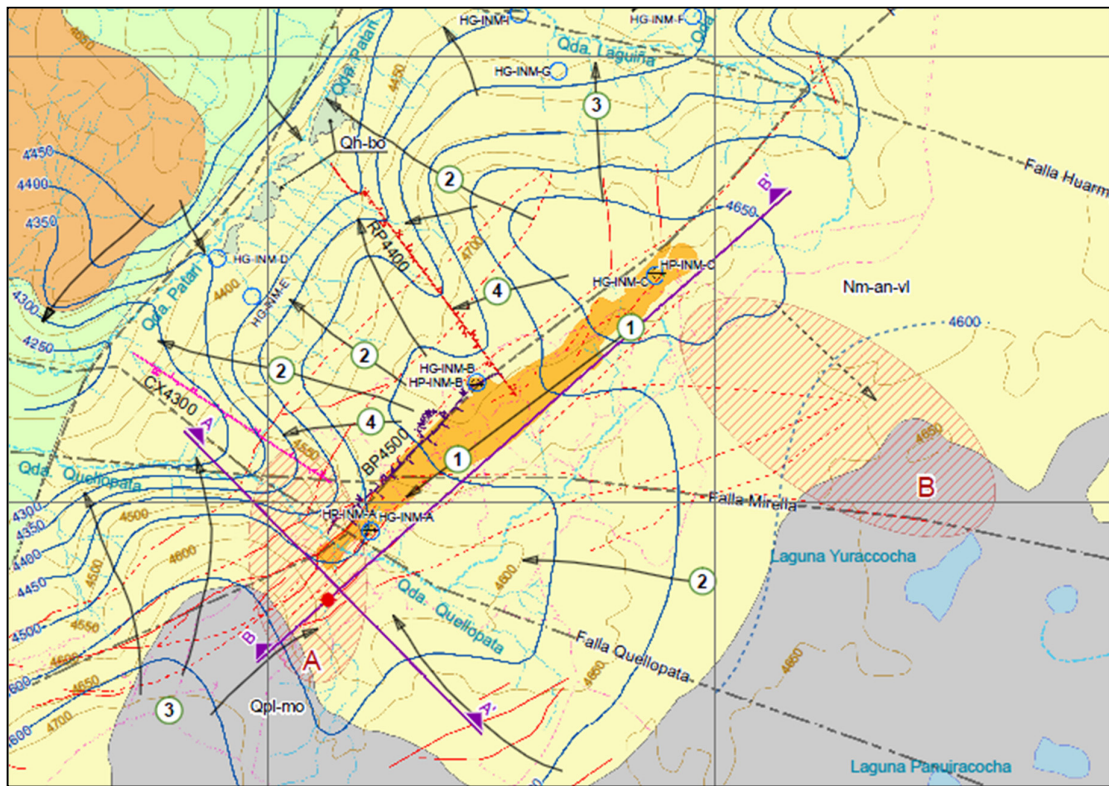


Fuente: El Autor. 2017.

Figura 11: Modelo hidrogeológico conceptual del área de estudio.

3.12. DETERMINACIÓN DE ZONAS FAVORABLES PARA LA EXPLOTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

Para seleccionar la zona de mayor interés cuanto a la explotación del recurso hídrico subterráneo, se determinó 2 zonas favorables para la explotación de agua del acuífero, la zona favorable A y la zona favorable B; la ubicación del pozo de prueba HP-INM-A está en la zona A y los pozos de prueba HP-INM-B, HP-INM-C se encuentran ubicados en la zona favorable B. El Cuadro 17 muestra las características técnicas de perforación e instalación de los pozos de prueba, y la Figura 12 se muestra la ubicación geográfica distribuida según la zona favorable.



Fuente: El Autor. 2017.

Figura 12: Ubicación de zonas favorables y pozos de prueba.

La Ilustración N° 10 muestra hasta tres zonas favorables (Zona A, B y C) para la explotación de aguas subterráneas, sin embargo, considerando que la explotación de agua subterránea debe sustentarse mediante la recarga natural, la “Zona Favorable A” presenta mejores condiciones que las otras dos, debido a que la dirección de flujo se concentra en este sector, así como también, la existencia de fallas geológicas que atraviesan esta zona posee gran capacidad de conducir el agua subterránea.

Cuadro 17: Ubicación de pozos de prueba.

POZO	COORDENADAS (WGS-84)		COTA TERRENO m.s.n.m.	CAUDAL ESPERADO (l/s)	PERFORACIÓN			INSTALACIÓN			
	ESTE	NORTE			PROF.	TIPO	DIAM. (pulg)	LONG. T.F	DIAM. (pulg)	MATERIAL (Tubería)	TIPO (Filtro)
HP-INM-A	688466	8345872	4580	8	132	Hidrog	14 3/4", 11 3/4", 9 3/4"	131.2	16 ; 8	acero al carbono	schedule 40
HP-INM-B	688944	8346525	4697	4	130	Hidrog	14 3/4"	123.2	16 ; 8	acero al carbono	schedule 40
HP-INM-C	689745	8347014	4699	4	152	Hidrog	14 3/4", 11 3/4", 9 3/4"	142	16 ; 8	acero al carbono	schedule 40

T.F: Tubería Filtro

3.13. ANÁLISIS DE IMPACTOS AMBIENTALES

La explotación de un acuífero mediante un pozo tubular debe ser realizado de manera responsable, acorde a los resultados de las investigaciones hidrogeológicas, así como también, el entorno socioeconómico de las poblaciones que poseen fuentes de agua que tienen relación directa con el acuífero en explotación. De este modo, se evitará que otros beneficiarios tengan problemas de escasez hídrica.

Basados en el análisis e interpretación de los resultados de las pruebas de bombeo en el Pozo HP-INM-A, donde se bombeó a un caudal mediano de 13,65 l/s durante un tiempo de 48 horas, y la comparación de los caudales base de las microcuencas Patarí (47.3 l/s) y Quellopata (23.9 l/s); el caudal de explotación sugerido (estimado en 8 l/s), no generará impactos negativos significativos a la cabecera de cuenca Patarí y Quellopata, tales como una disminución notable de agua en la temporada seca en las quebradas en mención, o a otros cuerpos de agua como lagunas o manantiales, por encontrarse alejados de la zona de explotación propuesta de agua subterránea (mayor a 6 km en dirección recta a las lagunas Panuiracocha y Yuracocha).

Así mismo, es importante mencionar que en la cabecera de cuenca no existen centros poblados, que demanden fuentes de agua para consumo humano; por otro lado, el uso de agua para bebida de animales y riego de cultivos, es proporcionada por la lluvia directa, quebradas y bofedales formados a partir de flujos superficiales y subsuperficiales; por tanto, estas actividades no se verían afectadas por la operación del pozo propuesto HP-INM-A.

IV CONCLUSIONES

1. En base a las investigaciones hidrogeológicas de campo y el análisis de las interpretaciones de los resultados de las perforaciones, ensayos hidrodinámicos y los parámetros que gobiernan el comportamiento del agua subterránea en un medio fisurado, se ha logrado caracterizar el acuífero de alta montaña de las microcuencas Patarí y Quellopata, donde se ha estimado que la tasa sostenible de aprovechamiento es de 8 l/s, el cual no generaría impactos negativos a la cabecera de cuenca, considerando que los caudales bases de dichas microcuencas son mayores en más de 200 % al caudal de explotación propuesto en la temporada de estiaje (temporada más crítica por las bajas precipitaciones). Así mismo, es importante mencionar que en la cabecera de cuenca no existen centros poblados, que demanden fuentes de agua para consumo humano; así también, el uso de agua para bebida de animales y riego de cultivos, es proporcionada por la lluvia directa, quebradas y bofedales formados a partir de flujos superficiales y subsuperficiales; por tanto, estas actividades no se verán afectadas por la operación del pozo propuesto HP-INM-A, el cual explotará el agua subterránea a una profundidad de 150 m.
2. De acuerdo con el modelo geológico, se identificó la geometría de 3 estratos litológicos bien diferenciados; el primero formado por material superficial o cobertura, con espesores de 3 a 4 m en promedio, el segundo estrato está conformado por roca fracturada de tipo andesita, con un promedio variable de 25 a 50 m, conformando el acuífero productor, y el último y tercer estrato está conformado por roca semicompacta del mismo tipo que el fracturado. De este último, no se ha determinado el espesor, pero sí la profundidad a la que se encuentra que varía entre 15 y 25 m. Cada uno de los 3 estratos litológicos identificados, cumplen una función hidrogeológica en el intercambio de agua y recarga al acuífero, en tal sentido han sido asignados como unidades hidrogeológicas.
3. Los parámetros hidrogeológicos que gobiernan el comportamiento del agua subterránea en las diferentes capas litológicas es la permeabilidad, transmisividad y el coeficiente de almacenamiento principalmente. Según los ensayos Lefranc a carga constantes ejecutados en los primeros 5 m de profundidad (DH_IN11-103, DH_IN11-105 y DH_IN11-501), la permeabilidad varía entre 0.52 m/día y 3.6 m/día. Por otro lado en el estrato identificado como saturado donde el material que lo contiene es roca fracturada con presencia de arena y finos, las permeabilidades varían entre 0.0038 m/día y 3.2

m/día; este último valor fue obtenido a una profundidad de 7 a 8 m en el piezómetro DH_IN11-104 en un estrato de roca fracturada; de esta manera se comprueba que tanto los materiales cuaternarios de cobertura como los materiales de rocas fracturadas pueden asemejarse en cuanto a los valores de permeabilidad. El tercer estrato es identificado como roca menos fracturada que el segundo estrato, por ende, presenta menores permeabilidades (entre 0.26 m/día y 0.00086 m/día); donde los menores valores se han determinado a mayores profundidades (mayores a 43 m). La transmisividad obtenida de los ensayos de bombeo varía entre 2 y 18 m²/día en los medios fisurados productores, mientras que, en los macizos compactos, la transmisividad es de 4×10^{-1} m²/día. Asimismo, el coeficiente de almacenamiento obtenido en el Pozo HP-INM-A es de 8×10^{-4} , el cual es un valor de referencia para el medio fisurado del acuífero.

4. De acuerdo al inventario de fuentes de agua, se concluye que los 4 piezómetros (MS – 03, MS – 04, MS – 05, MS – 06); 3 pozos exploratorios (HP – INM – A, HP – INM – B, HP – INM – C) y 8 piezómetros geotécnicos (HG – INM - A, HG – INM - B, HG – INM - C, HG – INM - D, HG – INM - E, HG – INM - F, HG – INM - G, HG – INM – I) se encuentran en buenas condiciones, y podrán ser considerados como parte de la red de monitoreo de nivel freático y muestreo de calidad de agua.
5. De acuerdo con el modelo hidrogeológico conceptual, se ha logrado definir el comportamiento hidrodinámico del agua subterránea y su interacción con el agua superficial, en este sentido, las microcuencas Quellopata y Patarí permite la recepción de las precipitaciones en el orden de 864.69 mm/año que recargan al sistema acuífero mediante la infiltración del agua, a través de los suelos, fracturas y fallas, y de manera deficitaria en la temporada de secano (mayo a diciembre). Por otro lado, las lagunas ubicadas en la parte alta de las microcuencas también juegan un papel importante en la recarga al acuífero, aunque en menor proporción. De esta manera la quebrada Quellopata posee un caudal base de 23.9 l/s y la quebrada Patarí de 47.3 l/s, valores obtenidos en la temporada seca y el mes de mayor sequía (octubre). Estos flujos de agua en la temporada seca demuestran que el acuífero fracturado, almacena agua y puede cederla a las quebradas manteniendo así un flujo permanente durante el año.
6. De acuerdo con la campaña geofísica (julio del 2012), donde se ejecutaron 20 SEVs, se elaboraron secciones y mapas geoelectrónicos, los que permitieron definir la geometría del acuífero en sectores donde no se ejecutaron taladros exploratorios. Los resultados de las

investigaciones geofísicas junto con la interpretación de logeos de los taladros, establecieron los límites, profundidades y espesores de las zonas permeables e impermeables del acuífero, estableciéndose dos zonas favorables de explotación de agua subterránea. En la “Zona Favorable A” se empleará el pozo HP-INM-A ubicado en la coordenada UTM WGS 84 Zona 18 Sur E: 688466; N: 8345872 y en la “Zona Favorable B” se emplearán los pozos HP-INM-B (E: 688944; N: 8346525) y HP-INM-C (E: 689745; N: 8347014). Es importante acotar que, la “Zona Favorable A” se proyecta como la mejor opción, de acuerdo a los resultados obtenidos de la prospección eléctrica donde se identificaron los mayores espesores de estrato saturado (25 m) y la interpretación de las pruebas de bombeo por tener mayor transmisividad (15 m²/d).

7. La calidad del agua subterránea se ha caracterizado a través de tres campañas de monitoreo con un total de 2 muestras tomadas en agosto 2011 y 3 muestras tomadas en noviembre 2011 (ambas tomadas en época seca), y 7 muestras tomadas en febrero 2012 (época lluvia). En cuanto a los parámetros fisicoquímicos, los pozos de prueba planteados (HP-INM-A, HP-INM-B, HP-INM-C) se caracterizan principalmente por los valores de pH, debido que en época seca los valores de pH están dentro del estándar ECA categoría 3, mientras que en época de lluvia los valores de pH superan el estándar ECA categoría 3; todo ello señala que las aguas contenidas en la veta Ángela pertenecen a un medio básico. Los valores de T.D.S presentan un decrecimiento con respecto a las 2 campañas de monitoreo (época seca y de lluvia) además presentan concentraciones de TSD muy bajos. Los valores de C.E no superan los ECA categoría 3 en las 2 campañas realizadas. Cuanto a la concentración de metales se tienen valores muy bajos estando por debajo del límite permitido, excepto el elemento hierro que en época de lluvia excede los estándares de calidad, en conclusión, el agua presente en las zonas favorables es de buena calidad según el ECA Categoría 3.

V RECOMENDACIONES

1. De acuerdo a las pruebas y ensayos realizados en el estudio, se determinó las zonas favorables para el aprovechamiento hídrico subterráneo las cuales se encuentran en la quebrada Quellopata, por lo que se recomienda seguir realizando con las investigaciones para futuras zonas favorables para el aprovechamiento hídrico subterráneo en la quebrada Patarí.
2. A fin de evaluar la probabilidad de que el pozo HP-INM-A pueda sostener 8 l/s durante un cierto período de años, se requiere un modelamiento numérico de agua subterránea que calibre los resultados del modelo con los resultados de la prueba de bombeo.
3. Se recomienda realizar pruebas de bombeo en el pozo HP-INM-A y de manera simultánea medir los cambios de flujo en la quebrada Quellopata para identificar su relación hidráulica y sistema de recarga.
4. A fin de evaluar la probabilidad de que el pozo HP-INM-A pueda sostener 8 l/s durante un cierto período de años, se requiere construir un modelo matemático y simular el flujo de agua subterránea en los escenarios de sequía hidrológica.
5. Se recomienda evaluar el consumo poblacional de las poblaciones aledañas, así como también del requerimiento hídrico de los cultivos y el consumo de animales, a fin de realizar un balance hídrico para determinar el déficit o el exceso de agua.

VI REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahmed; Ramaswamy; Abdin. 2008. Groundwater Dynamics in Hard Rocks Aquifers: Sustainable Management and Optimal Monitoring Network Design. Nueva Delhi, Springer. 265 p.
- M. Thangarajan. 2007. Groundwater: Resource Evaluation, Augmentation, Contamination, Restoration, Modeling and Management. 372 p.
- B.B.S. Singhal y R.P. Gupta, 2010. Applied Hydrogeology of Fractured Rocks. 13 p.
- Monreal, R. 2011. Metodología para la definición de unidades hidroestratigráficas: caso del acuífero del valle del río Yaqui, México. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana 63(1): 119-135.
- Montaña, J. Caracterización Hidrogeológica de Sistemas Fisurados Punta Espinillo (Uruguay). Consultado 18 ago. 2012. Disponible en
- Rushton, K. Groundwater 2003. Hydrology. Conceptual and Computational Models. West Sussex, Wiley. 433 p.
- Neven Kresic y Alex Mikszewski, 2013. Hydrogeological Conceptual Site Models. 70 p.
- LeGrand, H. E., 1954. Geology and Ground Water in the Statesville Area, North Carolina. North Carolina Department of Conservation and Development Bulletin 68, 68 pp.
- Detay, M., Poyet, P., Emsellem, Y., Bernardi A. and Aubrac, G. (1989). Development of the saprolite reservoir and its state of saturation: Influence on the hydrodynamic characteristics of drillings in crystalline basement (in French). C.R. Acad. Sci. Paris II, 309: 429-436.
- Taylor, R. and Howard, K. (2000). A tectono-geomorphic model of the hydrogeology of deeply weathered crystalline rock: Evidence from Uganda. Hydrogeology J., 8(3): 279-294.
- Wyns, R., Baltassat, J.M., Lachassagne, P., Legchenko, A., Vairon, J. and Mathieu, F. (2004). Application of SNMR soundings for groundwater reserves

mapping in weathered basement rocks (Brittany, France). *Bulletin de la Société Géologique de France*, 175(1): 21-34.

- Acworth, R.I. (1987). The development of crystalline basement aquifers in a tropical environment. *Quarterly Journal of Engineering Geology*, 20: 265-272.
- Houston, J.F.T. and Lewis, R.T. (1988). The Victoria Province drought relief project, II. Borehole yield relationships. *Groundwater*, 26(4): 418-426.
- Davis, S.N. and Turk, L.J. (1964) Optimum depth of wells in crystalline rocks. *Ground Water*, 2, 6-11.
- Wright, E.P. (1992) The hydrogeology of crystalline basement aquifers in Africa, in *The Hydrogeology of Crystalline Basement Aquifers in Africa* (eds E.P. Wright and W.G. Burgess), *Geol. Soc. Special Publ. No. 66*, The Geological Society, London, pp. 1-27.
- Lachassagne, P., Ahmed, S., Golaz, C., Maréchal, J.-C., Thiery, D., Touchard, F. and Wyns, R. (2001). A methodology for the mathematical modelling of hard rock aquifers at catchment scale based on the geological structure and the hydrogeological functioning of the aquifer. In: XXXI IAH Congress “New approaches characterizing groundwater flow”. “Hard Rock Hydrogeology” session, Munich, Germany, 10th-14th September 2001, Wöhnlich, S. Eds.’ AIHS: Munich, Germany, 2001.
- Wyns, R., Baltassat, J.M., Lachassagne, P., Legtchenko, A. and Vairon, J. (2004). Application of proton magnetic resonance soundings to groundwater reserves mapping in weathered basement rocks (Brittany, France). *Bulletin de la Société Géologique de France*, 175(1): 21-34.
- Blomqvist, R.G. (1990). Deep groundwaters in the crystalline basement of Finland, with implications for nuclear waste disposal studies. *Geologiska Foereningen i Stockholm Foerhandlingar*, 112(4): 369-374.
- Walker, D.D., Gylling, B., Strom, A. and Selroos, J.O. (2001). Hydrogeologic studies for nuclear-waste disposal in Sweden. *Hydrogeology Journal*, 9(5): 419-431.
- Pickens, J.F., Grisak, G.E., Avis, J.D., Belanger, D.W. and Thury, M. (1987). Analysis and interpretation of borehole hydraulic tests in deep boreholes:

Principles, model development, and applications. *Water Resour. Res.*, 23(7): 1341-1375.

- Lee, C.H. and Farmer, I. 1993. *Fluid Flow in Discontinuous Rocks*. Chapman and Hall, London, pp 169.
- Tsang YW, Witherspoon PA (1985) Effects of fracture roughness on fluid flow through a single deformable fracture, in *Mem. 17 of IAH, Tuscon*, pp. 683–94.
- Snow DT (1968b) Hydraulic character of fractured metamorphic rocks of the front-range and implications to the Rocky Mountain Arsenal Well, *Qr. of Colorado School of Mines, Denver* 63(1): 167–99.
- Carlsson A, Olsson T (1977) Variations in hydraulic conductivity in some Swedish rock types. *Proc. Ist Int. Symp. Rock Store, Stockholm*, pp. 301–7.
- Ernstson K, Kirsch R (2006a) Geoelectrical methods, in *Groundwater Geophysics—A tool for Hydrogeology*, (Kirsch R ed.), Springer, pp. 85–118.
- Koefoed O (1979) *Geosounding Principles, (1) Resistivity Sounding Measurements*, Elsevier, Amsterdam, p. 276.
- Bhattacharya PK, Patra HP (1968) *Direct current Geoelectric Sounding Principles and Interpretation* Elsevier, Amsterdam.

VII ANEXOS

ANEXO N° I REGISTROS DE PERFORACIÓN

1.1 REGISTRO DE PERFORACIÓN POZOS

1.2 REGISTRO DE PERFORACIÓN PIEZÓMETROS

1.3 REGISTRO DE PERFORACIÓN DIAMANTINA

ANEXO N° II REPORTE DE LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUA

ANEXO N° III PARÁMETROS HIDROGEOLÓGICOS DEL ACUÍFERO

ANEXO N° IV PLANOS

ANEXO N° I REGISTROS DE PERFORACIÓN

1.1 REGISTRO DE PERFORACIÓN POZOS

REGISTRO DE PERFORACION DE POZO HP-INM-A

SECTOR: Veta Ángela Coord. N 8345866.388
 ID SONDAJE: HP-INM-A Coord. E 688472.178
 OBSERVADOR : JRB, AM Cota 4578.859 FECHA : 04/09/2011

Profundidad (m)		Color Dominante	%Arcilla	Alteración	Limonitas (% y abundancia relativa)	Litología/ Tipo de roca: Descripción de la roca (Textura, etc.)	Otras observaciones importantes: agua, Zona de Falla, mineralización, reacción al ácido, etc.):
Desde	Hasta						
0	2	gris amarillento / gris claro	10	-	limonita	Gravas con arcilla y limos (material de relleno)	Relleno
2	6	gris claro / ceniza	-	-	limonita	Debris Flow Andesítica	Altamente meteorizada, se quiebra fácilmente a mano; capa sobrepuesta a otra capa de material meteorizado
6	10	gris amarillento / gris claro	-	-	limonita	Debris Flow Andesítica	Arena gravosa hasta 1.5 cm sub-angulosa a sub-redonda; altamente meteorizada con arcilla y limonita
10	16	gris claro	-	propilitica leve	clorita, calcita	Debris Flow Andesítica	Levemente meteorizada
16	22	gris claro a moderado	10	propilitica leve	-	Debris Flow Andesítica	Meteorizada, con aumento de finos
22	28	gris claro a moderado	<5	-	levemente oxidada	Debris Flow Andesítica	Levemente menos meteorizada del intervalo anterior
28	48	gris moderado con blanco, rojo y amarillo	-	propilitica moderada	oxidación moderada con menor limonita	Debris Flow Andesítica	Indicación de fracturamiento debido a distintos grados de molido de la muestra por la broca; Debris Flow Andesítica brechizada, con 5-10% cuarzo
48	58	gris moderado	-	propilitica moderada	oxidación moderada con menor limonita	Debris Flow Andesítica	muestras molidas a arena fina, sub-angulosa a sub-redonda con 20% cuarzo; 52-58 m muy difícil perforación, roca dura
58	72	gris moderado	-	propilitica moderada	oxidación moderada con menor limonita	Debris Flow Andesítica	arena y grava fina, sub-angulosa a sub-redonda con 20% cuarzo, de 60-68m se derrumbo arena y grava al pozo llenando varias metros
72	98	gris moderado	-	propilitica leve	limonita / oxidación	Debris Flow Andesítica	Presencia de magnetita
98	112	gris moderado a gris violáceo	-	propilitica leve		Debris Flow Andesítica (y andesita muy alterada?)	
112	116	gris moderado a oscuro	-	propilitica leve		Andesita	
116	128	gris moderado a gris violáceo	-	propilitica leve		Debris Flow Andesítica	Presencia de calcita, reacción al HCL muy fuerte.
128	130	gris oscuro	-	propilitica leve		Andesita	Venillas de calcita; reacción al HCl muy fuerte
130	132	gris oscuro a violácea	-	propilitica leve		Debris flow andesítica (y andesita muy alterada?)	

REGISTRO DE PERFORACIÓN DEL POZO HP-INM-B

SECTOR: Veta Ángela Coord. N 8346543.386
 ID SONDAJE: HP-INM-B Coord. E 688936.179
 OBSERVADOR: B. ORDONES Cota 4695.21

FECHA: 14/09/2010

Profundidad (m)		Color Dominante	%Arcilla	Alteración	Limonitas (% y abundancia relativa)	Litología/ Tipo de roca: Descripción de la roca (Textura, etc.)	Otras observaciones importantes: agua, Zona de Falla, mineralización, reacción al ácido, etc.):
Desde	Hasta						
0	5	Marrón rojizo	40	-	20	Gravas con arcilla y limos (material de relleno)	Con oxidación
5	15	Gris blanquecino	30	-	-	Debris Flow Andesítica	Presencia de pirita; reacción al HCl fuerte
15	22	Gris verdoso	45	propilítica	-	Andesita	Presencia de pirita; débil reacción al HCl
22	40	Gris verdoso oscuro	40	propilítica	-	Andesita	Presencia de pirita y oxidación leve; débil reacción al HCl
40	46	Gris verdoso	50	propilítica	-	Andesita	Presencia de pirita; reacción al HCl
46	64	Gris verdoso	20	propilítica	-	Andesita	Presencia de pirita; reacción al HCl
64	72	Gris verdoso	90	argilica / propilítica	-	Andesita	Presencia de pirita: reacciona al HCl, fuertemente alterado, posible zona de falla
72	80	Gris verdoso	70	propilítica	-	Andesita	Presencia de pirita; reacción al HCl
80	84	Gris claro y verdoso	50	argilica / propilítica	-	Andesita	Presencia de pirita; reacción al HCl
84	100	Gris verdoso	20	propilítica	-	Andesita	Presencia de pirita; reacción al HCl
100	110	Gris claro y verdoso	50	argilica / propilítica	-	Andesita	Presencia de pirita; reacción al HCl
110	114	-	-	-	-	-	Sin recuperación
114	116	Gris verdoso	20	propilítica	-	Andesita	Presencia de pirita; reacción al HCl
116	120	-	-	-	-	-	Sin recuperación
120	130	Gris verdoso	20	propilítica	-	Andesita	Presencia de pirita; reacción al HCl

REGISTRO DE PERFORACIÓN DE POZO HP-INM-C

SECTOR: Veta Ángela Coord. N 8347022.383

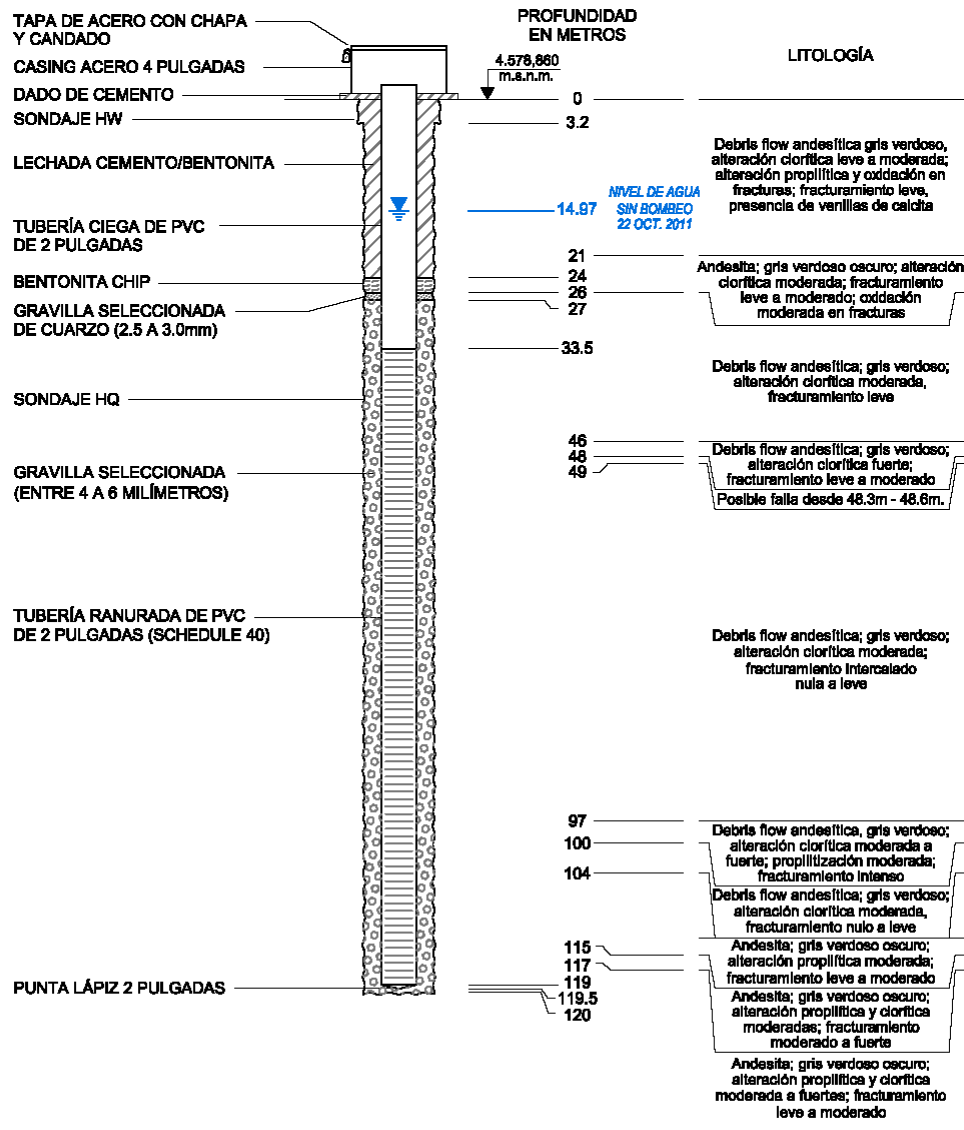
ID SONDAJE: HP-INM-C Coord. E 689736.178

OBSERVADOR : M&A Cota 4699.55

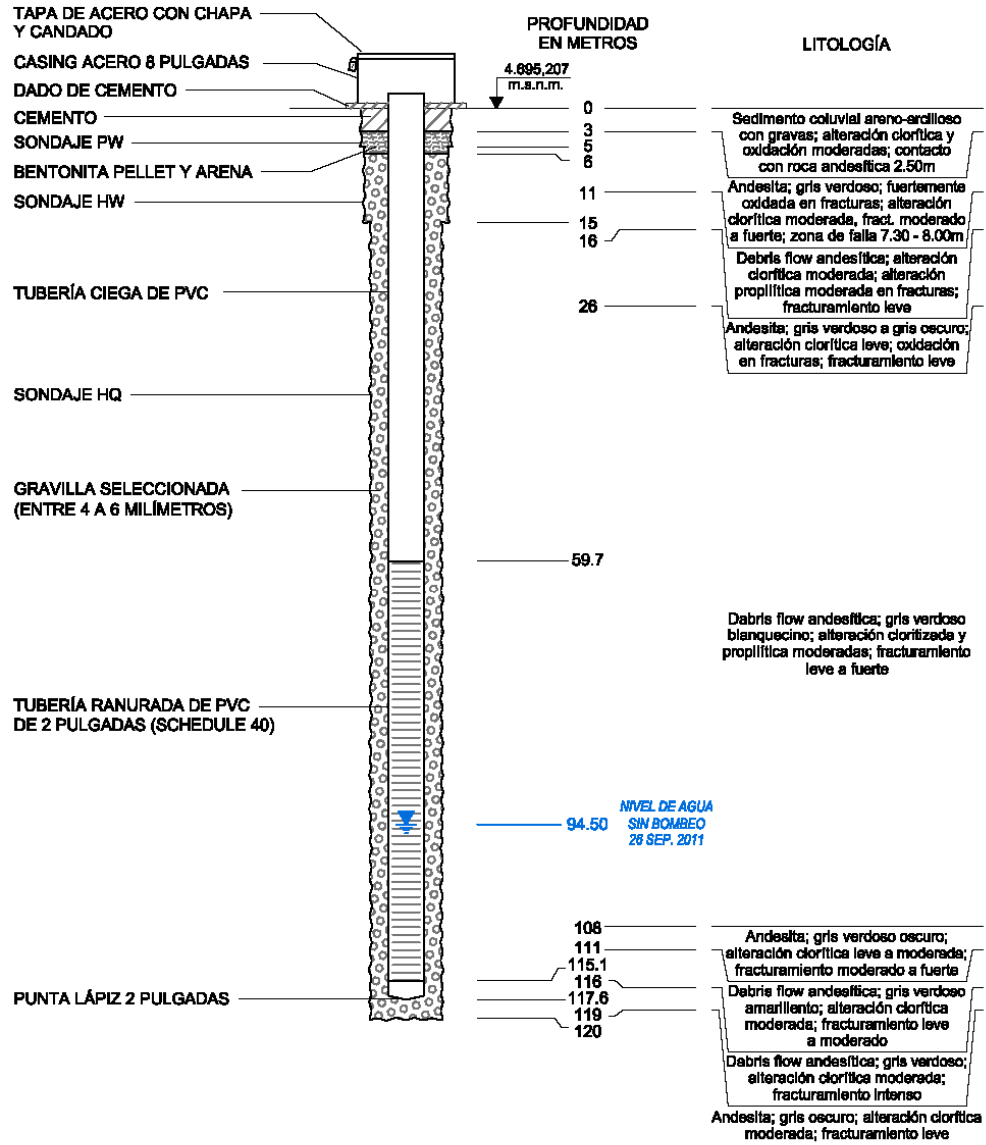
FECHA : 04/09/2011

Profundidad (m)		Color Dominante	%Arcilla	Alteración	Limonitas (% y abundancia)	Litología/ Tipo de roca: Descripción de la roca (Textura, etc)	Otras observaciones importantes: agua, Zona de Falla, mineralización, reacción al ácido, etc):
Desde	Hasta						
98	100	gris verdoso oscuro	1-2%	clorítica leve	-	andesita	Poca pirita
100	110	gris blanquecino	5-20%	filica	10%	andesita; 10% cuarzo	5% pirita; reacción al HCl muy débil
110	116	verde grisáceo claro	5%	clorítica moderada	<2%	andesita	20% pirita; reacción al HCl muy débil
116	122	verde grisáceo oscuro	3%	clorítica moderada	<5%	andesita; 15% cuarzo	15-20% pirita; reacción al HCl muy débil
122	126	verde grisáceo oscuro	20-25%	clorítica moderada	<5%	andesita; 10% cuarzo	10% pirita; reacción al HCl moderada entre 124-126m
126	134	gris-gris oscuro	5-10%	clorítica moderada	10%	andesita; 5% cuarzo	15% pirita; reacción al HCl moderada entre 126-130m, fuerte 130-134m; 130-132m cristales de calcite
134	136	pardo grisáceo claro	60%	clorítica moderada	-	andesita; 5% cuarzo	10% pirita; 10-15% calcita, reacción al HCl fuerte
136	140	pardo grisáceo claro	15-20%	clorítica moderada	-	andesita; 5% cuarzo	10% pirita; 10-15% calcita, reacción al HCl fuerte
140	144	gris-gris oscuro	40-50%	clorítica leve	<2%	andesita; 5% cuarzo	5% pirita; clastos del tamaño de arena
144	146	gris-gris oscuro	10%	clorítica leve	<2%	andesita; 5% cuarzo	5% pirita; clastos del tamaño de arena de 140-144m, clastos de 4mm de 144-146m
146	150	gris oscuro	40-50%	clorítica leve	leve	andesita; 10% cuarzo	5% pirita; reacción al HCl muy débil ; clastos del tamaño de arena

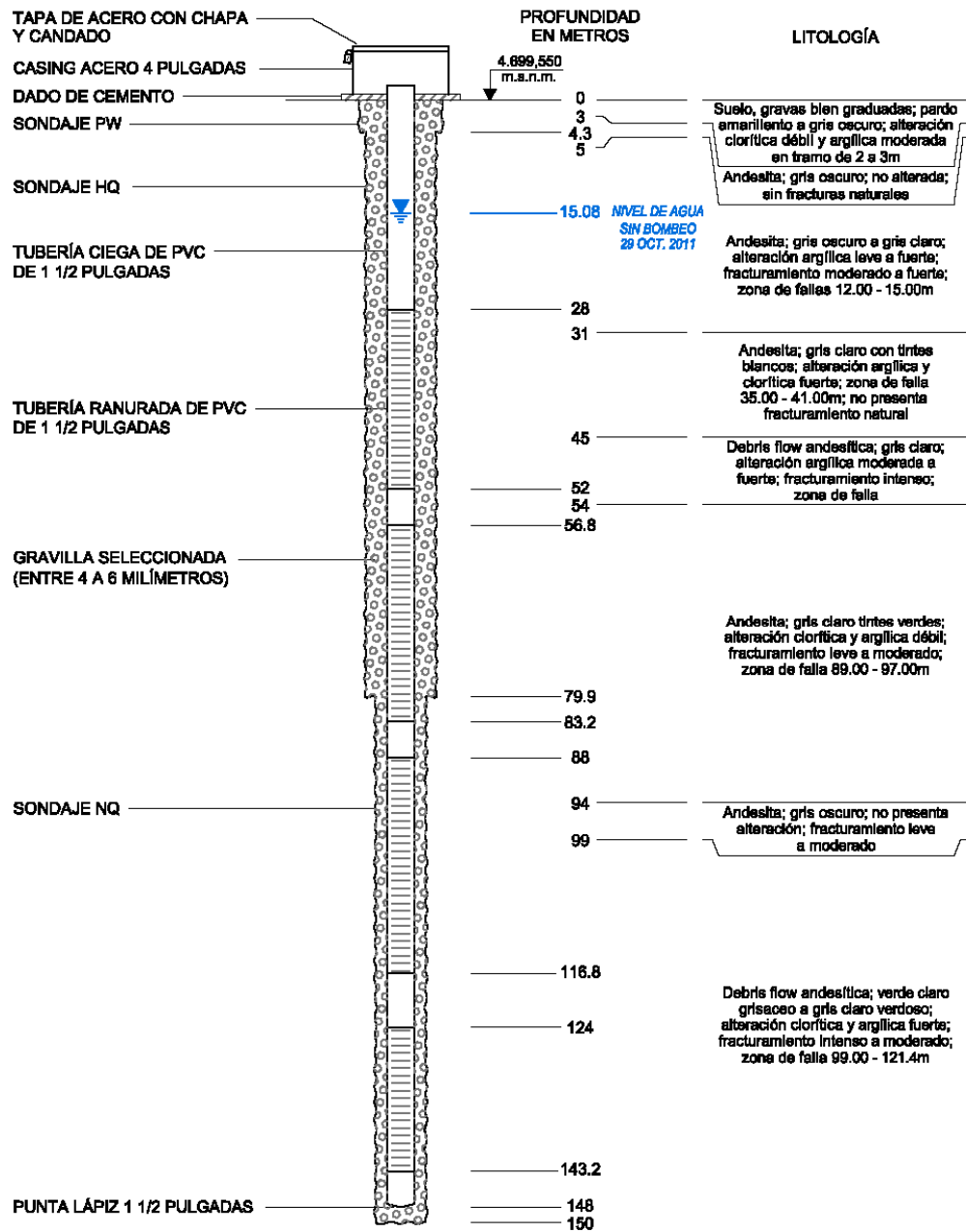
1.2 REGISTRO DE PERFORACIÓN PIEZÓMETROS



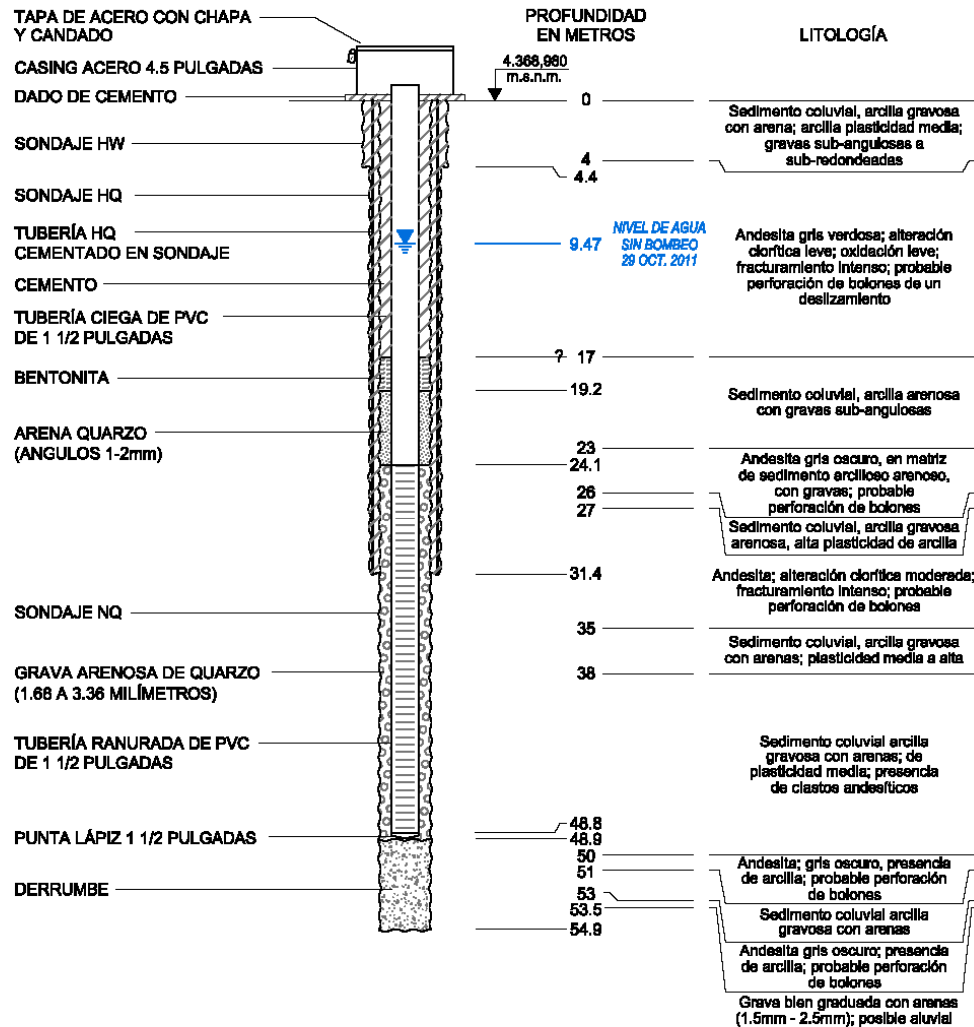
DISEÑO TÉCNICO DEL PIEZÓMETRO HG-INM-A



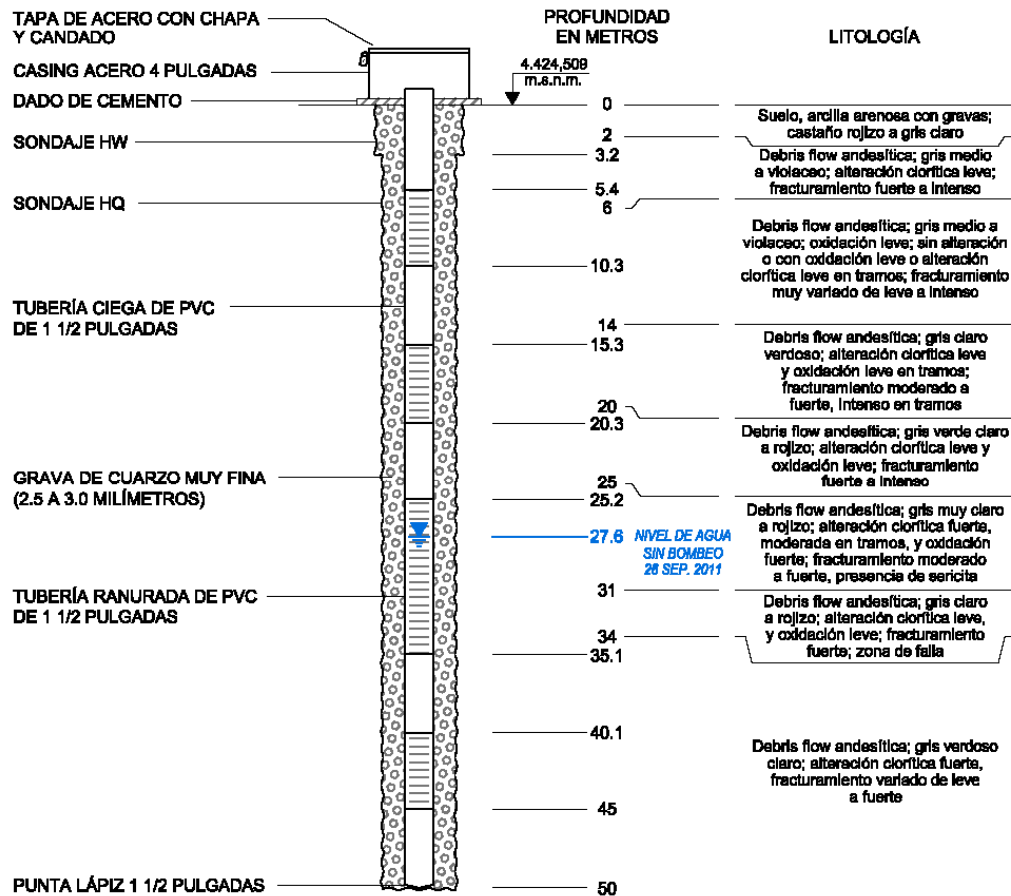
DISEÑO TÉCNICO DEL PIEZÓMETRO HG-INM-B



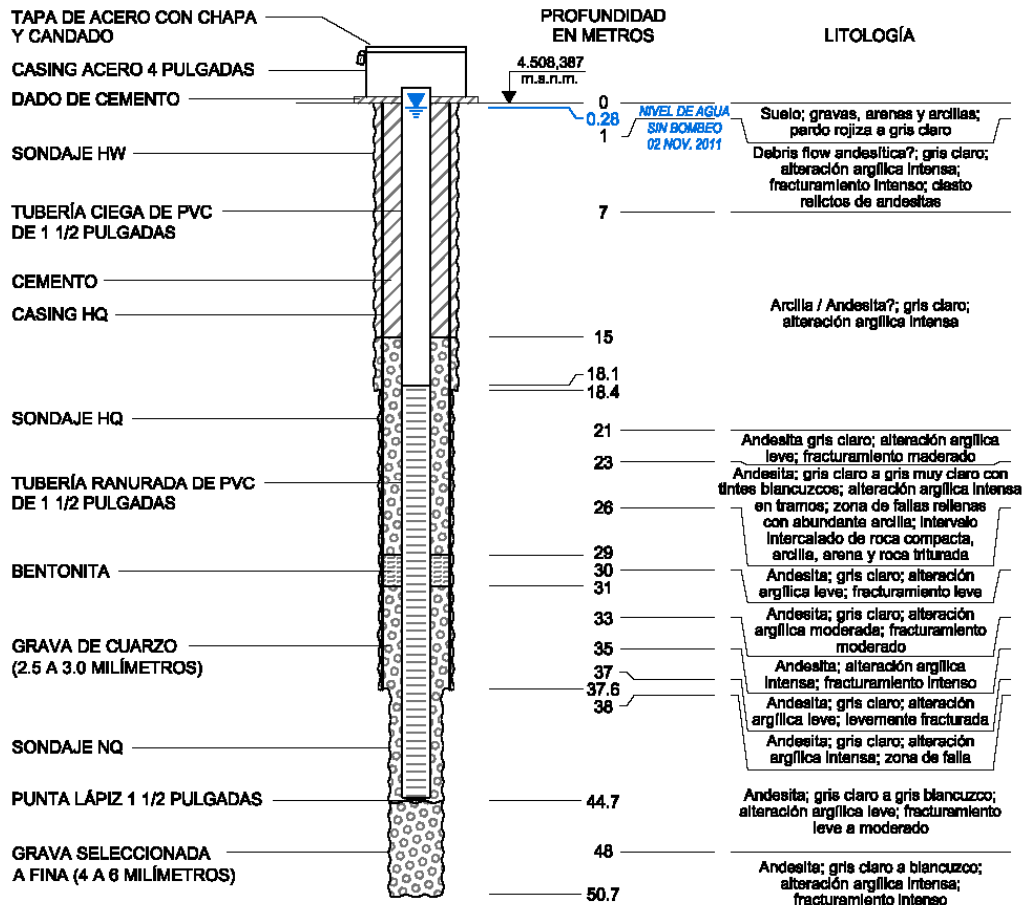
DISEÑO TÉCNICO DEL PIEZÓMETRO HG-INM-C



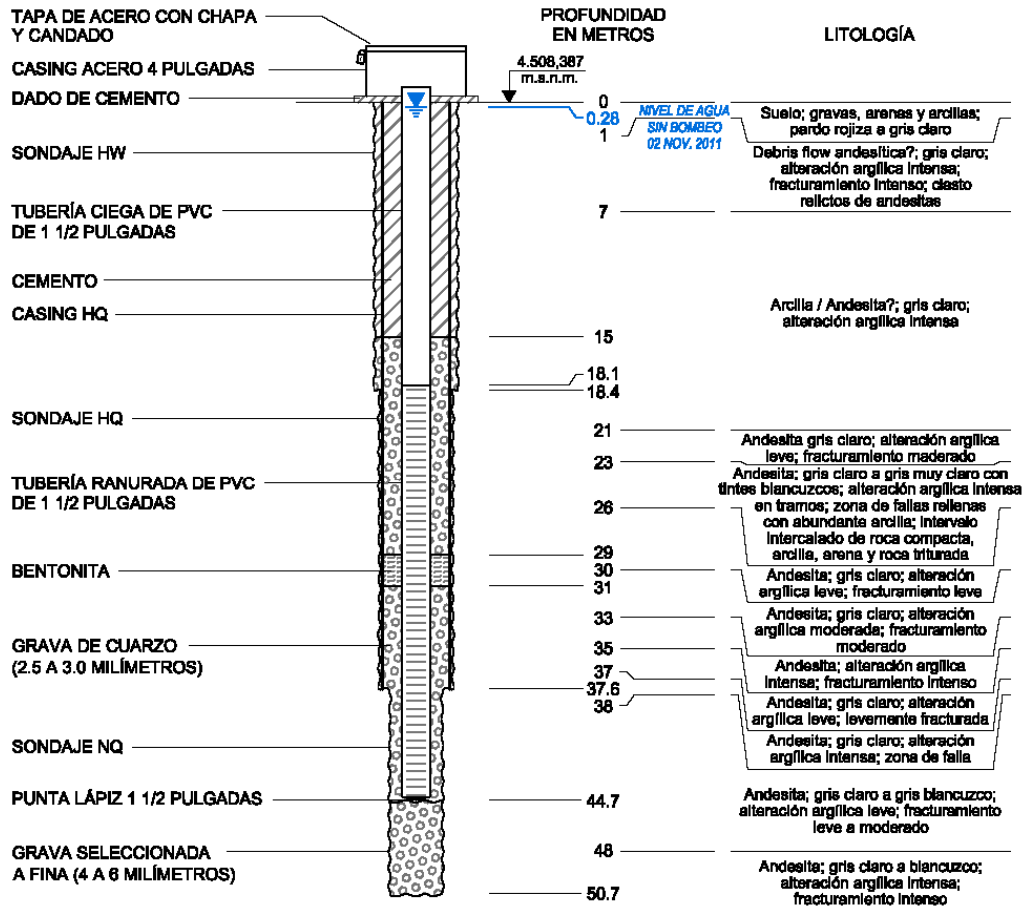
DISEÑO TÉCNICO DEL PIEZÓMETRO HG-INM-D



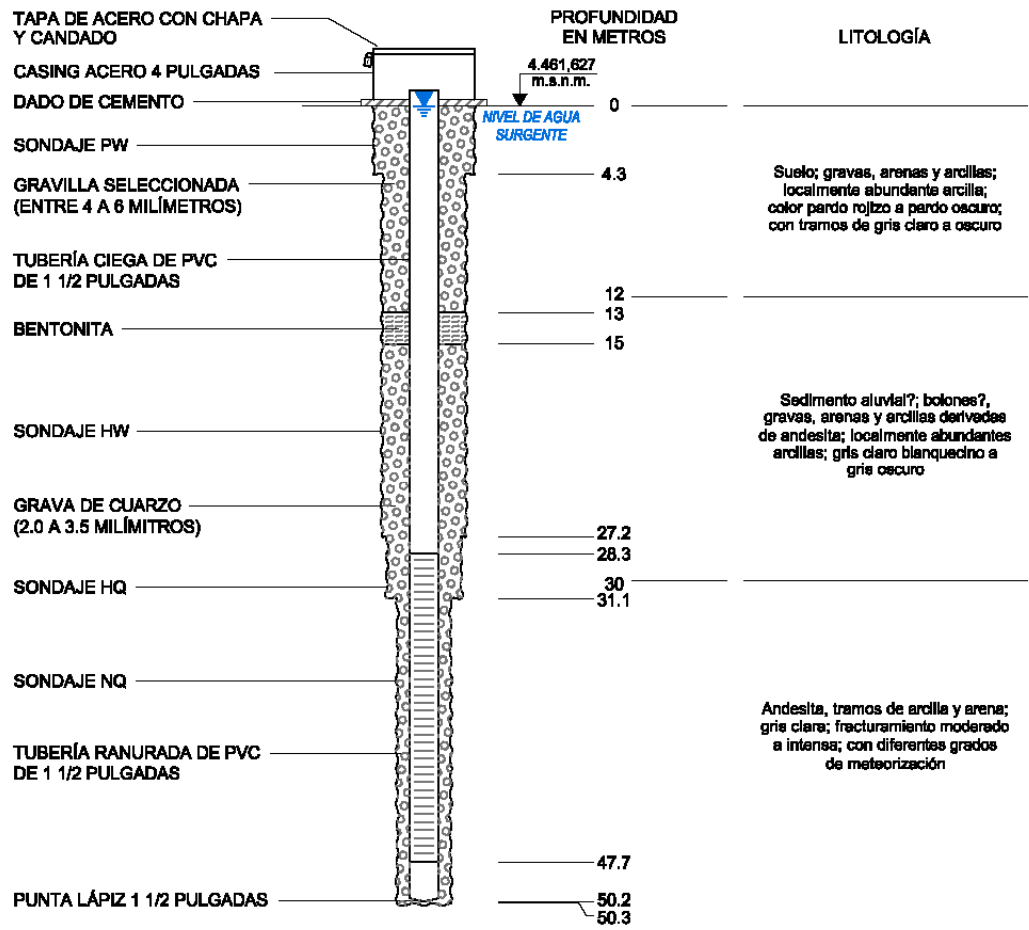
DISEÑO TÉCNICO DEL PIEZÓMETRO HG-INM-E



DISEÑO TÉCNICO DEL PIEZÓMETRO HG-INM-F



DISEÑO TÉCNICO DEL PIEZÓMETRO HG-INM-G



DISEÑO TÉCNICO DEL PIEZÓMETRO HG-INM-I

1.3 REGISTRO DE PERFORACIÓN DIAMANTINA

REGISTRO DE PERFORACIÓN DIAMANTINA EN POZO HG-INM-A

SECTOR: Veta Ángela Coord. N 8345866.388 Diámetro HQ Proyecto Inmaculada / Perú
 ID SONDAJE: HG-INM-A Coord. E 688472.178 Empresa Geotécnica SAC Fecha: 02/10/2011
 Geólogo: J.S.M. Cota 4578.8599 Operador Pablo Medina Número de la página: Número de la página:

Desde	Hasta	% Rec (m)	RQD	Dureza R (0-6)	FF/m	Tipo de Relleno de fracturas	Forma Fractura	Rugosidad	Espesor del relleno (mm)	Color Dominante	Alteración	Observaciones (litología/ tipo de roca) Descripción de la roca, propiedades secundarias otras observaciones importantes
0	1	100	83	3	3	arcilla / óxidos	irregular	poco rugosa	1	gris verdoso	clorítica, oxidación moderada en fracturas	Debris Flow Andesítica
1	2	100	0	3	5	arcilla / óxidos	irregular / escalonada	poco rugosa	2	gris verdoso	clorítica, oxidación moderada en fracturas	Debris Flow Andesítica
2	3	100	55	3	4	arcilla / óxidos	irregular	poco rugosa	3	gris verdoso oscuro	clorítica, oxidación moderada en fracturas	Debris Flow Andesítica, dique de andesita de 2.30 - 2.37
3	4	100	100	3	1	arcilla / óxidos	irregular / escalonada	rugosa	4	gris verdoso	clorítica, oxidación moderada en fracturas	Debris Flow Andesítica
4	5	100	100	3	2	arcilla	irregular	rugosa	1	gris verdoso claro	clorítica leve	Debris Flow Andesítica
5	6	100	70	3	1	arcilla	irregular	rugosa	2	gris verdoso claro	clorítica, propilitica leve en fracturas	Debris Flow Andesítica
6	7	100	81	3	3	arcilla / óxidos	irregular / escalonada	poco rugosa	1	gris verdoso claro	clorítica, oxidación en fracturas	Debris Flow Andesítica
7	8	100	100	4 - 3	2	arcilla / clorita	irregular	poco rugosa	1	gris verdoso	clorítica, propilitica leve en fracturas	Debris Flow Andesítica; dique de andesita de 7.20 - 7.60 m.
8	9	100	91	3	3	arcilla / óxidos / calcita	irregular	rugosa	3	gris verdoso	clorítica fuerte, oxidación	Debris Flow Andesítica; venillas de calcita de 1cm. de grosor aprox.
9	10	100	93	3	2	arcilla / óxidos / calcita	irregular	poco rugosa	2	gris verdoso	clorítica fuerte oxidación	Debris Flow Andesítica
10	11	100	90	3	1	arcilla / óxidos / calcita	plana	poco rugosa	>5	gris verdoso	clorítica, propilitica leve en fracturas	Debris Flow Andesítica
11	12	100	75	3 - 2	1	arcilla / calcita / enidota / clorita	irregular	poco rugosa	>5	gris verdoso claro	clorítica, propilitica leve en fracturas	Debris Flow Andesítica; fuerte alteración propilitica de 11.00 - 11.15 m., desde 11.80 - 12.00 venillas de calcita
12	13	100	95	3	1	óxidos	irregular	poco rugosa	1	gris verdoso oscuro	clorítica, oxidación en fracturas	Debris Flow Andesítica
13	14	100	96	3	4	arcilla / óxidos	irregular	poco rugosa	2	gris verdoso oscuro	clorítica leve, oxidación moderada en fracturas	Debris Flow Andesítica
14	15	100	94	3	2	arcilla / óxidos	irregular / escalonada	rugosa	1	gris verdoso oscuro	clorítica leve, oxidación moderada en fracturas	Debris Flow Andesítica
15	16	100	80	3	3	óxidos / arcilla	irregular	poco rugosa	1	gris verdoso oscuro	clorítica leve, oxidación moderada en fracturas	Debris Flow Andesítica, fuerte oxidación en fracturas de 11.40 - 11.60 m.
16	17	100	100	3	2	arcilla	irregular	poco rugosa	1	gris verdoso oscuro	clorítica, propilitica leve en fracturas	Debris Flow Andesítica
17	18	100	81	3	1	arcilla	irregular	poco rugosa	1	gris verdoso oscuro	clorítica, propilitica leve en fracturas	Debris Flow Andesítica, calcopirita diseminada en core
18	19	100	82	3	5	óxidos / arcilla / crisocola	irregular	poco rugosa	1 - 2	gris verdoso oscuro	clorítica, oxidación moderada en fracturas	Debris Flow Andesítica, reacción al HCl leve, fracturamiento moderado
19	20	100	90	3	1	arcilla	irregular / escalonada	poco rugosa	1	gris verdoso oscuro	clorítica leve, propilitica leve	Debris Flow Andesítica, reacción al HCl leve
20	21	100	85	3-4	3	óxidos / arcilla / crisocola	irregular / escalonada	rugoso	1	gris verdoso oscuro	clorítica moderada, oxidación en fracturas	Debris Flow Andesítica
21	22	100	98	3-4	2	óxidos / arcilla	irregular / escalonada	poco rugoso	1	gris verdoso oscuro	clorítica moderada, oxidación en fracturas	Andesita
22	23	100	60	3-4	4	óxidos / arcilla / crisocola	irregular	poco rugoso	2	gris verdoso oscuro	clorítica moderada, oxidación en fracturas	Andesita
23	24	100	90	3-4	1	óxidos / arcilla	plana	lisa	1	gris verdoso oscuro	clorítica moderada, oxidación en fracturas	Andesita gris, presencia de crisocola
24	25	100	19	2-3	6	óxidos / arcilla	irregular / escalonada	poco rugosa	2	gris verdoso oscuro	clorítica oxidación	Andesita gris, presencia de crisocola
25	26	100	27	2-3	5	óxidos / arcilla / crisocola	irregular / escalonada	poco rugosa	2 - 3	gris verdoso oscuro	clorítica, oxidación moderada a fuerte	Andesita
26	27	100	50	2-3	2	óxidos / arcilla / enidota / clorita	irregular / escalonada	poco rugosa	2	gris verdoso oscuro	clorítica moderada a fuerte	Debris Flow Andesítica, reacción al HCl leve
27	28	100	96	2-3	2	óxidos / arcilla	irregular / escalonada	poco rugosa	2	gris verdoso oscuro	clorítica moderada, oxidación en fracturas	Debris Flow Andesítica, reacción al HCl leve
28	29	100	100	3-4	-	-	-	-	-	gris verdoso oscuro	clorítica leve a moderada	Debris Flow Andesítica, reacción al HCl leve, venillas de calcita
29	30	100	100	3-4	4	óxidos / crisocola	irregular	poco rugosa	2	gris verdoso oscuro	clorítica leve a moderada, oxidación en fracturas	Debris Flow Andesítica
30	31	100	100	3-4	3	óxidos / crisocola / oxidación	irregular	poco rugosa	2	gris verdoso oscuro	clorítica, oxidación leve (hematita) propilitica leve	Debris Flow Andesítica
31	32	100	100	3-4	1	óxidos / crisocola /	irregular	rugosa	1	gris verdoso oscuro	clorítica moderada, oxidación leve	Debris Flow Andesítica
32	33	100	88	3	3	óxidos / arcilla	irregular	poco rugosa	1	gris verdoso	clorítica, oxidación en fracturas.	Debris Flow Andesítica
33	34	100	55	3	3	óxidos / arcilla / calcita	irregular	rugosa	2	gris verdoso	clorítica, oxidación en fracturas	Debris Flow Andesítica, reacción al HCl leve, venillas de calcita
34	35	100	42	2-3	5	óxidos / arcilla / calcita	irregular	poco rugosa	2	gris verdoso	clorítica, oxidación en fracturas	Debris Flow Andesítica, reacción al HCl leve, venillas de calcita
35	36	100	100	3	2	óxidos / arcilla	irregular	poco rugosa	1	gris verdoso	clorítica, oxidación leve en fracturas	Debris Flow Andesítica, reacción al HCl leve, venillas de calcita
36	37	100	97	3	3	óxidos / arcilla / crisocola	irregular	poco rugosa	2	gris verdoso	clorítica, oxidación moderada, propilitica leve	Debris Flow Andesítica

REGISTRO DE PERFORACIÓN DIAMANTINA EN POZO HG-INM-A

SECTOR:	Veta Ángela	Coord. N	8345866.388	Diámetro	HQ	Proyecto	Inmaculada / Perú
ID SONDAJE:	HG-INM-A	Coord. E	688472.178	Empresa	Geotécnica SAC	Fecha:	Fecha: 02/10/2011
Geólogo:	J.S.M.	Cota	4578.8599	Operador	Pablo Medina	Número de la página:	Número de la página:

Desde	Hasta	% Rec (m)	RQD	Dureza R (0-6)	FF/m	Tipo de Relleno de fracturas	Forma Fractura	Rugosidad	Espesor del relleno (mm)	Color Dominante	Alteración	Observaciones (litología/ tipo de roca) Descripción de la roca, propiedades secundarias otras observaciones importantes
37	38	100	58	3	3	óxidos / arcilla	irregular	poco rugosa	1	gris verdoso	clorítica moderada	Debris Flow Andesítica
38	39	100	100	4	2	óxidos	irregular	poco rugosa	1	gris verdoso	clorítica moderada	Debris Flow Andesítica, óxidos relleno de fracturas, venillas de calcita.
39	40	100	100	3	0	-	irregular	poco rugosa	-	gris verdoso	clorítica moderada	Debris Flow Andesítica
40	41	100	85	4	2	óxidos / arcilla	irregular / escalonada	rugosa	2	gris verdoso	clorítica leve a moderada	Debris Flow Andesítica, reacción al HCl leve
41	42	100	80	4	1	óxidos / arcilla	irregular / escalonada	rugosa	2	gris verdoso	clorítica leve a moderada	Debris Flow Andesítica
42	43	100	90	4	1	arcilla	irregular	rugosa	2	gris verdoso	clorítica moderada	Debris Flow Andesítica
43	44	100	83	3	2	óxidos / arcilla	irregular	rugosa	2	gris verdoso	clorítica leve a moderada	Debris Flow Andesítica
44	45	100	90	3	2	óxidos / arcilla	irregular	rugosa	2	gris verdoso	clorítica moderada, oxidación leve en fracturas	Debris Flow Andesítica
45	46	100	88	3	1	arcilla	irregular	rugosa	2	gris verdoso	clorítica moderada, argílica leve	Debris Flow Andesítica
46	47	100	48	3-2	4	arcilla / óxidos	irregular	rugosa	2	gris verdoso	clorítica fuerte, oxidación leve, propilítica leve	Debris Flow Andesítica
47	48	100	29	2	6	arcilla	irregular	rugosa	2	gris verdoso	clorítica fuerte, propilítica leve en fracturas	Debris Flow Andesítica
48	49	100	31	2-1	>15	arcilla	irregular	poco rugosa	3	gris verdoso	clorítica fuerte, propilítica fuerte en fracturas	Debris Flow Andesítica, presencia de roca triturada y arcilla; posible falla desde 48.30 - 48.60 m
49	50	100	100	3	0	-	-	-	-	gris verdoso	clorítica moderada	Debris Flow Andesítica
50	51	100	100	3	0	-	-	-	-	gris verdoso	clorítica moderada	Debris Flow Andesítica
51	52	100	48	3	1	arcilla	irregular	poco rugosa	3	gris verdoso	clorítica moderada, argílica en fracturas	Debris Flow Andesítica, fractura paralela al eje de aprox. 0.60 m.
52	53	100	11	3	4	arcilla / óxidos	irregular	poco rugosa	2	gris verdoso	clorítica moderada, óxidos en fracturas	Debris Flow Andesítica, fractura de 0.80 m. paralela al eje del core y rellena de arcilla y óxidos.
53	54	100	90	3	1	arcilla	irregular	poco rugosa	3	gris verdoso	clorítica moderada, propilítica leve	Debris Flow Andesítica
54	55	100	100	3	0	-	-	-	-	gris verdoso	clorítica moderada	Debris Flow Andesítica
55	56	100	85	4-3	1	arcilla	irregular	poco rugosa	2	gris verdoso	clorítica moderada	Debris Flow Andesítica
56	57	100	100	3	0	-	-	-	-	gris verdoso	clorítica moderada	Debris Flow Andesítica
57	58	100	100	3	0	-	-	-	-	gris verdoso	clorítica moderada	Debris Flow Andesítica
58	59	100	100	3	0	-	-	-	-	gris verdoso	clorítica moderada	Debris Flow Andesítica
59	60	100	15	3	5	arcilla	irregular	poco rugosa	3 - 4	gris verdoso	clorítica moderada, propilítica fuerte en fracturas	Debris Flow Andesítica, fractura paralela al eje de core de aprox. 0.80 m.
60	61	100	90	3	1	arcilla	irregular	rugosa	2	gris verdoso	clorítica moderada	Debris Flow Andesítica
61	62	100	51	3-2	3	arcilla	irregular	rugosa	2	gris verdoso	clorítica moderada	Debris Flow Andesítica, reacción al HCl moderada
62	63	100	100	3	1	-	irregular	rugosa	0	gris verdoso	clorítica moderada, propilítica fuerte en fracturas	Debris Flow Andesítica
63	64	100	100	3-2	0	-	-	-	-	gris verdoso	clorítica moderada	Debris Flow Andesítica
64	65	100	100	3	0	-	-	-	-	gris verdoso	clorítica moderada	Debris Flow Andesítica
65	66	100	100	3-2	0	-	-	-	-	gris verdoso	clorítica moderada	Debris Flow Andesítica
66	67	100	100	3	0	-	-	-	-	gris verdoso	clorítica moderada	Debris Flow Andesítica
67	68	100	81	3	2	arcilla	irregular / escalonada	poco rugosa	>5	gris verdoso	clorítica moderada, propilítica fuerte	Debris Flow Andesítica, venillas de calcita
68	69	100	97	3	1	arcilla	irregular / escalonada	poco rugosa	2	gris verdoso	clorítica moderada, propilítica moderada	Debris Flow Andesítica
69	70	100	100	3	2	arcilla	irregular / escalonada	poco rugosa	2	gris verdoso	clorítica moderada, argílica en fracturas	Debris Flow Andesítica
70	71	100	38	3-2	8	arcilla	plana	lisa	2 - 3	gris verdoso	clorítica moderada, argílica en fracturas	Debris Flow Andesítica
71	72	100	75	3	4	arcilla	irregular	poco rugosa	2 - 3	gris verdoso	clorítica, argílica moderada, propilítica moderada en	Debris Flow Andesítica
72	73	100	77	4-3	3	arcilla	irregular	poco rugosa	1 - 2	gris verdoso	clorítica moderada, propilítica leve en fracturas	Debris Flow Andesítica
73	74	100	88	3	2	arcilla	plana	poco rugosa	1 - 2	gris verdoso	clorítica moderada, oxidación leve en fracturas	Debris Flow Andesítica
74	75	100	95	3	3	arcilla	irregular	poco rugosa	1	gris verdoso	clorítica moderada, propilítica leve en fracturas	Debris Flow Andesítica

REGISTRO DE PERFORACIÓN DIAMANTINA EN POZO HG-INM-A

SECTOR: Veta Ángela Coord. N 8345866.388 Diámetro HQ Proyecto Inmaculada / Perú
 ID SONDAJE: HG-INM-A Coord. E 688472.178 Empresa Geotécnica SAC Fecha: 02/10/2011
 Geólogo: J.S.M. Cota 4578.8599 Operador Pablo Medina Número de la página: Número de la página:

Desde	Hasta	% Rec (m)	RQD	Dureza R (0-6)	FF/m	Tipo de Relleno de fracturas	Forma Fractura	Rugosidad	Espesor del relleno (mm)	Color Dominante	Alteración	Observaciones (litología/ tipo de roca) Descripción de la roca, propiedades secundarias otras observaciones importantes
75	76	100	62	3	7	arcilla	irregular	poco rugosa	1	gris verdoso	clorítica leve	Debris Flow Andesítica, de 75.40 - 75.60 intensamente fracturado
76	77	100	56	3	8	arcilla	irregular	poco rugosa	2 - 3	gris verdoso	clorítica fuerte, propilitica leve	Debris Flow Andesítica
77	78	100	100	3	1	arcilla	irregular	poco rugosa	1	gris verdoso	clorítica moderada, propilitica leve en fracturas	Debris Flow Andesítica
78	79	100	93	3	1	arcilla	irregular	poco rugosa	1	gris verdoso	clorítica leve	Debris Flow Andesítica
79	80	100	100	3	0	-	-	-	-	gris verdoso	clorítica moderada	Debris Flow Andesítica
80	81	100	100	3	0	-	-	-	-	gris verdoso	clorítica moderada	Debris Flow Andesítica
81	82	100	100	3	0	-	-	-	-	gris verdoso	clorítica moderada	Debris Flow Andesítica
82	83	100	100	4-3	0	-	-	-	-	gris verdoso	clorítica moderada	Debris Flow Andesítica
83	84	100	100	3	0	-	-	-	-	gris verdoso	clorítica moderada	Debris Flow Andesítica
84	85	100	100	3-2	0	-	-	-	-	gris verdoso	clorítica moderada	Debris Flow Andesítica, presencia de venilla de calcita paralela al eje del core
85	86	100	100	3	0	-	-	-	-	gris verdoso	clorítica moderada	Debris Flow Andesítica
86	87	100	100	3	1	arcilla	irregular / escalonada	poco rugosa	1	gris verdoso	clorítica moderada	Debris Flow Andesítica
87	88	100	100	3-2	0	-	-	-	-	gris verdoso	propilitica moderada en fracturas	Debris Flow Andesítica
88	89	76	22	3-2	7	arcilla	irregular	poco rugosa	2 - 3	gris verdoso	clorítica leve	Debris Flow Andesítica, presencia de abundante arcilla
89	90	78	11	3	>15	arcilla / calcita	escalonada	poco rugosa	4 - 5	gris verdoso	clorítica fuerte en fracturas, propilitica leve	Debris Flow Andesítica, venillas de calcita relleno de fracturas
90	91	100	100	3	0	-	-	-	-	gris verdoso	clorítica fuerte	Debris Flow Andesítica
91	92	100	96	3	1	-	plana	poco rugosa	0	gris verdoso	clorítica moderada	Debris Flow Andesítica
92	93	100	75	3	4	arcilla	irregular	poco rugosa	1	gris verdoso	clorítica moderada	Debris Flow Andesítica
93	94	100	45	3	3	arcilla / óxidos	irregular	poco rugosa	1	gris verdoso	clorítica, propilitica moderada en fracturas	Debris Flow Andesítica
94	95	100	60	3-2	5	arcilla	irregular	poco rugosa	1	gris verdoso	propilitica moderada en fracturas	Debris Flow Andesítica
95	96	100	100	3	1	-	irregular	poco rugosa	0	gris verdoso	clorítica propilitica	Debris Flow Andesítica, presenta dique de andesita de 0.20 m.
96	97	100	100	3-2	0	-	-	-	-	gris verdoso	clorítica leve	Debris Flow Brecha, presenta dique de andesita de 0.10 m.
97	98	100	40	3-2	>15	arcilla	-	-	1	gris verdoso	clorítica moderada, propilitica moderada	Debris Flow Andesítica brechizada
98	99	100	32	2	>15	arcilla	irregular	poco rugosa	>5	gris verdoso	clorítica fuerte	Debris Flow Andesítica brechizada, presencia de falla de 0.20 m.
99	100	100	10	2	>15	arcilla	irregular	poco rugosa	3 - 4	gris verdoso	clorítica moderada, propilitica moderada a fuerte	Debris Flow Andesítica
100	101	100	100	3	0	-	-	-	-	gris verdoso	clorítica moderada	Debris Flow Andesítica
101	102	100	100	3	0	-	-	-	-	gris verdoso	clorítica moderada	Debris Flow Andesítica, presenta dique de andesita de 0.40 m.
102	103	100	100	3	0	-	-	-	-	gris verdoso	clorítica moderada	Debris Flow Andesítica, presenta dique de andesita de 0.30 m.
103	104	100	100	3	3	arcilla / clorita	irregular	poco rugosa	2	gris verdoso	clorítica moderada	Debris Flow Andesítica, venillas de calcita
104	105	100	80	3	5	arcilla / calcita	plana	poco rugosa	3	gris verdoso oscuro	clorítica moderada	Andesita, venillas de calcita
105	106	100	92	3	2	óxidos / arcilla	irregular	poco rugosa	1	gris verdoso oscuro	clorítica moderada, oxidación leve	Andesita, venillas de calcita
106	107	100	100	3	2	arcilla	escalonada	poco rugosa	1	gris verdoso oscuro	clorítica, propilitica leve	Andesita, venillas de calcita
107	108	100	100	3	0	-	-	-	-	gris verdoso oscuro	clorítica moderada	Andesita, venillas de calcita de 2 cm. aprox.
108	109	100	92	3	2	arcilla	irregular	poco rugosa	1	gris verdoso oscuro	clorítica, propilitica moderada en fracturas	Andesita, venillas de calcita
109	110	100	100	3	1	arcilla	irregular	poco rugosa	1	gris verdoso oscuro	clorítica moderada	Andesita
110	111	100	50	3	7	arcilla / óxidos	plana	poco rugosa	1	gris verdoso oscuro	clorítica moderada	Andesita
111	112	100	100	3	4	arcilla / óxidos	plana	poco rugosa	1	gris verdoso oscuro	clorítica moderada	Andesita
112	113	100	65	3	5	arcilla / óxidos / crisocolla	plana	ondulada	1 - 2	gris verdoso oscuro	clorítica, oxidación leve (hematita)	Andesita, presencia de venillas de hematita y crisocolla

REGISTRO DE PERFORACIÓN DIAMANTINA EN POZO HG-INM-A

SECTOR:	Veta Ángela	Coord. N	8345866.388	Diámetro	HQ	Proyecto	Inmaculada / Perú
ID SONDAJE:	HG-INM-A	Coord. E	688472.178	Empresa	Geotécnica SAC	Fecha:	Fecha: 02/10/2011
Geólogo:	J.S.M.	Cota	4578.8599	Operador	Pablo Medina	Número de la página:	Número de la página:

Desde	Hasta	% Rec (m)	RQD	Dureza R (0-6)	FF/m	Tipo de Relleno de fracturas	Forma Fractura	Rugosidad	Espesor del relleno (mm)	Color Dominante	Alteración	Observaciones (litología/ tipo de roca) Descripción de la roca, propiedades secundarias otras observaciones importantes
113	114	100	93	3	3	arcilla / calcita	plana	lisa	2	gris verdoso oscuro	propilitica leve, cloritica leve	Andesita, alteración propilitica y cloritica en fracturas, reacción al HCl leve
114	115	100	100	3	3	calcita / arcilla / óxidos	plana	ondulada	2	gris verdoso oscuro	propilitica leve, cloritica leve	Andesita, alteración propilitica en fracturas, reacción al HCl leve
115	116	100	45	3	12	calcita / arcilla / clorita	plana	poco rugosa	2	gris verdoso oscuro	propilitica leve, cloritica leve	Andesita, venillas de calcita paralela al eje del core
116	117	100	68	3	10	calcita / arcilla / andesita	plana	lisa	2	gris verdoso oscuro	propilitica leve, cloritica, oxidación	Andesita, venillas de calcita paralela al eje del core
117	118	100	95	3	5	calcita / hematita	plana	poco rugosa	2	gris verdoso oscuro	propilitica leve, cloritica leve	Andesita
118	119	100	72	3	3	calcita / epidota	plana	poco rugosa	3 - 4	gris verdoso oscuro	cloritica fuerte	Andesita
119	120	100	63	3	3	arcilla / calcita / clorita	plana	poco rugosa	2	gris verdoso oscuro	propilitica leve	Andesita, alteraciones mayormente en fracturas

REGISTRO DE PERFORACIÓN DIAMANTINA EN POZO HG-INM-B

SECTOR: Veta Ángela Coord. N 8346911.424 Diámetro HQ Proyecto Inmaculada / Perú
 ID SONDAJE: HG-INM-B Coord. E 689161.272 Empresa Geotécnica SAC Fecha: Fecha: 14/11/2011
 Geólogo: JSM/JRB Cota 4695.207 Operador César Número de la página: Número de la página:

Desde	Hasta	% Rec (m)	ROD	Dureza R (0-6)	FF/m	Tipo de Relleno de fracturas	Forma Fractura	Rugosidad	Espesor del relleno (mm)	Color Dominante	Alteración	Observaciones (litología/ tipo de roca) Descripción de la roca, propiedades secundarias otras observaciones importantes
0	1	100	0	-	-	-	-	-	-	marrón amarillento	oxidación leve	Sedimento coluvial, arena arcillosa con grava
1	2	100	0	-	-	-	-	-	-	marrón blanquecino	oxidación leve, argilica moderada	Sedimento coluvial, arena limosa con gravas, moderadamente argilizada
2	3	100	0	-	-	-	-	-	-	marrón blanquecino	oxidación leve, argilica leve	Sedimento coluvial arena arcillosa, en 2.50 m está el contacto con roca andesita
3	4	100	23	2	14	óxidos	irregular	poco rugosa	1	gris verdoso marrón	oxidación fuerte	Andesita
4	5	100	53	3	9	óxidos / arcilla	irregular	poco rugosa	1	gris verdoso	oxidación fuerte en fracturas	Andesita, de 5.60-5.80 m. roca triturada
5	6	100	14	3	11	óxidos / arcilla	irregular	poco rugosa	1	gris verdoso	oxidación fuerte en fracturas	Andesita
6	7	100	61	3	8	óxidos / arcilla	irregular	poco rugosa	1	gris verdoso	oxidación fuerte en fracturas	Andesita
7	8	85	0	2-1	>15	óxidos / arcilla	irregular	poco rugosa	1	gris verdoso	oxidación fuerte en fracturas	Andesita, de 7.30-8.00 m panizo, posible falla
8	9	92	0	2	>15	óxidos / arcilla	irregular	poco rugosa	1	gris amarillento	argilica leve	Andesita, de 8.40-8.60 m. roca triturada
9	10	100	0	2-3	10	óxidos / arcilla	irregular	poco rugosa	1	gris amarillento	argilica leve	Andesita
10	11	100	0	2-3	13	óxidos / arcilla	irregular	poco rugosa	1	gris amarillento	argilica moderada	Andesita
11	12	100	35	3	4	óxidos / arcilla	irregular	poco rugosa	1	gris amarillo pardo	argilica moderada	Debris Flow Andestítica
12	13	96	78	3	4	óxidos / arcilla	irregular	poco rugosa	1-2	blanquecino	argilica, propilítica moderada	Debris Flow Andestítica
13	14	100	62	3	4	arcilla	irregular	poco rugosa	1-2	blanquecino	argilica, propilítica moderada	Debris Flow Andestítica
14	15	100	40	3	4	arcilla	irregular	poco rugosa	1-2	blanquecino	argilica, propilítica moderada	Debris Flow Andestítica
15	16	100	60	3	2	óxidos / arcilla / calcita	irregular	poco rugosa	2-3	gris verdoso	propilítica leve en fracturas	Andesita
16	17	100	95	3	1	óxidos / arcilla	irregular	poco rugosa	1	gris oscuro	óxidos en fracturas clorítica leve, oxidación leve (hematita)	Andesita, presencia de venillas de hematita, ligera presencia de magnetita
17	18	100	91	3	2	óxidos / arcilla	plana / irregular	poco rugosa	1	gris oscuro	clorítica leve, oxidación leve (hematita)	Andesita, presencia de venillas de hematita, ligera presencia de magnetita
18	19	100	62	3	7	óxidos / calcita	irregular	poco rugosa	1	gris verdoso	clorítica leve, oxidación leve (hematita)	Andesita
19	20	100	82	3	3	óxidos / calcita / arcilla	irregular	poco rugosa	2-3	gris verdoso	clorítica leve, oxidación leve (hematita)	Andesita
20	21	100	72	3	2	óxidos / arcilla	plana	poco rugosa	1-2	gris verdoso	clorítica leve, oxidación leve (hematita)	Andesita
21	22	100	63	3	3	óxidos / arcilla / calcita	irregular	poco rugosa	1 - >5	gris verdoso	clorítica leve	Andesita
22	23	100	78	3	2	óxidos / arcilla	plana	poco rugosa	1-2	gris verdoso	clorítica leve	Andesita
23	24	100	57	2-3	4	óxidos / arcilla / calcita	irregular	poco rugosa	1 - 5	gris verdoso	clorítica leve	Andesita
24	25	100	85	3	2	óxidos / calcita / arcilla	plana	Lisa	2 - 3	gris verdoso oscuro	clorítica leve	Andesita
25	26	100	75	3	2	arcilla / calcita	irregular	poco rugosa	2 - 3	gris verdoso oscuro	clorítica leve, propilítica leve	Andesita
26	27	100	80	2-3	0	-	-	-	-	gris verdoso blanquecino	propilítica moderada	Debris Flow Andestítica
27	28	100	78	2-3	1	arcilla / calcita	irregular	poco rugosa	2 - 3	gris verdoso blanquecino	propilítica moderada	Debris Flow Andestítica
28	29	100	70	3	1	arcilla / calcita	irregular	poco rugosa	2 - 3	gris verdoso	propilítica moderada	Debris Flow Andestítica
29	30	100	65	3	2	arcilla / calcita	irregular	poco rugosa	2 - 3	gris verdoso	propilítica leve	Debris Flow Andestítica
30	31	100	95	3	2	arcilla / calcita	irregular	poco rugosa	2 - 3	gris verdoso	propilítica leve	Debris Flow Andestítica
31	32	100	70	3	3	arcilla / calcita	irregular	poco rugosa	2 - 5	gris verdoso	propilítica leve	Debris Flow Andestítica
32	33	95	72	3	2	arcilla	irregular	poco rugosa	1	gris verdoso amarillento	clorítica moderada	Debris Flow Andestítica
33	34	100	28	2-3	12	arcilla / calcita	irregular	poco rugosa	1	gris verdoso amarillento	clorítica moderada	Debris Flow Andestítica, presencia de pirla diseminada
34	35	95	10	2-3	11	arcilla / calcita	irregular	poco rugosa	1 - 2	gris verdoso amarillento	clorítica moderada, propilítica leve	Debris Flow Andestítica, presencia de pirla diseminada
35	36	100	35	2-3	8	arcilla / calcita	irregular	poco rugosa	1 - 2	gris verdoso amarillento	propilítica moderada	Debris Flow Andestítica, presencia de pirla diseminada
36	37	90	30	2-3	6	arcilla	irregular	poco rugosa	1 - 2	gris verdoso amarillento	propilítica moderada	Debris Flow Andestítica, presencia de pirla diseminada

REGISTRO DE PERFORACIÓN DIAMANTINA EN POZO HG-INM-B

SECTOR: Veta Ángela Coord. N 8346911.424 Diámetro HQ Proyecto Inmaculada / Perú
 ID SONDAJE: HG-INM-B Coord. E 689161.272 Empresa Geotécnica SAC Fecha: 14/11/2011
 Geólogo: JSM/JRB Cota 4695.207 Operador César Número de la página: Número de la página:

Desde	Hasta	% Rec (m)	RQD	Dureza R (0-6)	FF/m	Tipo de Relleno de fracturas	Forma Fractura	Rugosidad	Espesor del relleno (mm)	Color Dominante	Alteración	Observaciones (litología/ tipo de roca) Descripción de la roca, propiedades secundarias otras observaciones importantes
37	38	90	25	2-3	8	arcilla / calcita / cuarzo / piritita	irregular	poco rugosa	2 - >6	gris verdoso amarillento	propilitica moderada	Debris Flow Andestitica, de 37.20 m. - 37.50 m.veta de cuarzo-calcita-piritita
38	39	92	85	2-3	1	arcilla	irregular	poco rugosa	1	gris verdoso amarillento	propilitica moderada	Debris Flow Andestitica , presencia de venillas de calcita
39	40	100	75	3	2	arcilla	irregular	poco rugosa	1	gris verdoso amarillento	propilitica moderada	Debris Flow Andestitica , presencia de venillas de calcita
40	41	100	65	3	4	arcilla	irregular	poco rugosa	1	gris verdoso amarillento	propilitica moderada	Debris Flow Andestitica , presencia de venillas de calcita
41	42	96	88	3	2	arcilla / calcita / piritita	irregular	poco rugosa	1	gris verdoso amarillento	propilitica moderada	Debris Flow Andestitica , presencia de venillas de calcita
42	43	100	47	2-3	7	arcilla / calcita / piritita	irregular	poco rugosa	1 - 5	gris verdoso amarillento	propilitica moderada	Debris Flow Andestitica , presencia de venillas de calcita
43	44	93	49	2-3	6	arcilla	irregular	poco rugosa	1 - 2	gris verdoso amarillento	propilitica moderada	Debris Flow Andestitica , presencia de venillas de calcita
44	45	95	90	3	2	arcilla / calcita	plano	poco rugosa	1 - 2	gris verdoso amarillento	propilitica moderada	Debris Flow Andestitica , presencia de venillas de calcita
45	46	100	95	3	1	arcilla	irregular	poco rugosa	1	gris verdoso amarillento	propilitica moderada	Debris Flow Andestitica , presencia de venillas de calcita
46	47	100	85	3	2	calcita	plano	poco rugosa	2	gris verdoso	clorítica leve	Debris Flow Andestitica , presencia de venillas de calcita
47	48	95	25	3	8	calcita / arcilla	irregular	poco rugosa	1 - 2	gris verdoso blanquecino	clorítica moderada	Debris Flow Andestitica , presencia de venillas de calcita
48	49	100	50	2-3	6	arcilla	irregular	poco rugosa	1 - 3	gris verdoso blanquecino	clorítica moderada, argilica moderada	Debris Flow Andestitica , presencia de venillas de calcita
49	50	90	53	2-3	3	arcilla	irregular	poco rugosa	1 - 2	gris verdoso blanquecino	clorítica moderada, argilica moderada	Debris Flow Andestitica , presencia de venillas de calcita
50	51	100	95	3	1	arcilla	plano	poco rugosa	1	gris verdoso	clorítica leve	Debris Flow Andestitica
51	52	100	90	3	0	-	-	-	-	gris verdoso	clorítica leve	Debris Flow Andestitica
52	53	100	95	3	2	arcilla / calcita	irregular	poco rugosa	1	gris verdoso	clorítica leve	Debris Flow Andestitica
53	54	100	95	3	4	arcilla / calcita	irregular	poco rugosa	1 - 2	gris verdoso	clorítica leve	Debris Flow Andestitica
54	55	100	80	3	2	arcilla / calcita	irregular	poco rugosa	1 - 2	gris verdoso	clorítica leve	Debris Flow Andestitica
55	56	100	90	3	1	arcilla	plano	lisa	1	gris verdoso	clorítica leve	Debris Flow Andestitica
56	57	100	100	3	2	arcilla / calcita	irregular	poco rugosa	1 - 2	gris verdoso	clorítica leve	Debris Flow Andestitica
57	58	85	45	3	4	arcilla	irregular	poco rugosa	1	gris verdoso	clorítica leve	Debris Flow Andestitica
58	59	100	90	3	1	calcita	irregular	poco rugosa	1 - 2	gris verdoso	clorítica leve	Debris Flow Andestitica
59	60	95	90	3	1	calcita	irregular	poco rugosa	1	gris verdoso	clorítica leve	Debris Flow Andestitica
60	61	100	94	3	3	arcilla	irregular	poco rugosa	1	gris verdoso	clorítica leve	Debris Flow Andestitica
61	62	100	54	3	5	arcilla / calcita	irregular	poco rugosa	1 - 2	gris verdoso	clorítica leve	Debris Flow Andestitica
62	63	91	86	3	3	arcilla	irregular	poco rugosa	1 - 2	gris verdoso	clorítica leve	Debris Flow Andestitica
63	64	95	28	2-3	10	arcilla / calcita	irregular	poco rugosa	1 - 2	gris verdoso	clorítica moderada	Debris Flow Andestitica
64	65	100	80	3	4	-	irregular	poco rugosa	-	gris verdoso	clorítica moderada	Debris Flow Andestitica
65	66	100	90	3	4	calcita	irregular	poco rugosa	1 - 2	gris verdoso	clorítica moderada	Debris Flow Andestitica
66	67	90	68	3	5	calcita / piritita	irregular	poco rugosa	1 - 3	gris verdoso amarillento	clorítica moderada	Debris Flow Andestitica
67	68	91	62	3	1	calcita	irregular	poco rugosa	1 - 2	gris verdoso amarillento	clorítica moderada	Debris Flow Andestitica
68	69	92	64	3	5	calcita / piritita	irregular	poco rugosa	1 - >5	gris verdoso amarillento	clorítica moderada	Debris Flow Andestitica
69	70	100	90	3	3	calcita / piritita / cuarzo	irregular	poco rugosa	1 - >5	gris verdoso amarillento	clorítica moderada	Debris Flow Andestitica
70	71	94	87	3	4	calcita / piritita / arcilla	irregular	poco rugosa	1 - 2	gris verdoso amarillento	clorítica moderada	Debris Flow Andestitica
71	72	91	67	3	2	calcita / piritita / arcilla	irregular	poco rugosa	4 - 5	gris verdoso amarillento	clorítica moderada, argilica leve	Debris Flow Andestitica
72	73	100	28	1-2	11	arcilla / piritita	irregular	poco rugosa	1 - 3	gris verdoso blanquecino	clorítica moderada, argilica fuerte	Debris Flow Andestitica
73	74	94	0	1-2	12	arcilla / piritita	irregular	poco rugosa	1 - 3	gris verdoso blanquecino	clorítica moderada, argilica fuerte	Debris Flow Andestitica
74	75	100	10	1-2	15	arcilla / piritita	irregular	poco rugosa	1 - 3	gris verdoso blanquecino	clorítica moderada, argilica fuerte	Debris Flow Andestitica

REGISTRO DE PERFORACIÓN DIAMANTINA EN POZO HG-INM-B

SECTOR: Veta Angela Coord. N 8346911.424 Diámetro HQ Proyecto Inmaculada / Perú
 ID SONDAJE: HG-INM-B Coord. E 689161.272 Empresa Geotécnica SAC Fecha: 14/11/2011
 Geólogo: JSM/JRB Cota 4695.207 Operador César Número de la página: Número de la página:

Desde	Hasta	% Rec (m)	RQD	Dureza R (0-6)	FF/m	Tipo de Relleno de fracturas	Forma Fractura	Rugosidad	Espesor del relleno (mm)	Color Dominante	Alteración	Observaciones (litología/ tipo de roca) Descripción de la roca, propiedades secundarias otras observaciones importantes
75	76	100	31	2-3	10	arcilla	irregular	poco rugosa	2 - 3	gris verdoso claro	clorítica moderada, argílica leve	Debris Flow Andestítica
76	77	95	32	2-3	4	arcilla / piritita	irregular	poco rugosa	1	gris verdoso claro	clorítica moderada-fuerte, argílica leve	Debris Flow Andestítica. De 76.60-77.00m roca triturada
77	78	93	26	2-3	7	arcilla	irregular	poco rugosa	2 - 3	gris verdoso claro	clorítica moderada-fuerte, argílica leve	Debris Flow Andestítica
78	79	97	55	3	8	arcilla / calcita / piritita	irregular	poco rugosa	1 - 2	gris verdoso amarillento	clorítica moderada	Debris Flow Andestítica
79	80	96	76	3	3	arcilla / calcita	irregular	poco rugosa	1	gris verdoso amarillento	clorítica moderada	Debris Flow Andestítica
80	81	93	71	3	6	arcilla / calcita / piritita	irregular	poco rugosa	1 - 3	gris verdoso amarillento	clorítica moderada	Debris Flow Andestítica
81	82	94	62	2-3	7	arcilla / calcita / piritita	irregular	poco rugosa	1 - 3	gris verdoso amarillento	clorítica moderada	Debris Flow Andestítica
82	83	95	12	1-2	7	arcilla	irregular	poco rugosa	1 - 3	gris verdoso blanquecino	clorítica moderada-fuerte, argílica fuerte	Debris Flow Andestítica, intercalación de roca fracturada con triturada
83	84	95	40	1-2	8	arcilla	irregular	poco rugosa	1 - 2	gris verdoso blanquecino	clorítica moderada, argílica moderada	Debris Flow Andestítica
84	85	95	60	2-3	9	arcilla / piritita	irregular	poco rugosa	1 - 2	gris verdoso amarillento	clorítica moderada, argílica moderada	Debris Flow Andestítica
85	86	83	0	1-2	10	arcilla / piritita	irregular	poco rugosa	1 - 3	gris verdoso blanquecino	clorítica moderada, argílica fuerte	Debris Flow Andestítica, intercalación de roca fracturada con triturada
86	87	85	33	2-3	10	arcilla / piritita	irregular	poco rugosa	1 - 3	gris verdoso claro	clorítica moderada, argílica moderada	Debris Flow Andestítica
87	88	100	35	3	5	arcilla	irregular	poco rugosa	1	gris verdoso claro	clorítica moderada	Debris Flow Andestítica
88	89	94	30	1-2	5	-	irregular	poco rugosa	-	gris blanquecino	clorítica moderada, argílica fuerte	Debris Flow Andestítica
89	90	100	34	2	-	-	-	-	-	gris blanquecino verdoso	clorítica moderada, argílica fuerte	Debris Flow Andestítica
90	91	92	42	1-2	6	óxidos / arcilla / calcita	irregular	poco rugosa	3	gris blanquecino verdoso	clorítica moderada, argílica fuerte	Debris Flow Andestítica
91	92	82	38	1-2	5	arcilla	irregular	poco rugosa	1	gris blanquecino verdoso	clorítica moderada, argílica fuerte	Debris Flow Andestítica
92	93	100	19	1-2	7	arcilla	irregular	poco rugosa	1	gris blanquecino amarillento	oxidación, argílica fuerte	Debris Flow Andestítica
93	94	80	0	1-2	>15	arcilla	irregular	poco rugosa	2 - 3	gris blanquecino amarillento	oxidación, argílica fuerte	Debris Flow Andestítica
94	95	74	0	1-2	>15	arcilla	irregular	poco rugosa	1 - 2	gris blanquecino amarillento	oxidación, argílica fuerte	Debris Flow Andestítica, intercalación de intenso fracturamiento y roca triturada
95	96	80	0	1-2	>15	arcilla	irregular	poco rugosa	1	gris blanquecino amarillento	argílica fuerte, clorítica moderada	Debris Flow Andestítica, intercalación de intenso fracturamiento y roca triturada
96	97	100	19	1-2	11	arcilla	irregular	poco rugosa	1	gris blanquecino amarillento	argílica fuerte, clorítica moderada	Debris Flow Andestítica. De 96.10-96.60 m intercalación de roca intensamente fracturada con roca triturada
97	98	95	77	2-3	2	arcilla	irregular	poco rugosa	1	gris verdoso amarillento	clorítica moderada	Debris Flow Andestítica. De 97.85-98.00 roca triturada
98	99	95	65	3	3	arcilla	irregular	poco rugosa	1	gris verdoso amarillento	clorítica moderada	Debris Flow Andestítica. De 98.00-98.15 roca triturada
99	100	48	11	2-3	3	arcilla	irregular	poco rugosa	1	gris verdoso amarillento	clorítica moderada	Debris Flow Andestítica. De 99.85-100.00 m panizo
100	101	64	0	2-3	6	-	irregular	poco rugosa	-	gris verdoso amarillento	clorítica moderada	Debris Flow Andestítica
101	102	90	32	3	3	-	irregular	poco rugosa	-	gris verdoso amarillento	clorítica moderada	Debris Flow Andestítica
102	103	97	81	3	1	-	irregular	poco rugosa	-	gris verdoso amarillento	clorítica moderada	Debris Flow Andestítica
103	104	100	53	3	6	arcilla	irregular	poco rugosa	1	gris verdoso amarillento	clorítica moderada	Debris Flow Andestítica
104	105	94	0	3	7	cuarzo	irregular	poco rugosa	2 - 5	gris verdoso amarillento	clorítica moderada	Debris Flow Andestítica
105	106	90	12	2-3	9	arcilla	irregular	poco rugosa	2 - 3	gris verdoso amarillento	clorítica moderada	Debris Flow Andestítica
106	107	95	41	3	6	arcilla	irregular	poco rugosa	1	gris verdoso amarillento	clorítica moderada	Debris Flow Andestítica
107	108	97	0	3	10	cuarzo	irregular	poco rugosa	2 - 5	gris verdoso amarillento	clorítica moderada	Debris Flow Andestítica
108	109	100	0	3	11	cuarzo	irregular	poco rugosa	1 - 5	gris verdoso	clorítica moderada	Andesita
109	110	100	67	3	8	arcilla / piritita / calcita / cuarzo	irregular	poco rugosa	1 - 2	gris verdoso oscuro	clorítica leve	Andesita
110	111	100	50	3	6	arcilla / piritita / cuarzo	irregular	poco rugosa	1 - 2	gris verdoso oscuro	clorítica leve	Andesita
111	112	97	97	3	1	-	irregular	poco rugosa	-	gris verdoso amarillento	clorítica moderada	Debris Flow Andestítica
112	113	100	70	3	3	arcilla	irregular	poco rugosa	1	gris verdoso amarillento	clorítica moderada	Debris Flow Andestítica

REGISTRO DE PERFORACIÓN DIAMANTINA EN POZO HG-INM-B

SECTOR:	Veta Angela	Coord. N	8346911.424	Diámetro	HQ	Proyecto	Inmaculada / Perú
ID SONDAJE:	HG-INM-B	Coord. E	689161.272	Empresa	Geotécnica SAC	Fecha:	Fecha: 14/11/2011
Geologo:	JSM/JRB	Cota	4695.207	Operador	César	Número de la página:	Número de la página:

Desde	Hasta	% Rec (m)	RQD	Dureza R (0-6)	FF/m	Tipo de Relleno de fracturas	Forma Fractura	Rugosidad	Espesor del relleno (mm)	Color Dominante	Alteración	Observaciones (litología/ tipo de roca) Descripción de la roca, propiedades secundarias otras observaciones importantes
113	114	97	55	3	5	arcilla	irregular	poco rugosa	1	gris verdoso amarillento	clorítica moderada	Debris Flow Andesítica
114	115	97	77	3	4	calcita	irregular	poco rugosa	1 - 2	gris verdoso amarillento	clorítica moderada	Debris Flow Andesítica
115	116	98	21	3	7	cuarzo / arcilla	irregular	poco rugosa	1 - 2	gris verdoso amarillento	clorítica moderada	Debris Flow Andesítica
116	117	92	0	3	>15	arcilla	irregular	poco rugosa	1	gris verdoso	clorítica moderada	Debris Flow Andesítica
117	118	100	0	2-3	>15	arcilla	irregular	poco rugosa	1	gris verdoso	clorítica moderada	Debris Flow Andesítica
118	119	100	0	2-3	>15	arcilla	irregular	poco rugosa	1	gris verdoso	clorítica moderada	Debris Flow Andesítica
119	120.1	110	86	3	3	-	irregular	poco rugosa	-	gris oscuro	clorítica moderada	Andesita

REGISTRO DE PERFORACIÓN DIAMANTINA EN POZO HG-INM-C

SECTOR: Veta Ángela Coord. N 8347405 Diámetro HQ-NQ Proyecto Inmaculada / Perú
 ID SONDAJE: HG-INM-C Coord. E 689970 Empresa Geotécnica SAC Fecha:
 Geólogo: ICA-BOG Cota Operador Número de la página:

Desde	Hasta	% Rec (m)	RQD	Dureza (RO-R6)	FF/m	Tipo de Relleno de fracturas	Forma Fractura	Rugosidad	Espesor del relleno (mm)	Color Dominante	Alteración	Observaciones (litología/ tipo de roca) Descripción de la roca, propiedades secundarias otras observaciones importantes
3	4	95	10	2	0	calcita	plana	pulida	0-1	gris oscuro	---	Andesita.
4	5	100	45	2	10	óxidos / pirita	plana	pulida / lisa	2	gris oscuro	---	Andesita.
5	6	90	0	0	0	---	---	---	---	gris oscuro con tintes rojizos	argilica fuerte	Andesita.
6	7	100	25	1-2	10	óxidos / calcita	plana	pulida	0-1	gris oscuro	argilica moderada a fuerte	andesita, presencia de pirita diseminada
7	8	95	25	0-1	20	Calcita / óxidos / pirita	plana	pulida	2	gris claro	argilica moderada	andesita, de 7.00 - 7.40 m. zona de falla
8	9	100	20	1	8	óxidos / calcita	plana	pulida	2	gris claro	argilica moderada	Andesita.
9	10	100	80	2	6	calcita / arcilla	plana	pulida	2	gris claro	argilica moderada	Andesita.
10	11	100	0	0-1	20	óxidos / calcita / pirita	plana	pulida	2	gris claro	argilica moderada a fuerte	Andesita, de 10.30 - 10.60 m. Zona de falla
11	12	95	20	0-2	6	calcita / óxidos	plana	pulida	2	gris claro	argilica moderada a fuerte	Andesita, de 11.50 - 12.00 m. zona de falla
12	13	100	0	0	20	óxidos	---	---	---	gris claro	argilica fuerte	Zona de falla en andesita, pirita diseminada
13	14	100	0	0	20	óxidos	---	---	---	gris claro	argilica fuerte	Zona de falla en andesita, pirita diseminada
14	15	100	25	0-1	20	calcita	plana	pulida	4	gris claro	argilica fuerte	Zona de falla en andesita, pirita diseminada
15	16	100	85	2	6	calcita	plana	pulida	2	gris claro	-	Andesita, venillas de calcita
16	17	100	40	2	10	calcita	plana	pulida	1	gris claro	argilica leve	Andesita, venillas de calcita
17	18	100	40	2	12	calcita	plana	pulida	1	gris claro	-	Andesita, venillas de calcita
18	19	100	50	2	10	calcita	plana	pulida	1	gris claro	-	Andesita, venillas de calcita
19	20	100	75	2	6	calcita	plana	pulida	1	gris claro	-	Andesita, venillas de calcita
20	21	100	80	2	6	calcita	plana	pulida	0-1	gris claro	-	Andesita
21	22	100	90	2	5	calcita	plana	pulida	0-1	gris claro	-	Andesita
22	23	100	70	2	6	calcita	plana	pulida	0-1	gris claro	-	Andesita
23	24	100	60	2	10	calcita	plana	pulida	1	gris claro	argilica leve en un tramo	Andesita gris, zona falla 23.6 - 24.0 m.
24	25	100	45	2	7	calcita	plana	pulida	1	gris oscuro	-	Andesita
25	26	100	65	2	7	calcita	plana	pulida	1	gris oscuro	-	Andesita
26	27	100	70	2	5	calcita / óxidos de hierro	plana	pulida / lisa	0-1	gris oscuro	-	Andesita
27	28	100	95	2	6	calcita	plana	pulida	2	gris oscuro	-	Andesita
28	29	100	70	2	11	calcita / óxidos de hierro	plana	pulida	1	gris oscuro	óxidos en fracturas	Andesita
29	30	100	30	2	12	calcita	plana	pulida	1	gris oscuro	-	Andesita
30	31	100	50	2	8	calcita	plana	pulida	0-1	gris oscuro	-	Andesita
31	32	100	65	0-1	0	arcilla / calcita	plana	pulida	1	gris claro verdoso	argilica fuerte / cloritica fuerte	Andesita: zona falla 31.75 - 34.75; cambio brusco de alteración
32	33	95	0	0	0	arcilla / calcita	---	---	---	gris claro con tintes blancos	argilica fuerte / cloritica fuerte	Andesita: zona falla
33	34	100	50	0-1	0	arcilla / calcita	---	---	---	gris claro con tintes blancos	argilica fuerte / cloritica fuerte	Andesita: zona falla
34	35	100	65	1-2	0	arcilla / calcita	---	---	---	gris claro con tintes blancos	argilica fuerte / cloritica fuerte	Andesita: zona falla hasta 34.75
35	36	95	85	1	0	arcilla / calcita	irregular / escalonada	lisa	>2	gris claro con tintes blancos	argilica fuerte	Andesita: zona falla
36	37	100	90	0-1	0	arcilla / calcita	irregular / escalonada	lisa	>2	gris claro con tintes blancos	argilica fuerte	Andesita: zona falla
37	38	95	55	0-1	0	arcilla / calcita	irregular / escalonada	lisa	>2	gris claro con tintes blancos	argilica fuerte	Andesita: zona falla
38	39	100	70	0-1	0	arcilla / calcita	irregular / escalonada	lisa	>2	gris claro con tintes blancos	argilica fuerte	Andesita: zona falla
39	40	100	65	0-1	0	arcilla / calcita	irregular / escalonada	lisa	>2	gris claro con tintes blancos	argilica fuerte	Andesita: zona falla

REGISTRO DE PERFORACIÓN DIAMANTINA EN POZO HG-INM-C

SECTOR: Veta Ángela Coord. N 8347405 Diámetro HQ-NQ Proyecto Inmaculada / Perú
 ID SONDAJE: HG-INM-C Coord. E 689970 Empresa Geotécnica SAC Fecha:
 Geólogo: ICA-BOG Cota Operador Número de la página:

Desde	Hasta	% Rec (m)	RQD	Dureza (RO-R6)	FF/m	Tipo de Relleno de fracturas	Forma Fractura	Rugosidad	Espesor del relleno (mm)	Color Dominante	Alteración	Observaciones (litología/ tipo de roca) Descripción de la roca, propiedades secundarias otras observaciones importantes
40	41	100	55	0-1	0	arcilla	---	---	---	gris claro, tintes blancos	cloritica fuerte / argilica fuerte	Andesita: zona falla
41	42	100	75	0-1	0	arcilla	---	---	---	gris claro, tintes blancos	cloritica moderada / argilica moderada	Andesita
42	43	85	75	1-2	3	---	plana	lisa	1	gris claro, tintes verdes	argilica moderada	Andesita
43	44	85	60	1	3	calcita / arcilla	plana	lisa	1	gris claro, tintes verdes	argilica moderada	Andesita
44	45	100	20	0-1	0	---	---	---	---	gris claro, tintes verdes	argilica moderada	Andesita, zona de falla tramo 44.35 - 44.50 m.
45	46	100	65	0-1	0	---	---	---	---	gris claro, tintes verdes	argilica moderada	Debris Flow Andesitica
46	47	100	95	2	3	pirita / óxidos	irregular	rugosa	0-1	gris claro, tintes verdes	cloritica débil	Debris Flow Andesitica
47	48	100	95	2	5	calcita	irregular	rugosa	0-1	gris claro, tintes verdes	cloritica débil	Debris Flow Andesitica
48	49	100	75	0-1	4	calcita	irregular	rugosa	0-1	gris claro, tintes verdes	cloritica débil	Debris Flow Andesitica
49	50	100	75	1	6	arcilla	irregular	rugosa	0-1	gris claro, tintes verdes	cloritica débil	Debris Flow Andesitica
50	51	85	0	0-1	10	arcilla	---	---	0	gris claro	argilica moderada a fuerte	Debris Flow Andesitica, zona de falla
51	52	85	0	0	0	---	---	---	---	gris claro	argilica moderada a fuerte	Debris Flow Andesitica, zona de falla
52	53	95	45	0-1	6	arcilla	irregular	rugosa	0	gris claro	argilica fuerte	Debris Flow Andesitica, zona de falla
53	54	100	0	0	0	arcilla	---	---	---	---	argilica fuerte	Debris Flow Andesitica, zona de falla
54	55	100	65	0-1	0	---	---	---	---	gris claro, tintes verdes	cloritica débil	Andesita
55	56	100	50	2	8	arcilla	plana	lisa	0	gris claro, tintes verdes	cloritica débil	Andesita
56	57	100	40	2	10	---	plana	lisa / ondulada	---	gris claro, tintes verdes	cloritica débil	Andesita
57	58	100	65	2	4	---	plana	ondulada	<1	gris claro, tintes verdes	cloritica débil	Andesita
58	59	100	70	2	4	---	plana	ondulada	<1	gris claro, tintes verdes	cloritica débil	Andesita
59	60	100	80	2	3	---	plana	ondulada	<1	gris claro, tintes verdes	cloritica débil	Andesita
60	61	100	75	2	3	calcita	plana	lisa	0-1	gris claro, tintes verdes	cloritica débil	Andesita
61	62	100	80	2	3	calcita	plana	lisa / rugosa	2-3	gris claro, tintes verdes	cloritica débil	Andesita
62	63	100	60	2	6	calcita / óxidos	plana/curva	lisa / rugosa	2-3	gris claro, tintes verdes	cloritica débil	Andesita
63	64	10	80	2	3	calcita / óxidos	plana/curva	lisa / rugosa	4-5	gris claro, tintes verdes	cloritica débil	Andesita
64	65	90	25	2	7	calcita	plana	lisa	4-5	gris claro, tintes verdes	cloritica débil	Andesita
65	66	80	40	0-2	3	calcita	plana	lisa	3	gris oscuro	argilica moderada	Andesita, pirita diseminada.
66	67	85	45	2	5	calcita	plana	lisa	3	gris oscuro	argilica débil	Andesita, pirita diseminada.
67	68	85	55	2	5	arcilla / Goethita	plana	lisa	3	gris oscuro	argilica débil	Andesita, pirita diseminada.
68	69	100	50	2	7	arcilla / Goethita	plana	lisa	3	gris oscuro	argilica débil / cloritica débil	Andesita, pirita diseminada.
69	70	75	60	2	4	arcilla / Goethita / yeso	plana	lisa	3	gris oscuro	argilica débil / cloritica débil	Andesita, pirita diseminada.
70	71	90	65	2	7	yeso	plana	pulida / lisa	3	gris oscuro	argilica débil / cloritica débil	Andesita, pirita diseminada.
71	72	100	85	2	9	yeso	plana	pulida / lisa	3	gris oscuro	argilica débil / cloritica débil	Andesita, pirita diseminada.
72	73	100	65	2	7	yeso / Goethita	plana	pulida	3	gris oscuro	argilica débil / cloritica débil	Andesita, pirita diseminada.
73	74	100	90	2	6	Goethita / calcita	plana	pulida	1-2	gris oscuro	argilica débil	Andesita, pirita diseminada.
74	75	100	75	2	6	Goethita	plana	pulida / lisa	1	gris oscuro	---	Andesita, pirita diseminada.
75	76	95	50	2	7	Goethita	plana	pulida / lisa	1	gris oscuro	---	Andesita, pirita diseminada.
76	77	95	70	2	7	Goethita	plana	pulida / lisa	1	gris oscuro	---	Andesita, pirita diseminada.
77	78	100	45	2	9	Goethita	plana	pulida	1	gris oscuro	---	Andesita, pirita diseminada.

REGISTRO DE PERFORACIÓN DIAMANTINA EN POZO HG-INM-C

SECTOR: Veta Ángela Coord. N 8347405 Diámetro HQ-NQ Proyecto Inmaculada / Perú
 ID SONDAJE: HG-INM-C Coord. E 689970 Empresa Geotécnica SAC Fecha:
 Geólogo: ICA-BOG Cota Operador Número de la página:

Desde	Hasta	% Rec (m)	RQD	Dureza (RO-R6)	FF/m	Tipo de Relleno de fracturas	Forma Fractura	Rugosidad	Espesor del relleno (mm)	Color Dominante	Alteración	Observaciones (litología/ tipo de roca) Descripción de la roca, propiedades secundarias otras observaciones importantes
78	79	75	15	2	6	arcilla / yeso	plana	pulida / lisa	2	gris verdosa	clorítica moderada	Andesita
79	80	90	15	2	6	arcilla / yeso	plana	pulida / lisa	3	gris verdosa	clorítica moderada	Andesita
80	81	100	0	2	7	arcilla	plana	pulida	1	gris verdoso	clorítica moderada	Andesita, pirita diseminada.
81	82	90	0	2	7	arcilla	plana	pulida / lisa	1	gris verdoso	clorítica moderada	Andesita, pirita diseminada.
82	83	70	25	2	6	-	plana	pulida	---	gris verdoso	---	Andesita, pirita diseminada.
83	84	90	55	2	6	arcilla	plana	pulida	1	gris verdoso	clorítica débil	Andesita, pirita diseminada.
84	85	100	95	2	2	arcilla	plana	pulida	0	gris oscuro	---	Andesita, pirita diseminada.
85	86	100	90	2	2	arcilla	plana	pulida	0	gris oscuro	---	Andesita, pirita diseminada.
86	87	100	80	2	4	calcita	plana	pulida	3	gris oscuro	---	Andesita, pirita diseminada.
87	88	100	90	2	5	calcita	plana	pulida	3	gris oscuro	---	Andesita, pirita diseminada.
88	89	100	85	2	6	calcita	plana	pulida / lisa	3	gris oscuro	clorítica débil	Andesita, pirita diseminada.
89	90	100	0	0-1	0	arcilla	---	---	---	gris blanquecino	argílica fuerte	Andesita, presenta zona de falla
90	91	95	0	0-1	0	arcilla	---	---	---	gris blanquecino	argílica fuerte	Andesita, presenta zona de falla
91	92	95	0	0-1	0	arcilla	---	---	---	gris blanquecino	argílica fuerte	Andesita, presenta zona de falla
92	93	90	0	0-1	0	arcilla	---	---	---	gris blanquecino	argílica fuerte	Andesita, presenta zona de falla
93	94	90	0	0-1	0	arcilla	---	---	---	gris blanquecino	argílica fuerte	Andesita, presenta zona de falla
94	95	80	0	1-2	7	arcilla	plana	pulida / lisa	0	gris oscuro	---	Andesita
95	96	90	20	1-2	7	arcilla	plana	pulida	1	gris oscuro	argílica débil	Andesita
96	97	100	40	1-2	2	arcilla	plana	pulida	3	gris oscuro	---	Andesita
97	98	95	20	2	5	calcita	plana	pulida	3	gris oscuro	---	Andesita
98	99	95	50	2	3	calcita	plana	pulida	3	gris oscuro	---	Andesita
99	100	100	60	2	3	calcita	plana	pulida	3	gris verdoso a pardo	clorítica débil a moderada	Debris Flow Andesítica brechizada
100	101	100	25	2	4	calcita	plana	pulida	1-2	gris pardo verdoso	clorítica moderada a fuerte	Debris Flow Andesítica brechizada
101	102	95	55	2	2	---	plana	pulida	---	gris pardo verdoso	clorítica moderada a fuerte	Debris Flow Andesítica brechizada
102	103	80	40	1-2	2	arcilla	plana	pulida / lisa	4-5	gris pardo verdoso	clorítica moderada a fuerte	Debris Flow Andesítica brechizada
103	104	100	40	2	2	arcilla	plana	pulida / lisa	4-5	gris pardo verdoso	clorítica moderada a fuerte	Debris Flow Andesítica brechizada
104	105	60	0	0	0	arcilla	---	---	---	gris verdoso	argílica fuerte	Debris Flow Andesítica brechizada, presencia de zona de fallas
105	106	70	50	1-2	3	arcilla	plana	pulida / lisa	2	gris verdoso	clorítica moderada	Debris Flow Andesítica brechizada
106	107	70	30	0-2	2	arcilla	plana	pulida / lisa	2	gris verdoso	clorítica moderada / argílica moderada	Debris Flow Andesítica brechizada, presencia de zona de fallas
107	108	60	30	0-2	2	arcilla	plana	pulida/lisa	2	gris verdoso	clorítica moderada / argílica moderada	Debris Flow Andesítica brechizada, presencia de zona de fallas
108	109	100	85	1-2	2	calcita	plana	pulida	1	verde pardo grisáceo	clorítica fuerte	Debris Flow Andesítica brechizada
109	110	95	65	1-2	3	calcita / arcilla	plana	pulida / lisa	3	verde pardo grisáceo	clorítica moderada / argílica moderada	Debris Flow Andesítica brechizada
110	111	95	55	1-2	4	calcita / arcilla	plana	pulida / lisa	3	verde pardo grisáceo	clorítica fuerte	Debris Flow Andesítica brechizada
111	112	100	75	1-2	6	calcita	plana	pulida / lisa	1-2	verde pardo grisáceo	clorítica fuerte	Debris Flow Andesítica brechizada
112	113	100	35	1-2	4	calcita / arcilla	plana	pulida / lisa	3	verde pardo grisáceo	clorítica fuerte	Debris Flow Andesítica brechizada
113	114	95	10	0-2	0	arcilla	--	--	--	verde pardo grisáceo	clorítica fuerte / argílica fuerte	Debris Flow Andesítica brechizada, presencia de zona de falla de 113.25 - 113.50 m.
114	115	85	85	1-2	3	calcita	plana	pulida / lisa	3	verde pardo grisáceo	clorítica fuerte	Debris Flow Andesítica brechizada
115	116	100	65	1-2	3	calcita	plana / curva	pulida / lisa	2	verde pardo grisáceo	clorítica fuerte	Debris Flow Andesítica brechizada

REGISTRO DE PERFORACIÓN DIAMANTINA EN POZO HG-INM-C

SECTOR: Veta Ángela Coord. N 8347405 Diámetro HQ-NQ Proyecto Inmaculada / Perú
 ID SONDAJE: HG-INM-C Coord. E 689970 Empresa Geotécnica SAC Fecha:
 Geólogo: ICA-BOG Cota Operador Número de la página:

Desde	Hasta	% Rec (m)	RQD	Dureza (RO-R6)	FF/m	Tipo de Relleno de fracturas	Forma Fractura	Rugosidad	Espesor del relleno (mm)	Color Dominante	Alteración	Observaciones (litología/ tipo de roca) Descripción de la roca, propiedades secundarias otras observaciones importantes
116	117	100	70	1-2	4	calcita	curva	pulida / lisa	1-2	verde pardo grisáceo	clorítica fuerte	Debris Flow Andesítica brechizada
117	118	100	85	1-2	2	calcita	curva	pulida / lisa	1-2	verde pardo grisáceo	clorítica fuerte	Debris Flow Andesítica brechizada
118	119	90	75	1-2	3	calcita / cuarzo	plana / curva	pulida / lisa	4-5	verde pardo grisáceo	clorítica fuerte / argílica fuerte	Debris Flow Andesítica brechizada
119	120	90	45	0-2	4	calcita / cuarzo / arcilla	plana / curva	pulida / lisa	3	verde pardo grisáceo	clorítica fuerte / argílica fuerte	Debris Flow Andesítica brechizada, veta de cuarzo - calcita
120	121	50	0	0-1	0	arcilla / calcita	---	---	---	verdoso a pardo	clorítica fuerte / argílica fuerte	Debris Flow Andesítica brechizada, presenta zona de fallas
119.90	121.40	57	0	0	20	arcilla	-	-	-	gris claro verdoso	clorítica fuerte	Debris Flow Andesítica brechizada, presenta zona de fallas
121.40	123.00	69	31	1-2	20	cuarzo	-	-	-	gris claro verdoso	clorítica fuerte	Debris Flow Andesítica brechizada, de 121.40 a 122.0 m zona de intenso fracturamiento
123.00	124.50	87	30	1-2	14	arcilla	-	-	-	gris claro verdoso	clorítica fuerte	Debris Flow Andesítica brechizada
124.50	125.00	100	0	0	20	arcilla	-	-	-	gris claro verdoso	clorítica fuerte	Debris Flow Andesítica brechizada, presencia de zona de fallas
125.00	126.60	100	81	2	6	-	curva	rugosa	-	gris claro verdoso	clorítica fuerte	Debris Flow Andesítica brechizada
126.60	128.00	100	43	1-2	15	-	plana / curva	lisa / rugosa	-	gris claro verdoso	clorítica fuerte	Debris Flow Andesítica brechizada
128.00	129.55	100	61	2	11	-	plana / curva	lisa / rugosa	-	gris claro verdoso	clorítica fuerte	Debris Flow Andesítica brechizada
129.55	131.15	100	56	2	20	-	plana / curva	lisa / rugosa	-	gris claro verdoso	clorítica fuerte	Debris Flow Andesítica brechizada
131.15	132.65	60	13	1-2	13	cuarzo	plana / curva	lisa / rugosa	4	gris oscuro verdoso	clorítica fuerte	Debris Flow Andesítica brechizada
132.65	134.15	80	17	1-2	14	cuarzo / calcita	plana	lisa	4-5	gris oscuro verdoso	clorítica fuerte	Debris Flow Andesítica brechizada
134.15	135.55	93	0	0-1	20	cuarzo	-	-	-	gris oscuro verdoso	clorítica fuerte / argílica intensa	Debris Flow Andesítica brechizada
135.55	137.05	73	0	1	20	-	-	-	-	gris claro verdoso	clorítica fuerte	Debris Flow Andesítica brechizada, presenta zona de falla
137.05	138.05	100	0	1-2	20	-	-	-	-	gris claro verdoso	clorítica fuerte	Debris Flow Andesítica brechizada, presenta zona de falla
138.05	138.55	100	0	1	20	cuarzo	-	-	-	gris claro verdoso	clorítica fuerte	Debris Flow Andesítica brechizada, presenta zona de falla
138.55	140.05	100	70	3-4	11	calcita	curva	rugosa	2	gris verdoso	clorítica fuerte	Debris Flow Andesítica brechizada, presencia de amígdalas rellenas con cuarzo y óxidos de hierro
140.05	141.55	100	100	4	5	calcita	plana	lisa	1	gris verdoso	clorítica fuerte	Debris Flow Andesítica brechizada, de 143.05 a 143.15 m. zona de intenso fracturamiento
141.55	143.05	100	87	4	7	calcita	plana	lisa	1	gris verdoso	clorítica fuerte	Debris Flow Andesítica brechizada, presencia de amígdalas rellenas con cuarzo y óxidos de hierro
143.05	144.45	100	71	4	6	calcita	curva	rugosa	1	gris verdoso	clorítica fuerte	Debris Flow Andesítica brechizada, de 143.05 a 143.15 m. zona de intenso fracturamiento. Presencia de amígdalas rellenas con cuarzo y óxidos de hierro
144.45	145.15	100	157	4	5	-	plana	rugosa	1	gris verdoso	clorítica fuerte	Debris Flow Andesítica brechizada, presencia de amígdalas rellenas con cuarzo y óxidos de hierro
145.15	146.90	100	100	4	0	-	-	-	-	gris verdoso	clorítica fuerte	Debris Flow Andesítica brechizada, presencia de amígdalas rellenas con cuarzo y óxidos de hierro
146.90	148.50	100	100	4	5	cuarzo / calcita	plana	lisa	1	gris verdoso	clorítica fuerte	Debris Flow Andesítica brechizada, presencia de amígdalas rellenas con cuarzo y óxidos de hierro
148.50	150.00	100	73	4	8	cuarzo	plana	rugosa	4-5	gris verdoso	clorítica fuerte	Debris Flow Andesítica brechizada, presencia de amígdalas rellenas con cuarzo y óxidos de hierro

REGISTRO DE PERFORACIÓN DIAMANTINA EN POZO HG-INM-D

SECTOR: Boladero Coord. N 8347467 Diámetro HQ-NQ Proyecto Inmaculada / Perú
 ID SONDAJE: HG-INM-D Coord. E 688000 Empresa Geotécnica SAC Fecha: 13/10/2011
 Geólogo: J.S.M. Cota 4369 Operador Dante Número de la página:

Desde	Hasta	% Rec (m)	RQD	Dureza R (0-6)	FF/m	Tipo de Relleno de fracturas	Forma Fractura	Rugosidad	Espesor del relleno (mm)	Color Dominante	Alteración	Observaciones (litología/ tipo de roca) Descripción de la roca, propiedades secundarias otras observaciones importantes
0	1	100	0	-	-	-	-	-	-	marrón claro a rojizo	-	Sedimento coluvial, grava bien graduada con arena, grava sub angulosa a sub redondeada
1	2	100	0	-	-	-	-	-	-	marrón claro a rojizo	-	Sedimento coluvial arcilla arenosa con gravas, gravas de 5 - 15 mm, arcilla plastica desde
2	3	100	0	-	-	-	-	-	-	marrón claro a rojizo	-	Sedimento coluvial arcilla gravosa con arena, grava subangulosa (de 2.00 a 2.40 m. arcilla plástica de 2.40 a 3.00m. menor plasticidad)
3	4	100	0	-	-	-	-	-	-	marrón claro a rojizo	-	Sedimento coluvial arcilla gravosa con arena, grava subangulosa.
4	5	80	17	3	2	óxidos / arcilla	plana	poco rugosa	1	gris oscuro	oxidación leve, cloritica leve	Andesita, presencia de sedimento y roca, relleno de arcilla y gravas
5	6	100	0	3	16	óxidos / arcilla	irregular	poco rugosa	1	gris oscuro verdoso	oxidación leve, cloritica leve	Andesita, presencia de arcillas, mezcla de sedimento y bolones o roca transportada
6	7	100	27	3	16	-	-	-	-	gris oscuro verdoso	oxidación leve, cloritica leve	Andesita, presencia de arcillas o mezcla de sedimento y bolones o roca transportada
7	8	100	0	3	17	-	-	-	-	gris verdoso	oxidación leve, cloritica leve	
8	9	90	0	3	16	-	-	-	-	gris verdoso	oxidación leve, cloritica leve	Zona de andesita, posible perforación de bolón grande que se encuentra dentro de la matriz de sedimento, presencia de arcillas; se trata de una posible zona de bolones de andesita que son parte de un deslizamiento de rocas y transporte de sedimentos, lo que se define como sedimento coluvial
9	10	100	36	3	16	-	-	-	-	gris verdoso	oxidación leve, cloritica leve	
10	11	80	0	3	16	-	-	-	-	gris verdoso	oxidación leve, cloritica leve	
11	12	100	0	3	16	-	-	-	-	gris verdoso	oxidación leve, cloritica leve	
12	13	100	0	3	15	-	-	-	-	gris verdoso	oxidación leve, cloritica leve	Andesita fracturada, presencia de finos y gravas color marrón
13	14	90	0	3	16	óxidos / arcilla	plana	poco rugosa	1	gris verdoso	oxidación leve, cloritica leve	Andesita, presencia de arcillas y gravas sub - angulosas
14	15	75	0	2	16	-	-	-	-	gris oscuro a marrón	cloritica leve	Andesita, presencia de arcillas y gravas sub - angulosas
15	16	80	0	-	-	-	-	-	-	gris oscuro a marrón	cloritica leve	Andesita, presencia de arcillas y gravas sub - angulosas
16	17	80	0	-	-	-	-	-	-	gris oscuro a marrón	oxidación leve, cloritica leve	Andesita, presencia de arcilla
17	18	80	0	-	-	-	-	-	-	gris oscuro a marrón	cloritica leve	Sedimento coluvial, grava arcillosa con arenas
18	19	75	0	-	-	-	-	-	-	gris oscuro	-	Sedimento coluvial, grava pobremente graduada con arena y limos.
19	20	90	18	3	-	-	-	-	-	gris verdoso	cloritica leve	De 19.00 a 19.35, posible perforación de bolón de andesita, de: de 19.35 a 20.00 m. grava arcillosa con arenas
20	21	70	0	-	-	-	-	-	-	gris a marrón oscuro	-	Sedimento coluvial, arcilla arenosa con gravas, grava sub angulosa
21	22	85	0	-	-	-	-	-	-	marrón oscuro	-	Sedimento coluvial, arcilla arenosa con gravas, arcilla de plasticidad media
22	23	90	0	-	-	-	-	-	-	gris	-	Sedimento coluvial, arcilla arenosa con gravas
23	24	100	38	3	1	arcilla	plana	lisa	1	gris a gris oscuro	cloritica leve	Posible perforación de bolón de andesita en una matriz de sedimento arcilla arenosa con gravas
24	25	100	12	3	-	-	-	-	-	gris a gris oscuro	cloritica leve	Posible perforación de bolón de andesita en una matriz de sedimento arcilla arenosa con gravas
25	26	100	17	3	2	óxidos / arcilla	plana	lisa	2	gris a gris oscuro	cloritica leve	Andesita (60% del core) y sedimento coluvial arcilla arenosa con gravas
26	27	75	0	-	-	-	-	-	-	gris a gris oscuro	-	Sedimento coluvial, arcilla gravosa con arenas, alta plasticidad de arcilla
27	28	65	0	-	15	-	-	-	-	gris a gris oscuro	-	Andesita, presencia de arcilla, posible bolón
28	29	100	31	3	17	óxidos / arcilla	plana	lisa	2	gris a gris oscuro	cloritica leve, propilitica leve	Andesita, presencia de arcilla, posible bolón
29	30	100	0	-	16	-	-	-	-	gris a gris oscuro	cloritica leve	Andesita, presencia de arcilla, posible bolón
30	31	90	20	3	16	-	-	-	-	gris a gris oscuro	cloritica leve	Andesita, presencia de venillas de calcita
31	32	100	30	3	18	-	-	-	-	gris a gris oscuro	cloritica leve	Andesita; de 31.30 a 32.00 roca intensamente fracturada
32	33	90	22	3	18	hematita	ondulada	lisa	-	gris a gris oscuro	cloritica leve	Andesita, a 31.40 m. cambia a NQ, venillas de calcita y presencia de arcillas
33	34	80	27	3	16	-	-	-	-	gris oscuro	oxidación leve	Andesita, posible perforación de bolones
34	35	80	0	3	16	arcilla	plana	poco rugosa	2	gris oscuro	argilica leve	Andesita, posible perforación de bolones, presencia de argilización
35	36	55	0	-	-	-	-	-	-	gris oscuro	-	
36	37	65	0	-	-	-	-	-	-	gris oscuro	-	Sedimento coluvial, arcilla arenosa con gravas, de plasticidad media a alta

REGISTRO DE PERFORACIÓN DIAMANTINA EN POZO HG-INM-D

SECTOR: Boladero Coord. N 8347467 Diámetro HQ-NQ Proyecto Inmaculada / Perú
 ID SONDAJE: HG-INM-D Coord. E 688000 Empresa Geotécnica SAC Fecha: 13/10/2011
 Geólogo: J.S.M. Cota 4369 Operador Dante Número de la página:

Desde	Hasta	% Rec (m)	RQD	Dureza R (0-6)	FF/m	Tipo de Relleno de fracturas	Forma Fractura	Rugosidad	Espesor del relleno (mm)	Color Dominante	Alteración	Observaciones (litología/ tipo de roca) Descripción de la roca, propiedades secundarias otras observaciones importantes
37	38	85	0	-	-	-	-	-	-	gris oscuro	-	Sedimento coluvial, arcilla gravosa con arenas, de plasticidad media a alta
38	39	90	0	-	-	-	-	-	-	gris oscuro	-	Arcilla gravosa con arenas, arcilla plástica
39	40	80	0	-	-	-	-	-	-	gris oscuro	-	Arcilla gravosa con arenas, plasticidad media, presencia de andesita en core debido a posible perforación de bolones
40	41	50	0	-	-	-	-	-	-	gris oscuro	-	Arcilla gravosa arenosa plasticidad media, presencia de andesita en core debido a posible perforación de bolones
41	42	60	0	-	-	-	-	-	-	gris oscuro	-	Arcilla gravosa con arenas, plasticidad media
42	43	75	0	-	-	-	-	-	-	gris oscuro	-	
43	44	55	0	-	-	-	-	-	-	gris oscuro	-	
44	45	85	0	-	-	-	-	-	-	gris oscuro	-	
45	46	100	0	-	-	-	-	-	-	marrón oscuro	-	
46	47	100	0	-	-	-	-	-	-	marrón oscuro	-	
47	48	100	0	-	-	-	-	-	-	marrón oscuro	-	
48	49	100	0	-	-	-	-	-	-	marrón oscuro	-	
49	50	100	0	-	-	-	-	-	-	marrón oscuro	-	
50	51	100	0	-	-	-	-	-	-	gris oscuro	-	Roca andesita, posible perforación de bolones, presencia de arcilla
51	52	65	0	-	-	-	-	-	-	marrón oscuro	-	Sedimento coluvial, arcilla gravosa con arenas.
52	53	30	0	-	-	-	-	-	-	marrón oscuro	-	Sedimento coluvial, arcilla gravosa con arenas.
53	53.45	25	0	-	-	-	-	-	-	gris oscuro	-	Roca andesita intensamente fracturada, posible perforación de bolones, presencia de arcilla
53.45	54.85	100	0	-	-	-	-	-	-	gris oscuro	-	Grava bien graduada con arenas (1.5 mm - 2.5 mm.); Sedimentos aluviales?, posible río

REGISTRO DE PERFORACIÓN DIAMANTINA EN POZO HG-INM-E

SECTOR: Sector Boladero Coord. N 8347467 Diámetro HQ Proyecto Inmaculada / Perú
 ID SONDAJE: HG-INM-E Coord. E 688000 Empresa Geotécnica SAC Fecha: 24/09/2011
 Geologo: ICA- MS Cota 4369 Operador Rosmel Uscuchahua Número de la página:

Desde	Hasta	% Rec (m)	ROD	Dureza (RO-R6)	FF/m	Tipo de Relleno de fracturas	Forma Fractura	Rugosidad	Espesor del relleno (mm)	Color Dominante	Alteración	Observaciones (litología/ tipo de roca) Descripción de la roca, propiedades secundarias otras observaciones importantes
0	1	100	0	0	20	-	-	-	-	castaño rojizo	arcilla	Suelo, arcilla arenosa con grava
1	2	100	0	0-2	20	-	irregular	muy rugosa	-	gris medio a blanco	clorítica	Suelo: de 1.00 - 1.40m arcilla; 1.40 - 1.80m grava pobremente graduada; 1.80 - 2.00m arena
2	3	100	0	0-2	16	-	irregular	muy rugosa	-	gris medio a claro	clorítica	Debris Flow andesítica brechizada, de 2.00 - 2.20m arena de roca; 2.20 - 2.60m. Intensamente fracturada. de 2.70 - 2.80m roca triturada v. arcilla
3	4	100	26	2-3	18	-	irregular / plana	muy rugosa / lisa	-	gris medio a violáceo	clorítica leve	Debris Flow Andesítica brechizada
4	5	100	41	0-3	14	-	irregular	muy rugosa	-	gris medio a violáceo	clorítica leve	Debris Flow andesítica brechizada; de 4.00 - 4.50m. roca intensamente fracturada
5	6	100	22	3-4	14	-	irregular / plana	poco rugosa / lisa	-	gris medio a violáceo	-	Debris Flow andesítica brechizada, de 5.60 - 5.90m. roca intensamente fracturada.
6	7	100	84	4	6	-	plana / irregular	rugosa / lisa	-	gris medio a violáceo	oxidación leve (óxidos de hierro)	Debris Flow andesítica brechizada
7	8	100	70	4	12	-	irregular	rugosa	-	gris medio a violáceo	-	Debris Flow andesítica brechizada
8	9	100	92	4	4	-	plana / irregular	poco rugosa / lisa	-	gris medio a violáceo	-	Debris Flow andesítica brechizada
9	10	100	85	4	8	-	plana / irregular	rugosa / lisa	-	gris medio a violáceo	-	Debris Flow andesítica brechizada
10	11	100	55	3-4	9	calcita	irregular / plana	muy rugosa / lisa	1 - 8	gris medio a violáceo	oxidación leve (óxidos de hierro)	Debris Flow andesítica brechizada
11	12	100	65	3-4	9	calcita	irregular / plana	rugosa / lisa	2	gris medio a violáceo	oxidación leve (óxidos de hierro)	Debris Flow andesítica brechizada, de 11.05 - 11.40m roca intensamente fracturada.
12	13	100	100	3-4	3	-	plana	lisa	-	gris claro verdoso	-	Debris Flow andesítica brechizada
13	14	100	88	3-4	3	calcita	irregular / plana	poco rugosa / lisa	3	gris claro verdoso	clorítica leve	Debris Flow andesítica brechizada
14	15	100	12	3-4	12	-	irregular / plana	muy rugosa / lisa	-	gris claro verdoso	clorítica leve	Debris Flow andesítica brechizada, de 14.30 - 15.00m. roca intensamente fracturada.
15	16	100	40	3	15	-	irregular / plana	muy rugosa / lisa	-	gris claro verdoso	clorítica leve	Debris Flow andesítica brechizada, de 15.00 - 15.35m roca intensamente fracturada.
16	17	100	80	3	15	-	irregular / plana	muy rugosa / lisa	-	gris claro verdoso	clorítica leve	Debris Flow andesítica brechizada, de 16.40 - 16.50m roca intensamente fracturada.
17	18	100	55	3	6	calcita	irregular / plana	muy rugosa / lisa	3	gris claro verdoso	clorítica leve	Debris Flow andesítica brechizada
18	19	100	75	3	11	calcita	irregular / plana	rugosa / lisa	1	gris claro verdoso	clorítica leve	Debris Flow andesítica brechizada
19	20	100	98	3	7	-	irregular / plana	poco rugosa / lisa	-	gris claro verdoso	clorítica leve; oxidación leve (óxidos de hierro)	Debris Flow andesítica brechizada
20	21	100	80	3	12	-	irregular / plana	rugosa / lisa	-	gris verde claro	clorítica leve	Debris Flow andesítica brechizada
21	22	100	76	3	11	calcita	irregular / plana	rugosa / lisa	2	gris verde claro	clorítica leve	Debris Flow andesítica brechizada
22	23	100	52	3	15	-	irregular / plana	poco rugosa / lisa	-	gris verde claro	clorítica leve; oxidación (óxidos de hierro)	Debris Flow andesítica brechizada, presencia de pirita
23	24	100	38	3	12	-	irregular / plana	muy rugosa / lisa	-	gris muy claro / rojizo	clorítica leve; oxidación (óxidos de hierro)	Debris Flow andesítica brechizada
24	25	100	25	0-2	16	arcilla / óxidos de hierro	irregular / plana	rugosa / lisa	-	gris muy claro / rojizo	argílica, óxidos de hierro	Debris Flow andesítica brechizada, de 24.70 - 25.00m zona de talla con roca intensamente fracturada
25	26	100	74	0-3	8	arcilla / óxidos de hierro	irregular / plana	rugosa / lisa	-	gris muy claro / rojizo	argílica, óxidos de hierro	Debris Flow andesítica brechizada
26	27	100	50	0-3	11	arcilla / óxidos de hierro	irregular / plana	rugosa / lisa	-	gris muy claro / rojizo	clorítica; sericitita; oxidación (óxidos de hierro)	Debris Flow andesítica brechizada
27	28	100	60	3-2	10	óxidos de hierro	irregular / plana	muy rugosa / lisa	-	gris muy claro / rojizo	clorítica moderada; óxidos de hierro	Debris Flow andesítica brechizada
28	29	100	70	0-2	10	arcilla / óxidos de hierro	irregular / plana	muy rugosa / lisa	-	gris muy claro / rojizo	argílica fuerte, oxidación fuerte (óxidos de hierro)	Debris Flow andesítica brechizada
29	30	100	90	0-2	5	arcilla / óxidos de hierro	irregular / plana	rugosa / lisa	-	gris muy claro / rojizo	argílica fuerte, oxidación fuerte (óxidos de hierro)	Debris Flow andesítica brechizada
30	31	100	75	0-1	7	arcilla rojiza / blanca	irregular / plana	rugosa	-	gris muy claro / blanco	argílica fuerte, oxidación fuerte (óxidos de hierro)	Debris Flow andesítica brechizada
31	32	100	10	0-2	12	arcilla rojiza	irregular / plana	muy rugosa / lisa	-	gris claro / rojizo	clorítica leve; oxidación (óxidos de hierro)	Debris Flow andesítica brechizada, de 31.15 - 31.65m; relleno de arcilla
32	33	100	15	0-2	14	arcilla rojiza / blanca	irregular / plana	muy rugosa / lisa	-	gris claro / rojizo	clorítica leve; oxidación (óxidos de hierro)	Debris Flow andesítica brechizada, zona de falla desde 32.80 - 32.85m
33	34	100	13	0-3	12	arcilla rojiza	irregular / plana	muy rugosa	-	gris claro / rojizo	clorítica fuerte en matriz y clasto	Debris Flow andesítica brechizada, zona de talla 33.70 - 33.80m / 33.60 - 33.70m / 33.00 - 33.15m
34	35	100	76	3-2	8	arcilla rojiza	irregular / plana	rugosa / lisa	-	gris verdoso claro	clorítica fuerte en matriz y clasto	Debris Flow andesítica brechizada
35	36	100	80	3	5	-	irregular / plana	rugosa / lisa	-	gris verdoso claro	clorítica fuerte en matriz y clasto	Debris Flow andesítica brechizada
36	37	100	83	3	7	-	plana	rugosa / lisa	-	gris verdoso claro	clorítica fuerte en matriz y clasto	Debris Flow andesítica brechizada
37	38	100	80	3	3	-	irregular / plana	rugosa / lisa	-	gris verdoso claro	clorítica fuerte en matriz y clasto	Debris Flow andesítica brechizada

REGISTRO DE PERFORACIÓN DIAMANTINA EN POZO HG-INM-E

SECTOR: Sector Botadero Coord. N 8347467 Diámetro HQ Proyecto Inmaculada / Perú
 ID SONDAJE: HG-INM-E Coord. E 688000 Empresa Geotécnica SAC Fecha: 24/09/2011
 Geólogo: ICA- MS Cota 4369 Operador Rosmel Uscuchahua Número de la página:

Desde	Hasta	% Rec (m)	RQD	Dureza (RO-R6)	FF/m	Tipo de Relleno de fracturas	Forma Fractura	Rugosidad	Espesor del relleno (mm)	Color Dominante	Alteración	Observaciones (litología/ tipo de roca) Descripción de la roca, propiedades secundarias otras observaciones importantes
38	39	100	100	3	4	-	irregular / plana	muy rugosa / lisa	-	gris verdoso claro	clorítica fuerte en matriz y clasto	Debris Flow andesítica brechizada
39	40	100	100	3	3	-	irregular / plana	rugosa / lisa	-	gris verdoso claro	clorítica fuerte en matriz y clasto	Debris Flow andesítica brechizada
40	41	100	62	3	12	roca triturada (arena)	irregular / plana	muy rugosa / lisa	-	gris verdoso claro	clorítica fuerte en matriz y clasto	Debris Flow andesítica brechizada
41	42	100	80	3	6	-	irregular	muy rugosa	-	gris verdoso claro	clorítica fuerte en matriz y clasto	Debris Flow andesítica brechizada
42	43	100	66	3	5	-	irregular / plana	rugosa / poco rugosa	-	gris verdoso claro	clorítica fuerte en matriz y clasto	Debris Flow andesítica brechizada
43	44	100	100	3	3	-	irregular / plana	rugosa	-	gris verdoso claro	clorítica fuerte en matriz y clasto	Debris Flow andesítica brechizada
44	45	100	70	3	6	-	irregular / plana	muy rugosa / lisa	-	gris verdoso claro	clorítica fuerte en matriz y clasto	Debris Flow andesítica brechizada
45	46	100	85	3	6	-	irregular / plana	muy rugosa	-	gris verdoso claro	clorítica fuerte en matriz y clasto	Debris Flow andesítica brechizada
46	47	100	75	3	5	calcita	irregular / plana	poco rugosa / lisa	3	gris verdoso claro	clorítica fuerte en matriz y clasto	Debris Flow andesítica brechizada
47	48	100	95	3	3	-	irregular	muy rugosa	-	gris verdoso claro	clorítica fuerte en matriz y clasto	Debris Flow andesítica brechizada
48	49	100	100	3	1	-	irregular	muy rugosa	-	gris verdoso claro	clorítica fuerte en matriz y clasto	Debris Flow andesítica brechizada
49	50	100	90	3	2	-	irregular	muy rugosa	-	gris verdoso claro	clorítica fuerte en matriz y clasto	Debris Flow andesítica brechizada
0	1	100	0	0	20	-	-	-	-	castaño rojizo	arcilla	Suelo, arcilla arenosa con grava
1	2	100	0	0-2	20	-	irregular	muy rugosa	-	gris medio a blanco	clorítica	Suelo; de 1.00 - 1.40m arcilla; 1.40 - 1.80m grava pobremente graduada; 1.80 - 2.00m arena
2	3	100	0	0-2	16	-	irregular	muy rugosa	-	gris medio a claro	clorítica	Debris Flow andesítica brechizada, de 2.00 - 2.20m arena de roca; 2.20 - 2.60m intensamente fracturada, de 2.70 - 2.80m roca triturada y arcilla
3	4	100	26	2-3	18	-	irregular / plana	muy rugosa / lisa	-	gris medio a violáceo	clorítica leve	Debris Flow Andesítica brechizada
4	5	100	41	0-3	14	-	irregular	muy rugosa	-	gris medio a violáceo	clorítica leve	Debris Flow andesítica brechizada; de 4.00 - 4.50m. roca intensamente fracturada
5	6	100	22	3-4	14	-	irregular / plana	poco rugosa / lisa	-	gris medio a violáceo	-	Debris Flow andesítica brechizada, de 5.60 - 5.90m. roca intensamente fracturada.
6	7	100	84	4	6	-	irregular / plana	rugosa / lisa	-	gris medio a violáceo	oxidación leve (óxidos de hierro)	Debris Flow andesítica brechizada
7	8	100	70	4	12	-	irregular	rugosa	-	gris medio a violáceo	-	Debris Flow andesítica brechizada
8	9	100	92	4	4	-	irregular / plana	poco rugosa / lisa	-	gris medio a violáceo	-	Debris Flow andesítica brechizada
9	10	100	85	4	8	-	irregular / plana	rugosa / lisa	-	gris medio a violáceo	-	Debris Flow andesítica brechizada
10	11	100	55	3-4	9	calcita	irregular / plana	muy rugosa / lisa	1-8	gris medio a violáceo	oxidación leve (óxidos de hierro)	Debris Flow andesítica brechizada
11	12	100	65	3-4	9	calcita	irregular / plana	rugosa / lisa	2	gris medio a violáceo	oxidación leve (óxidos de hierro)	Debris Flow andesítica brechizada, de 11.05 - 11.40m roca intensamente fracturada.
12	13	100	100	3-4	3	-	plana	lisa	-	gris claro verdoso	-	Debris Flow andesítica brechizada
13	14	100	88	3-4	3	calcita	irregular / plana	poco rugosa / lisa	3	gris claro verdoso	clorítica leve	Debris Flow andesítica brechizada
14	15	100	12	3-4	12	-	irregular / plana	muy rugosa / lisa	-	gris claro verdoso	clorítica leve	Debris Flow andesítica brechizada, de 14.30 - 15.00m. roca intensamente fracturada.
15	16	100	40	3	15	-	irregular / plana	muy rugosa / lisa	-	gris claro verdoso	clorítica leve	Debris Flow andesítica brechizada, de 15.00 - 15.35m roca intensamente fracturada.
16	17	100	80	3	15	-	irregular / plana	muy rugosa / lisa	-	gris claro verdoso	clorítica leve	Debris Flow andesítica brechizada, de 16.40 - 16.50m roca intensamente fracturada.
17	18	100	55	3	6	calcita	irregular / plana	muy rugosa / lisa	3	gris claro verdoso	clorítica leve	Debris Flow andesítica brechizada
18	19	100	75	3	11	calcita	irregular / plana	rugosa / lisa	1	gris claro verdoso	clorítica leve	Debris Flow andesítica brechizada
19	20	100	98	3	7	-	irregular / plana	poco rugosa / lisa	-	gris claro verdoso	clorítica leve; oxidación leve (óxidos de hierro)	Debris Flow andesítica brechizada
20	21	100	80	3	12	-	irregular / plana	rugosa / lisa	-	gris verde claro	clorítica leve	Debris Flow andesítica brechizada
21	22	100	76	3	11	calcita	irregular / plana	rugosa / lisa	2	gris verde claro	clorítica leve	Debris Flow andesítica brechizada
22	23	100	52	3	15	-	irregular / plana	poco rugosa / lisa	-	gris verde claro	clorítica leve; oxidación (óxidos de hierro)	Debris Flow andesítica brechizada, presencia de pirlita
23	24	100	38	3	12	-	irregular / plana	muy rugosa / lisa	-	gris muy claro / rojizo	clorítica leve; oxidación (óxidos de hierro)	Debris Flow andesítica brechizada
24	25	100	25	0-2	16	arcilla / óxidos de hierro	irregular / plana	rugosa / lisa	-	gris muy claro / rojizo	argílica, óxidos de hierro	Debris Flow andesítica brechizada, de 24.70 - 25.00m zona de falla con roca intensamente fracturada
25	26	100	74	0-3	8	arcilla / óxidos de hierro	irregular / plana	rugosa / lisa	-	gris muy claro / rojizo	argílica, óxidos de hierro	Debris Flow andesítica brechizada
26	27	100	50	0-3	11	arcilla / óxidos de hierro	irregular / plana	rugosa / lisa	-	gris muy claro / rojizo	clorítica; sericita; oxidación (óxidos de hierro)	Debris Flow andesítica brechizada

REGISTRO DE PERFORACIÓN DIAMANTINA EN POZO HG-INM-E

SECTOR: Sector Botadero Coord. N 8347467 Diámetro HQ Proyecto Inmaculada / Perú
 ID SONDAJE: HG-INM-E Coord. E 688000 Empresa Geotécnica SAC Fecha: 24/09/2011
 Geólogo: ICA- MS Cota 4369 Operador Rosmel Uscuchahua Número de la página:

Desde	Hasta	% Rec (m)	RQD	Dureza (RO-R6)	FF/m	Tipo de Relleno de fracturas	Forma Fractura	Rugosidad	Espesor del relleno (mm)	Color Dominante	Alteración	Observaciones (litología/ tipo de roca) Descripción de la roca, propiedades secundarias otras observaciones importantes
27	28	100	60	3 - 2	10	óxidos de fierro	irregular / plana	muy rugosa / lisa	-	gris muy claro / rojizo	clorítica moderada: óxidos de fierro	Debris Flow andesítica brechizada
28	29	100	70	0 - 2	10	arcilla / óxidos de fierro	irregular / plana	muy rugosa / lisa	-	gris muy claro / rojizo	argílica fuerte, oxidación fuerte (óxidos de fierro)	Debris Flow andesítica brechizada
29	30	100	90	0 - 2	5	arcilla / óxidos de fierro	irregular / plana	rugosa / lisa	-	gris muy claro / blanco	argílica fuerte, oxidación fuerte (óxidos de fierro)	Debris Flow andesítica brechizada
30	31	100	75	0 - 1	7	arcilla rojiza / blanca	irregular / plana	rugosa	-	gris muy claro / blanco	argílica fuerte, oxidación fuerte (óxidos de fierro)	Debris Flow andesítica brechizada
31	32	100	10	0 - 2	12	arcilla rojiza	irregular / plana	muy rugosa / lisa	-	gris claro / rojizo	clorítica leve: oxidación (óxidos de fierro)	Debris Flow andesítica brechizada, de 31.15 - 31.65m: relleno de arcilla
32	33	100	15	0 - 2	14	arcilla rojiza / blanca	irregular / plana	muy rugosa / lisa	-	gris claro / rojizo	clorítica leve: oxidación (óxidos de fierro)	Debris Flow andesítica brechizada, zona de falla desde 32.80 - 32.85m
33	34	100	13	0 - 3	12	arcilla rojiza	irregular / escalonada	muy rugosa	-	gris claro / rojizo	clorítica fuerte en matriz y clasto	Debris Flow andesítica brechizada, zona de falla 33.70 - 33.80m / 33.60 - 33.70m / 33.00 - 33.15m
34	35	100	76	3 - 2	8	arcilla rojiza	irregular / plana	rugosa / lisa	-	gris verdoso claro	clorítica fuerte en matriz y clasto	Debris Flow andesítica brechizada
35	36	100	80	3	5	-	irregular / plana	rugosa / lisa	-	gris verdoso claro	clorítica fuerte en matriz y clasto	Debris Flow andesítica brechizada
36	37	100	83	3	7	-	plana	rugosa / lisa	-	gris verdoso claro	clorítica fuerte en matriz y clasto	Debris Flow andesítica brechizada
37	38	100	80	3	3	-	irregular / plana	rugosa / lisa	-	gris verdoso claro	clorítica fuerte en matriz y clasto	Debris Flow andesítica brechizada
38	39	100	100	3	4	-	irregular / plana	muy rugosa / lisa	-	gris verdoso claro	clorítica fuerte en matriz y clasto	Debris Flow andesítica brechizada
39	40	100	100	3	3	-	irregular / plana	rugosa / lisa	-	gris verdoso claro	clorítica fuerte en matriz y clasto	Debris Flow andesítica brechizada
40	41	100	62	3	12	roca triturada (arena)	irregular / plana	muy rugosa / lisa	-	gris verdoso claro	clorítica fuerte en matriz y clasto	Debris Flow andesítica brechizada
41	42	100	80	3	6	-	irregular	muy rugosa	-	gris verdoso claro	clorítica fuerte en matriz y clasto	Debris Flow andesítica brechizada
42	43	100	66	3	5	-	irregular / plana	rugosa / poco rugosa	-	gris verdoso claro	clorítica fuerte en matriz y clasto	Debris Flow andesítica brechizada
43	44	100	100	3	3	-	irregular / plana	rugosa	-	gris verdoso claro	clorítica fuerte en matriz y clasto	Debris Flow andesítica brechizada
44	45	100	70	3	6	-	irregular / plana	muy rugosa / lisa	-	gris verdoso claro	clorítica fuerte en matriz y clasto	Debris Flow andesítica brechizada
45	46	100	85	3	6	-	irregular / ondulada	muy rugosa	-	gris verdoso claro	clorítica fuerte en matriz y clasto	Debris Flow andesítica brechizada
46	47	100	75	3	5	calcita	plana / irregular	poco rugosa / muy rugosa	3	gris verdoso claro	clorítica fuerte en matriz y clasto	Debris Flow andesítica brechizada
47	48	100	95	3	3	-	irregular	muy rugosa	-	gris verdoso claro	clorítica fuerte en matriz y clasto	Debris Flow andesítica brechizada
48	49	100	100	3	1	-	irregular	muy rugosa	-	gris verdoso claro	clorítica fuerte en matriz y clasto	Debris Flow andesítica brechizada
49	50	100	90	3	2	-	irregular	muy rugosa	-	gris verdoso claro	clorítica fuerte en matriz y clasto	Debris Flow andesítica brechizada

REGISTRO DE PERFORACIÓN DIAMANTINA EN POZO HG-INM-F

SECTOR: Sector Botadero Coord. N 8347467 Diámetro HQ3 Proyecto Inmaculada / Perú
 ID SONDAJE: HG-INM-F Coord. E 688000 Empresa Geotécnica SAC Fecha:
 Geólogo: ICA- MS Cota 4369 Operador Rosmel Usucuhaua Número de la página:

Desde	Hasta	% Rec (m)	RQD	Dureza R (0-6)	FF/m	Tipo de Relleno de fracturas	Forma Fractura	Rugosidad	Espesor del relleno (mm)	Color Dominante	Alteración	Observaciones (litología/ tipo de roca) Descripción de la roca, propiedades secundarias otras observaciones importantes
0	1	90	0	0-2	-	arcilla gris	-	-	-	pardo rojizo / gris claro	argilica fuerte, oxidación local (óxidos de fierro)	0.0 - 0.13m : suelo coluvial grava arenosa con arcillas, 0.13 - 1.00m : contacto con roca Andesita.
1	2	100	0	0-2	11	oxidados	irregular / plana	rugosa	0	gris claro	argilica fuerte, oxidación local leve (óxidos de fierro)	Andesita localmente competente. Localmente muy deleznable
2	3	70	0	0-3	20	-	irregular	rugosa	-	gris claro	argilica moderada, oxidación leve (óxidos de fierro)	Andesita
3	4	100	29	0-3	20	arcilla gris	irregular	rugosa	0	gris claro	argilica fuerte	Andesita, presencia de arcillas
4	5	90	22	3	14	-	irregular	rugosa / muy rugosa	-	gris claro	oxidación local leve (óxidos de fierro)	Andesita
5	6	100	40	3	14	-	irregular	muy rugosa	-	gris claro	oxidación local (óxidos de fierro)	Debris Flow Andesitica brechizada
6	7	100	0	0-3	20	-	-	-	-	gris claro	argilica intensa	Andesita
7	8	64	0	0-3	20	-	-	-	-	gris claro	argilica intensa	Andesita, triturada de 7.00-7.70 m.
8	9	100	0	0	-	-	-	-	-	gris claro	argilica intensa	Andesita
9	10	100	0	0	-	-	-	-	-	gris claro	argilica intensa	Arcilla
10	11	100	0	0	-	-	-	-	-	gris claro	argilica intensa	Arcilla
11	12	100	0	0	-	-	-	-	-	gris claro	argilica intensa	Arcilla: localmente clastos angulosas de Andesita
12	13	95	0	0	-	-	-	-	-	gris claro	argilica intensa	Arcilla
13	14	86	20	0-3	20	arcilla	irregular / plana	rugosa / lisa	0	gris claro	argilica moderada a intensa	Arcilla hasta 13.15m: de 13.15-14.10 m. andesita
14	15	63	0	0	-	-	-	-	-	gris claro	argilica intensa	De 14.10 - 15.60 m. arcilla
15	16	57	20	0-3	-	-	-	-	-	gris claro	argilica intensa	De 15.60 - 18.60 m. andesita
16	17	57	0	0	-	-	-	-	-	gris claro	argilica intensa	Arcilla
17	18	73	0	0	-	-	-	-	-	gris claro	argilica intensa	Arcilla
18	19	73	15	0	-	-	-	-	-	gris claro	argilica intensa	Arcilla
19	20	93	0	0	-	-	-	-	-	gris claro	argilica intensa	Arcilla
20	21	93	0	0-2	-	-	-	-	-	gris claro	argilica intensa	Arcilla hasta 20.80m: andesita 20.80 - 21.00 m
21	22	70	45	3	7	-	irregular	rugosa	-	gris claro	argilica leve a fuerte	Andesita
22	23	100	100	3	2	-	irregular	muy rugosa	-	gris claro	-	Andesita
23	24	90	25	3	20	arcilla	irregular	rugosa	0	gris claro	argilica intensa	Andesita hasta los 23.20m: de 23.20 - 24.00 m. zona de falla intensamente triturada y arcilla
24	25	90	70	3	2	arcilla	irregular	rugosa	0	gris claro	-	Andesita compacta 24.00 - 24.70 m : zona de falla / arena 24.70 - 25.00 m.
25	26	33	-	3	-	arcilla	irregular	rugosa	0	gris claro / gris oscuro	oxidación leve (óxidos de fierro)	Arena fina / zona de falla
26	27	100	80	3	2	-	irregular	rugosa	-	gris claro	argilica moderada	Andesita
27	28	100	95	3	6	-	plana	lisa / ondulada	-	gris claro	argilica moderada	Andesita
28	29	100	65	3-2	14	-	irregular / plana	lisa / ondulada	-	gris claro	argilica moderada	Andesita: intensamente fracturada 28.75 - 29.00 m.
29	30	100	80	3-2	4	-	irregular / plana	lisa / muy rugosa	-	gris oscuro	argilica moderada	Andesita
30	31	100	30	3	20	-	irregular	rugosa	-	gris oscuro	argilica moderada	Andesita
31	32	50	20	3-0	6	-	irregular	rugosa	-	gris claro	argilica intensa	Andesita, arcilla por tramos
32	33	80	50	3-0	7	-	irregular	rugosa	-	gris claro	argilica intensa	Andesita
33	34	80	-	0-2	-	-	-	-	-	gris claro	argilica intensa	Andesita
34	35	70	-	0-2	-	-	-	-	-	gris claro	argilica intensa	Andesita
35	36	100	90	3	2	-	plana	rugosa	-	gris claro	argilica leve	Andesita
36	37	90	85	3-0	11	-	irregular	rugosa	-	gris claro	argilica leve	Andesita: zona de intenso fracturamiento 36.60 - 37.00 m; zona de falla
37	38	27	0	0	-	-	-	-	-	gris claro	argilica intensa	Andesita: zona de intenso fracturamiento 37.00 - 37.60m; zona de falla

REGISTRO DE PERFORACIÓN DIAMANTINA EN POZO HG-INM-F

SECTOR: Sector Boladero Coord. N 8347467 Diámetro HQ3 Proyecto Inmaculada / Perú
 ID SONDAJE: HG-INM-F Coord. E 688000 Empresa Geotécnica SAC Fecha:
 Geólogo: ICA- MS Cota 4369 Operador Rosmel Uscuchahua Número de la página:

Desde	Hasta	% Rec (m)	RQD	Dureza R (0-6)	FF/m	Tipo de Relleno de fracturas	Forma Fractura	Rugosidad	Espesor del relleno (mm)	Color Dominante	Alteración	Observaciones (litología/ tipo de roca) Descripción de la roca, propiedades secundarias otras observaciones importantes
38	39	100	80	3	7	arcilla	irregular	rugosa	0	gris claro	argilica moderada	Andesita
39	40	100	90	4	3	calcita	irregular	lisa / rugosa	0	gris claro	argilica moderada	Andesita
40	41	100	85	4	6	calcita	irregular / plana	rugosa / lisa	0	gris claro	argilica leve	Andesita; roca triturada 40.75 - 41.00 m
41	42	100	55	3	8	-	irregular	rugosa	-	gris claro	argilica leve	Andesita; roca triturada 41.00 - 41.40 m
42	43	100	30	3	16	-	irregular	rugosa	-	gris claro	argilica leve	Andesita
43	44	100	55	3	13	-	irregular	rugosa	-	gris claro	argilica leve	Andesita
44	45	100	90	4	8	calcita	irregular / plana	rugosa / lisa	0	gris claro	argilica leve	Andesita
45	46	100	30	3-2	13	-	irregular / plana	rugosa / lisa	-	gris claro blanquecino	argilica fuerte	Andesita
46	47	95	70	2	4	calcita / arcilla	irregular / plana	rugosa / lisa	0	gris claro blanquecino	argilica fuerte	Andesita
47	48	67	50	2	7	arcilla	irregular / plana	rugosa / lisa	0	gris claro blanquecino	argilica fuerte	Andesita
48	49	67	0	2-1	-	-	-	-	-	gris claro blanquecino	argilica fuerte	Andesita; roca triturada 48.50 - 48.80 m
49	50	53	15	1	-	-	-	-	-	gris claro blanquecino	argilica fuerte	Andesita
50	51	71	0	1	-	-	-	-	-	gris claro blanquecino	argilica fuerte	Andesita

REGISTRO DE PERFORACIÓN DIAMANTINA EN POZO HG-INM-G

SECTOR: Veta Ángela Coord. N 8348308 Diámetro HQ3 Proyecto Inmaculada / Perú
 ID SONDAJE: HG-INM-G Coord. E 689528 Empresa Geotécnica SAC Fecha: 16/10/2011
 Geólogo: J.S.M. Cota 4499 Operador Julio Monte Número de la página:

Desde	Hasta	% Rec (m)	RQD	Dureza R (O-6)	FF/m	Tipo de Relleno de fracturas	Forma Fractura	Rugosidad	Espesor del relleno (mm)	Color Dominante	Alteración	Observaciones (litología/ tipo de roca) Descripción de la roca, propiedades secundarias otras observaciones importantes
0	1	100	0	-	-	-	-	-	-	blanquecino a rojizo	oxidación moderada a fuerte	sedimento coluvial; arcilla gravosa
1	2	100	0	-	-	-	-	-	-	blanquecino a rojizo	oxidación fuerte, argilica moderada	sedimento coluvial; grava arcillosa con arena; arcillas de plasticidad media; gravas sub-angulosas a sub-redondeadas
2	3	100	0	-	-	-	-	-	-	marrón claro	oxidación leve	sedimento coluvial arena arcillosa con grava; arcilla de plasticidad media
3	4	100	0	-	-	-	-	-	-	marrón claro a gris	-	sedimento coluvial; arena arcillosa con grava; clastos sub-redondeados entre 1 - 4 cm; arcilla de plasticidad media
4	5	90	0	-	-	-	-	-	-	marrón claro a gris	-	sedimento coluvial; arena arcillosa con grava; clastos sub-redondeados entre 1 - 4 cm; arcilla de plasticidad media
5	6	60	0	-	-	-	-	-	-	marrón claro a gris	-	sedimento coluvial; arena arcillosa con grava; arcillas de plasticidad media
6	7	50	0	-	-	-	-	-	-	marrón claro a gris	-	sedimento coluvial; arena arcillosa con grava; arcillas de plasticidad media
7	8	80	0	-	-	-	-	-	-	marrón claro a gris	-	sedimento coluvial, arena arcillosa con gravas, arcillas de plasticidad media a alta
8	9	80	0	-	-	-	-	-	-	gris a gris claro	-	sedimento coluvial, arena arcillosa con gravas, arcillas de plasticidad media a alta
9	10	70	0	-	-	-	-	-	-	gris a gris claro	-	sedimento coluvial, arena arcillosa con gravas, arcillas de plasticidad media a alta
10	11	100	0	-	-	-	-	-	-	gris a gris claro	-	
11	12	90	0	-	-	-	-	-	-	gris a gris claro	oxidación leve	sedimento coluvial, arena arcillosa con gravas, arcilla de plasticidad media, indicios de oxidación, gravas sub angulosas
12	13	80	0	-	-	-	-	-	-	gris a gris claro	-	
13	14	80	0	-	-	-	-	-	-	gris a gris claro	-	
14	15	70	50	1	>15	arcilla	irregular	muy rugoso	2	gris a gris claro	argilica moderada a fuerte	
15	16	100	20	-	>15	-	-	-	-	gris a gris claro	argilica moderada a fuerte	
16	17	90	20	-	>15	-	-	-	-	gris a gris claro	argilica moderada a fuerte	
17	18	70	20	-	>15	-	-	-	-	gris a gris claro	argilica moderada a fuerte	
18	19	100	20	-	>15	-	-	-	-	gris a gris claro	argilica moderada a fuerte	Probables bolones dentro de sedimento coluvial, presencia de arcilla y roca triturada o gravas, sedimento arcilloso arenoso, presencia de pirita diseminada
19	20	90	10	-	>15	-	-	-	-	gris a gris claro	argilica moderada / oxidación leve	
20	21	100	10	-	>15	-	-	-	-	gris a gris claro	argilica moderada a fuerte	
21	22	100	10	-	>15	-	-	-	-	gris a gris claro	argilica moderada a fuerte	
22	23	100	10	-	>15	-	-	-	-	gris a gris claro	argilica moderada a fuerte	
23	24	90	20	-	-	-	-	-	-	gris a gris claro	argilica leve	sedimento coluvial, arcilla arenosa con gravas
24	25	100	20	-	-	-	-	-	-	gris a gris claro	argilica leve	sedimento coluvial, arcilla arenosa con gravas
25	26	90	20	-	>15	-	-	-	-	gris a gris claro	argilica leve	Probables bolones dentro de sedimento coluvial, intensamente fracturadas, hasta triturada, sedimento arcillo arenoso, presencia de arcilla de plasticidad media
26	27	100	10	-	-	-	-	-	-	gris a gris claro	argilica fuerte	Probables bolones dentro de sedimento coluvial, sedimento arcillo arenoso, arcilla de plasticidad media
27	28	100	0	-	>15	-	-	-	-	gris a gris claro	argilica leve	Probables bolones dentro de sedimento coluvial, presencia de arcillas blancas
28	29	100	0	-	>15	-	-	-	-	gris a gris claro	argilica leve	Probables bolones dentro de sedimento coluvial, presencia de arcillas blancas
29	30	100	0	-	>15	-	-	-	-	gris a gris claro	argilica leve	Probables bolones dentro de sedimento coluvial, presencia de arcillas blancas
30	31	90	0	-	>15	-	-	-	-	gris a gris claro	argilica leve	Probables bolones dentro de sedimento coluvial, presencia de arcillas blancas
31	32	80	0	-	>15	-	-	-	-	gris a gris claro	argilica leve	Probables bolones dentro de sedimento coluvial, presencia de arcillas blancas
32	33	80	0	-	>15	-	-	-	-	gris a gris claro	argilica leve	Probables bolones dentro de sedimento coluvial, presencia de arcillas blancas
33	34	90	0	-	>15	-	-	-	-	gris a gris claro	-	Probables bolones dentro de sedimento coluvial, presencia de arcillas blancas
34	35	100	0	-	>15	arcilla	-	-	0-1	gris a gris claro	-	34.00 -35.00: Arcilla plasticidad media a alta. 34.50-35.00: Probables bolones, roca triturada y arcillas arenosas.
35	36	100	0	-	>15	arcilla	-	-	0-1	gris a gris claro	-	Probables bolones, intensamente fracturados - triturados
36	37	100	0	-	>15	arcilla	-	-	0-1	gris a gris claro	-	Probables bolones, intensamente fracturados - triturados.

REGISTRO DE PERFORACIÓN DIAMANTINA EN POZO HG-INM-G

SECTOR: Veta Ángela Coord. N 8348308 Diámetro HQ3 Proyecto Inmaculada / Perú
 ID SONDAJE: HG-INM-G Coord. E 689528 Empresa Geotécnica SAC Fecha: 16/10/2011
 Geólogo: J.S.M. Cota 4499 Operador Julio Monte Número de la página:

Desde	Hasta	% Rec (m)	RQD	Dureza R (O-6)	FF/m	Tipo de Relleno de fracturas	Forma Fractura	Rugosidad	Espesor del relleno (mm)	Color Dominante	Alteración	Observaciones (litología/ tipo de roca) Descripción de la roca, propiedades secundarias otras observaciones importantes
37	38	100	0	-	>15	-	-	-	-	gris a gris claro	-	
38	39	100	0	-	>15	-	-	-	-	gris a gris claro	-	Probables bolones, intensamente fracturados. De 38.70 - 39.00: roca triturada, presencia de arcillas de plasticidad media
39	40	100	0	-	-	-	-	-	-	gris a gris claro	-	Arcilla arenosa con gravas, plasticidad media , presencia de clastos de roca
40	41	95	0	-	-	-	-	-	-	gris a gris claro	-	Arcilla arenosa con gravas, plasticidad media , presencia de clastos de roca
41	42	68	0	-	-	-	-	-	-	gris a gris claro	-	Arcilla arenosa con gravas, plasticidad media , presencia de clastos de roca
42	43	59	0	-	-	-	-	-	-	gris a gris claro	-	Arcilla arenosa con gravas, plasticidad media , presencia de clastos de roca
43	44	100	0	-	-	-	-	-	-	gris a gris claro	-	Arcilla arenosa con gravas, plasticidad media a fuerte
44	45	100	0	-	>15	arcilla	-	-	0-1	gris a gris claro	-	Andesita intensamente fracturada, presencia de arcillas
45	46	90	0	3	>15	arcilla	-	-	0-1	gris a gris oscuro	-	Andesita intensamente fracturada, presencia de arcillas.
46	47	75	0	-	>15	arcilla	-	-	0-1	gris a gris oscuro	-	46.00-46.90 m: Presencia de posibles bolones. De 46.90-47.00 m: sedimento coluvial arcilla arenosa de plasticidad media con gravas
47	48	100	0	-	-	-	-	-	-	gris a gris oscuro	-	sedimento coluvial arcilla arenosa con gravas de 2-3 mm
48	49	80	0	-	-	-	-	-	-	gris a gris oscuro	-	Arcilla arenosa con gravas de 3-20 mm.. 48.50-49.00: arcilla de fuerte plasticidad
49	50	62	0	-	-	-	-	-	-	gris a gris verdoso	clorítica moderada	Arcilla arenosa con gravas de 2-10 mm. Subangulosas, plasticidad media
50	50.8	90	0	-	>15	arcilla / calcita	-	-	0-1	gris a gris verdoso	clorítica moderada	Presencia de probables bolones, intercalada con sedimentos arcillosos arenosos, presencia de roca triturada, y calcita en fracturas

REGISTRO DE PERFORACIÓN DIAMANTINA EN POZO HG-INM-I

SECTOR: Sector Botadero Coord. N
 ID SONDAJE: HG-INM-I Coord. E
 Geólogo: ICA- MS Cota

Diámetro HQ - NQ
 Empresa Geotécnica SAC
 Operador Cesar Bazan

Proyecto Inmaculada / Perú
 Fecha: 25/09/2011
 Número de la página:

Desde	Hasta	% Rec (m)	RQD	Dureza R (0-6)	FF/m	Tipo de Relleno de fracturas	Forma Fractura	Rugosidad	Espesor del relleno (mm)	Color Dominante	Alteración	Observaciones (litología/ tipo de roca) Descripción de la roca, propiedades secundarias otras observaciones importantes
0	1	100	0	0-2	-	-	-	-	-	pardo, anaranjado, gris, y rojizo	óxidos de hierro	Suelo aluvial: de 0.00 - 0.70m grava y arena: 0.70 - 1.00m
1	2	100	0	0	-	-	-	-	-	pardo y pardo- amarillento	óxidos de hierro	Suelo aluvial: 1.00 - 1.70m suelo; 1.70 - 2.00m arcilla y poco grava
2	3	100	0	0	-	-	-	-	-	pardo, anaranjado, y amarillo	óxidos de hierro	Suelo aluvial: arcilla y suelo
3	4	100	0	0	-	-	-	-	-	pardo y negro	-	Suelo aluvial
4	5	100	0	0-1	-	-	-	-	-	pardo, negro, y gris	oxidación leve (óxidos de hierro), arcilla	Suelo aluvial: 4.00 - 4.65m suelo; 4.65 - 4.80m gris arcilla: 4.80 - 5.00m grava
5	6	100	28	0-2	20	-	irregular	rugosa	-	anaranjado y marrón claro	oxidación leve (óxidos de hierro)	Suelo aluvial: arcilla y poco grava
6	7	100	30	0-1	20	-	irregular	rugosa	-	anaranjado y marrón claro	oxidación leve (óxidos de hierro)	Suelo aluvial: arcilla y poco grava
7	8	100	35	0-1	20	-	irregular	rugosa	-	anaranjado, marrón claro, y rojizo	oxidación moderada (óxidos de hierro)	Suelo aluvial: arcilla y poco grava
8	9	100	10	0-3	20	-	irregular	rugosa	-	anaranjado-rojizo y gris	oxidación leve (óxidos de hierro)	Suelo aluvial: 8.00 - 8.60m arcilla; 8.60 - 8.70m adesita grava; 8.70 - 9.00m arcilla
9	10	100	0	0-2	20	-	irregular	muy rugosa	-	gris, pardo, y anaranjado	oxidación leve (óxidos de hierro)	Suelo aluvial: 9.00 - 9.15m arcilla; 9.15 - 10.00m naranja arena
10	11	100	0	0-1	20	-	irregular	muy rugosa	-	pardo anaranjado	oxidación leve (óxidos de hierro)	10.00 - 10.30m naranja arena; 10.30 - 11.00m costano-naranja arcilla y arena
11	12	100	0	0-3	20	-	irregular	muy rugosa	-	pardo, anaranjado y gris	oxidación leve (óxidos de hierro)	Suelo aluvial: 11.00 - 11.10m costano-naranja arcilla y arena; 11.10 - 11.40m naranja arcilla; 11.40 - 11.45m adesita; 11.45 - 12.00m grava y arcilla
12	13	100	10	0-3	20	-	irregular	muy rugosa	-	pardo y gris	-	Suelo aluvial: 12.00 - 12.35m grava y arcilla; 12.35 - 12.45m gris andesita; 12.45 - 13.00m arcilla y poco grava
13	14	100	22	1	20	-	irregular	muy rugosa	-	pardo y gris	-	Suelo aluvial: gris arcilla
14	15	100	26	1	20	-	irregular	muy rugosa	-	pardo y gris	-	Suelo aluvial: gris arcilla
15	16	100	42	1-3	20	-	irregular	muy rugosa	-	pardo, gris, y blanco	-	Suelo aluvial: 15.00 - 15.45m gris arcilla; 15.45 - 16.00m gris-blanco grava y arena, presencia de pirita
16	17	100	0	1-3	20	-	irregular	muy rugosa	-	pardo, gris, y blanco	-	Suelo aluvial: gris-blanco grava y arena, presencia de pirita
17	18	100	0	1-2	20	-	irregular	muy rugosa	-	blanco y gris	-	Suelo aluvial: gris-blanco grava y arena
18	19	100	66	1-2	9	-	irregular	muy rugosa	-	blanco y gris	-	Suelo aluvial: gris-blanco grava y arena
19	20	100	10	1-2	20	-	irregular	muy rugosa	-	blanco y gris	-	Suelo aluvial:gris-blanco grava y arena
20	21	100	12	1-2	20	-	irregular	muy rugosa	-	blanco y gris	argilica leve	Suelo aluvial: blanco arcilla y grava
21	22	100	15	1-3	20	-	irregular	muy rugosa	-	blanco y gris	argilica leve	Suelo aluvial: 21.00 - 21.60m blanco arcilla y grava; 21.60 - 22.00m gris grava y arena
22	23	100	0	1-3	20	-	irregular	muy rugosa	-	gris y blanco	-	Suelo aluvial: gris grava andesita y arena, presencia de pirita
23	24	100	0	1-2	20	-	irregular	muy rugosa	-	gris y blanco	-	Suelo aluvial: gris grava, arcilla, y arena, presencia de pirita
24	25	100	0	1-2	20	-	irregular	muy rugosa	-	gris y blanco	-	Suelo aluvial: gris grava, arcilla, y arena, presencia de pirita
25	26	100	0	0-2	20	-	irregular	muy rugosa	-	gris y blanco	argilica leve	Suelo aluvial: 25.00 - 25.80m gris grava, arcilla, y arena; 25.80 - 26.00m blanco y gris grava y arena
26	27	100	23	0-2	20	-	irregular	muy rugosa	-	gris y blanco	argilica leve	Suelo aluvial: blanco-gris arcilla y grava
27	28	100	70	0-2	6	-	irregular	muy rugosa	-	gris y blanco	argilica leve	Suelo aluvial: blanco-gris arcilla y grava
28	29	100	35	0-2	8	-	irregular	muy rugosa	-	gris y blanco	-	Suelo aluvial: blanco-gris arcilla y grava
29	30	100	21	0-2	20	-	irregular	muy rugosa	-	gris y blanco	-	Suelo aluvial: 29.00 - 29.60m blanco-gris arcilla y grava; 29.60 - 30.00m gris andesita grava y poco arcilla
30	31	100	48	0-3	10	-	irregular	muy rugosa	-	gris y blanco	-	30.00 - 30.25m gris arcilla y grava; 30.25 - 31.00m adesita, presencia de pirita
31	32	100	20	2-3	16	-	irregular / plana	muy rugosa / lisa	-	gris claro	-	Andesita, presencia de pirita
32	33	100	0	1-3	20	-	irregular / plana	muy rugosa / lisa	-	gris claro	-	32.00 - 32.40m andesita competente; 32.40 - 32.80m gris arcilla; 32.80 - 33.00m andesita venillas con pirita
33	34	100	46	0-3	11	-	irregular / plana	muy rugosa / lisa	-	gris claro	-	Andesita, presencia de pirita
34	35	100	61	2-3	10	arcilla	irregular	muy rugosa	2	gris claro	-	Andesita competente; 34.75m arcilla relleno, presencia de pirita
35	36	100	61	3	8	-	irregular / plana	muy rugosa / lisa	-	gris claro	-	Andesita, presencia de pirita
36	37	100	50	2-3	12	-	irregular	muy rugosa	-	gris claro	-	36.00 - 36.80m Andesita competente; 36.80 - 37.00m roca incompetente, presencia de pirita

REGISTRO DE PERFORACIÓN DIAMANTINA EN POZO HG-INM-I

SECTOR:	Sector Botadero	Coord. N	Diámetro	HQ - NQ	Proyecto	Inmaculada / Perú
ID SONDAJE:	HG-INM-I	Coord. E	Empresa	Geotécnica SAC	Fecha:	25/09/2011
Geólogo:	ICA- MS	Cota	Operador	Cesar Bazan	Número de la página:	

Desde	Hasta	% Rec (m)	RQD	Dureza R (0-6)	FF/m	Tipo de Relleno de fracturas	Forma Fractura	Rugosidad	Espesor del relleno (mm)	Color Dominante	Alteración	Observaciones (litología/ tipo de roca) Descripción de la roca, propiedades secundarias otras observaciones importantes
37	38	100	31	2 - 3	13	-	irregular / plana	muy rugosa / lisa	-	gris claro	-	37.00 - 37.65m roca incompetente; 37.65 - 38.00m roca competente; andesita
38	39	100	80	1 - 2	7	-	irregular	muy rugosa	-	gris claro	-	gris arcilla
39	40	100	45	1 - 2	7	-	irregular	muy rugosa	-	gris claro	-	39.00 - 39.10m arcilla; 39.10 - 39.30m roca competente; andesita; 39.30 - 40.00m arcilla y roca triturada
40	41	100	20	0 - 2	7	-	irregular	muy rugosa	-	gris claro	-	arcilla y roca triturada
41	42	100	31	0 - 2	11	-	irregular	muy rugosa	-	gris claro	-	41.00 - 41.30m arcilla; 41.30 - 42.00m arcilla y roca triturada
42	43	100	0	0 - 3	20	-	irregular	muy rugosa	-	gris claro	-	42.00 - 42.40m arcilla y grava; 42.40 - 42.95m roca competente; andesita; 42.95 - 43.00m arcilla y arena
43	44	100	20	0 - 3	20	-	irregular / plana	muy rugosa / lisa	-	gris claro	-	43.00 - 43.80m arcilla y arena; 43.80 - 44.00m roca competente; andesita, presencia de pirita
44	45	100	22	2 - 3	13	-	irregular / plana	muy rugosa / lisa	-	gris claro	-	Andesita, de 44.20 - 44.50m, presencia de pirita
45	46	100	47	2 - 3	17	-	irregular / plana	muy rugosa / lisa	-	gris claro	-	Andesita, presencia de pirita
46	47	100	57	2 - 3	11	-	irregular / plana	muy rugosa / lisa	-	gris claro	-	Andesita, presencia de pirita
47	48	100	59	2 - 3	16	-	irregular / plana	muy rugosa / lisa	-	gris claro	-	Andesita, presencia de pirita
48	49	100	60	2 - 3	10	-	irregular	muy rugosa	-	gris claro	-	Andesita, presencia de pirita
49	50.3	100	0	2 - 3	20	-	irregular / plana	muy rugosa / lisa	-	gris claro	-	Andesita, presencia de pirita

**ANEXO N° II REPORTE DE
LABORATORIO DE
CALIDAD DE AGUA**

INFORME DE ENSAYO N° MA12020538 CON VALOR OFICIAL

Nombre del Cliente : MINERA SUYAMARCA S.A.C.
Domicilio Legal : Cal. La Colonia N° 180 Urb. El vivero Santiago de Surco
Solicitado Por : MINERA SUYAMARCA S.A.C.
Referencia : MONITOREO DE AGUA SUBTERRANEA - PROYECTO INMACULADA - FEBRERO 2012

DATOS DE LA MUESTRA

Procedencia : PROYECTO MINERO INMACULADA Fecha de Muestreo : 25-26/02/2012
 Plan de Muestreo : Realizado por J. Ramón del Perú S.A.C.(**) Fecha de Recepción : 28/02/2012
 Cantidad de Muestras : 7 Fecha Inicio Ensayo : 28/02/2012
 Condición de la Muestra : En buen estado de conservación y preservación

METODOS DE ENSAYO

Parámetros	Normas
Metales Totales (ICP)	EPA 200.7(1994)

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INDECOPI-SNA.

SM 1060 Collection and Preservation of Samples

SIGLAS: "EPA": U.S. Environmental Protection Agency. Methods for Chemical Analysis of Water and Wastes.



INFORME DE ENSAYO N° MA12020538 CON VALOR OFICIAL

		Cod. Cliente	HP-INM-A	HP-INM-B	HP-INM-C	DDH-INM11 BD-203	HG-INM-F	
		Cod. Lab.	1202893	1202894	1202895	1202896	1202897	
		Tipo de Producto	Agua subterránea	Agua subterránea	Agua subterránea	Agua subterránea	Agua subterránea	
Parámetros		Unidad	L.D.	Resultados				
Metales Totales (ICP)	Aluminio	mg/L	0,009	1,514	1,451	0,340	0,971	9,975
	Antimonio	mg/L	0,006	0,020	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006
	Arsénico	mg/L	0,005	<0,005	0,008	0,006	<0,005	0,022
	Bario	mg/L	0,0006	0,0293	0,0454	0,0325	0,0982	0,6757
	Berilio	mg/L	0,0002	0,0003	0,0002	<0,0002	0,0003	0,0007
	Bismuto (*)	mg/L	0,008	0,009	<0,008	<0,008	0,009	<0,008
	Boro	mg/L	0,002	0,015	0,046	0,010	0,007	0,019
	Cadmio	mg/L	0,0007	0,0007	0,0025	0,0008	0,0007	0,0013
	Calcio	mg/L	0,01	29,33	73,58	30,37	39,39	456,7
	Cerio	mg/L	0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	0,029
	Cobalto	mg/L	0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
	Cobre	mg/L	0,001	0,008	0,009	0,004	0,008	0,028
	Cromo	mg/L	0,001	0,005	0,005	0,002	0,009	0,171
	Estaño	mg/L	0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	0,058
	Estroncio	mg/L	0,001	0,499	1,817	0,392	5,182	>10,00
	Hierro	mg/L	0,002	14,00	101,1	8,465	2,419	13,97
	Litio	mg/L	0,007	0,016	<0,007	<0,007	0,015	0,865
	Magnesio	mg/L	0,002	2,812	11,98	3,040	4,236	5,718
	Manganeso	mg/L	0,001	0,296	0,959	0,157	0,117	0,455
	Molibdeno	mg/L	0,002	0,002	<0,002	<0,002	<0,002	0,135
	Niquel	mg/L	0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	0,010
	Plata	mg/L	0,0008	0,0011	<0,0008	<0,0008	0,0025	0,0099
	Plomo	mg/L	0,001	0,020	0,012	0,009	0,032	0,134
	Potasio	mg/L	0,02	3,05	1,15	3,88	1,05	>1 000
	Selenio	mg/L	0,006	<0,006	<0,006	<0,006	0,008	0,030
	Silicio	mg/L	0,01	2,62	>20,00	0,81	9,25	>20,00
Sodio	mg/L	0,01	9,81	6,31	4,12	12,45	517,5	
Talio	mg/L	0,008	<0,008	<0,008	0,011	<0,008	<0,008	
Titanio	mg/L	0,002	0,043	0,032	0,010	0,013	0,505	
Vanadio	mg/L	0,001	0,003	0,004	0,002	0,002	0,017	
Zinc	mg/L	0,001	0,048	0,073	0,025	0,037	0,147	

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INDECOP-SNA.



INFORME DE ENSAYO N° MA12020538 CON VALOR OFICIAL

		Cod. Cliente		HG-INM-G	HG-INM-I
		Cod. Lab.		1202898	1202899
		Tipo de Producto		Agua subterránea	Agua subterránea
Parámetros		Unidad	L.D.	Resultados	
Metales Totales (ICP)	Aluminio	mg/L	0,009	4,351	0,236
	Antimonio	mg/L	0,006	<0,006	<0,006
	Arsénico	mg/L	0,005	<0,005	<0,005
	Bario	mg/L	0,0006	0,0806	0,0206
	Berilio	mg/L	0,0002	0,0007	0,0006
	Bismuto (*)	mg/L	0,008	0,040	0,027
	Boro	mg/L	0,002	0,008	<0,002
	Cadmio	mg/L	0,0007	0,0016	0,0011
	Calcio	mg/L	0,01	53,25	23,47
	Cerio	mg/L	0,004	<0,004	<0,004
	Cobalto	mg/L	0,002	<0,002	<0,002
	Cobre	mg/L	0,001	0,008	<0,001
	Cromo	mg/L	0,001	0,010	0,007
	Estaño	mg/L	0,003	<0,003	<0,003
	Estroncio	mg/L	0,001	0,348	0,127
	Hierro	mg/L	0,002	6,317	0,795
	Litio	mg/L	0,007	0,011	0,011
	Magnesio	mg/L	0,002	2,371	5,337
	Manganeso	mg/L	0,001	0,193	0,039
	Molibdeno	mg/L	0,002	0,026	0,006
	Niquel	mg/L	0,002	<0,002	0,002
	Plata	mg/L	0,0008	<0,0008	<0,0008
	Plomo	mg/L	0,001	0,233	0,012
	Potasio	mg/L	0,02	6,86	0,77
	Selenio	mg/L	0,006	0,007	0,033
	Silicio	mg/L	0,01	6,61	6,59
	Sodio	mg/L	0,01	11,59	2,12
	Talio	mg/L	0,008	0,015	<0,008
Titanio	mg/L	0,002	0,112	0,011	
Vanadio	mg/L	0,001	0,007	<0,001	
Zinc	mg/L	0,001	0,035	0,001	

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INDECOPI-SNA.

Tiempo de Percibibilidad de Muestras

ICP : 30días

Miraflores, 13 de Marzo del 2012


Milagros Ramirez Arroyo
 Jefe de Operaciones Medio Ambiente
 CQP 689



CADENA DE CUSTODIA CALIDAD DE AGUA

Nombre del Cliente : Minera Suyamarca S.A.C. Solicitado por : Minera Suyamarca S.A.C. Informe de Monitoreo N° : MO 12020041
 Procedencia : Proyecto Mina Inmaculada Contacto : Proyecto Inmaculada - Febrero 2012
 Referencia : Monitoreo de Agua Subterránea Muestreo : Realizado por J. Ramon del Perú Realizado por el Cliente

N°	Código de Estación	Fecha de Muestreo	Hora de Muestreo	Tipo de Envase (2)	Número de Envases	Tipo de muestra (3)	PARÁMETROS										Código de Laboratorio (1)	
							FQ-1	FQ-2	FQ-3	DBO5	E. coli	C. totales (CUMP)	C. FÉCALIS (CUMP)	GIARDIA L.	PARASITOS			
1	HP-INM-A	25/02	18:00	P.V	6,1	ASb	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	1202893
2	HP-INM-B	26/02	08:55	P.V	6,1	ASb	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	1202894
3	HP-INM-C	26/02	11:20	P.V	6,1	ASb	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	1202895
4	DDH-INMAM-BD-203	25/02	15:38	P.V	6,1	ASb	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	1202896
5	HG-INM-F					ASb												1202897
6	HG-INM-G					ASb	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	1202898
7	HG-INM-I					ASb	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	1202899
8																		
9																		
10																		
TOTAL																		


RECEPCION DE MUESTRAS
 28 FEB 2012
 HORA:
 Este sello solo implica recepción.
RECIBIDO

Donde:

- (1) Información ingresada en Recepción
- (2) Polietileno (P); Vidrio(V); Winkler(W)
- (3) AS= Superficial, ASb= Subterránea, AC=Consumo, EI= Efluente Industrial, ED= Efluente Doméstico, AM= Agua de Mar

Metales Totales :
 Metales Disueltos :
 Otros :
 Observaciones :

FQ-1 : CO_2 , CO_3^{2-} , HCO_3^- / FQ-2 : SO_4^{2-} , Olor, turbiedad, F
 FQ-3 : NO_3^- , NO_2^-

Oscar Gonzalez Pizango
 Nombre del Laboratorio de Campo

Jose Mario
 Nombre y Vº del Cliente

RECEPCION DE MUESTRAS

Nombre : J. Flores
 Observaciones :
 Informe de Laboratorio N° : MA12020538 - MA12020539

Firma de Recepción de Muestras : [Firma]

Fecha : 28/02/2012
05:00pm

INFORME DE ENSAYO N° MA12020539

Nombre del Cliente : MINERA SUYAMARCA S.A.C.
Domicilio Legal : Cal. La Colonia N° 180 Urb. El vivero Santiago de Surco
Solicitado Por : MINERA SUYAMARCA S.A.C.
Referencia : MONITOREO DE AGUA SUBTERRANEA - PROYECTO INMACULADA - FEBRERO 2012

DATOS DE LA MUESTRA

Procedencia	: PROYECTO MINERO INMACULADA	Fecha de Muestreo	: 25-26/02/2012
Plan de Muestreo	: Realizado por J. Ramón del Perú S.A.C.(**)	Fecha de Recepción	: 28/02/2012
Cantidad de Muestras	: 7	Fecha Inicio Ensayo	: 28/02/2012
Condición de la Muestra	: En buen estado de conservación y preservación		

METODOS DE ENSAYO

Parámetros	Normas
Aceites y grasas	SM 5520-B
Bicarbonatos	SM 2320-B
Carbonatos	SM 2320-B
Cianuro libre	SM 4500 CN ⁻ E
Cianuro wad	SM 4500 CN ⁻ I,E
Cloruros	SM 4500 Cl ⁻ C
Coliformes termotolerantes	SM 9221 E, 21stEd.Approved by SM Committee 2006; Fecal Coliform Procedure. 1.Thermotolerant Coliform Test (EC Medium)
Coliformes totales	SM 9221 B, 21stEd.Approved by SM Committee 2006; Standard Total Coliform Fermentation Technique
Cromo hexavalente	SM 3500-Cr B
Demanda bioquímica de oxígeno	SM 5210 B
Demanda química de oxígeno	SM 5220-D
Dureza total	SM 2340 C
E. coli	SM 9221 G (item2), 21stEd.; Other Escherichia coli Procedures
Fenoles	SM 5530 - C
Fluoruros	SM 4500-F ⁻ C
Fósforo total	SM 4500-P-B
Giardia lamblia (duodenalis)	SM 9711 B
Mercurio total	SM 3112-B
Nitratos	EPA 352,1 Nitrogen,nitrate (Colorimetric,Brucine)
Nitritos	SM 4500-NO ₂ -B
Nitrógeno amoniacal	SM 4500-NH ₃ -D
Olor	SM 2150 - B
Parásitos	NMX-AA-113-SCFI-1999
S.A.A.M.	SM 5540-C
Sólido sedimentables	SM 2540-F
Sólidos disueltos totales	SM 2540-C
Sulfatos	EPA 9038 (1986)
Sulfuros	SM-4500 S= D
Turbiedad	SM 2130-B
Uranio total	EPA 200.7(1994)



INFORME DE ENSAYO N° MA12020539

Parámetros	Cod. Cliente		HP-INM-A	HP-INM-B	HP-INM-C	DDH-INM11
	Cod. Lab.		1202893	1202894	1202895	BD-203 1202896
	Tipo de Producto		Agua subterránea	Agua subterránea	Agua subterránea	Agua subterránea
	Unidad	L.D.	Resultados			
Aceites y grasas	mg/L	1	<1	<1	<1	<1
Bicarbonatos	mg/L	1	47	72	10	40
Carbonatos	mg/L	1	<1	<1	<1	<1
Cianuro libre	mg/L	0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Cianuro wad	mg/L	0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Cloruros	mg/L	1	2	2	5	2
Coliformes termotolerantes	NMP /100mL	1,8	<1,8	<1,8	<1,8	20,0
Coliformes totales	NMP /100mL	1,8	<1,8	21,0	<1,8	20,0
Cromo hexavalente	mg/L	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	2	5	<2	6	<2
Demanda química de oxígeno	mg/L	5	47	<5	29	<5
Dureza total	mg/L	1	87	218	96	125
E. coli	NMP /100mL	1,8	<1,8	<1,8	<1,8	14,0
Fenoles	mg/L	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Fluoruros	mg/L	0,038	0,121	0,304	0,479	0,142
Fósforo total	mg/L	0,01	0,19	0,16	0,04	0,25
Giardia lamblia (duodenalis)	A / P	...	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Mercurio total	mg/L	0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Nitratos	mg/L	0,022	0,088	0,047	0,106	0,045
Nitritos	mg/L	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Nitrógeno amoniacal	mg/L	0,02	0,69	0,12	0,10	0,13
Olor	NUO	1	1	1	1	1
Parásitos	org/L	...	0	0	0	0
S.A.A.M.	mg/L	0,025	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025
Sólido sedimentables	mL/L	0,1	1,1	0,5	<0,1	0,1
Sólidos disueltos totales	mg/L	2	127	300	156	198
Sulfatos	mg/L	0,156	70,40	176,9	88,94	111,4
Sulfuros	mg/L	0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Turbiedad	NTU	0,1	126,0	452,0	60,5	78,3
Uranio total	mg/L	0,007	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007



INFORME DE ENSAYO N° MA12020539

Parámetros	Cod. Cliente		HG-INM-G	HG-INM-I
	Cod. Lab.		1202898	1202899
	Tipo de Producto		Agua subterránea	Agua subterránea
Parámetros	Unidad	L.D.	Resultados	
Aceites y grasas	mg/L	1	<1	<1
Bicarbonatos	mg/L	1	83	16
Carbonatos	mg/L	1	6	<1
Cianuro libre	mg/L	0,005	<0,005	<0,005
Cianuro wad	mg/L	0,005	<0,005	<0,005
Cloruros	mg/L	1	3	<1
Coliformes termotolerantes	NMP /100mL	1,8	<1,8	<1,8
Coliformes totales	NMP /100mL	1,8	240,0	94,0
Cromo hexavalente	mg/L	0,01	<0,01	<0,01
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	2	52	<2
Demanda química de oxígeno	mg/L	5	178	10
Dureza total	mg/L	1	134	90
E. coli	NMP /100mL	1,8	<1,8	<1,8
Fenoles	mg/L	0,001	<0,001	<0,001
Fluoruros	mg/L	0,038	1,031	0,213
Fósforo total	mg/L	0,01	0,07	0,03
Giardia lamblia (duodenalis)	A / P	...	Ausencia	Ausencia
Mercurio total	mg/L	0,0001	0,0001	<0,0001
Nitratos	mg/L	0,022	0,661	<0,022
Nitritos	mg/L	0,01	0,02	<0,01
Nitrógeno amoniacal	mg/L	0,02	<0,02	0,03
Olor	NUO	1	1	1
Parásitos	org/L	...	0	0
S.A.A.M.	mg/L	0,025	<0,025	<0,025
Sólido sedimentables	mL/L	0,1	2,0	0,3
Sólidos disueltos totales	mg/L	2	227	138
Sulfatos	mg/L	0,156	62,96	71,58
Sulfuros	mg/L	0,002	<0,002	<0,002
Turbiedad	NTU	0,1	375,0	6,3
Uranio total	mg/L	0,007	<0,007	<0,007

Leyenda: L.D = Limite de detección ... = No analizado

Tiempo de Percibilidad de Muestras		
NH4+ - N, TDS : 7días	SS : 7horas	Cianuros, Carbonatos y Bicarbonatos : 14días
Turbiedad, Coliformes : 24horas	Dureza Total : 90días	NO ₂ , DBO ₅ , NO ₃ - - N : 48horas
A/G, DQO, SO ₄ =, CR VI, F=, Fenoles, Cl-, Mercurio Total y Disuelto : 28días		

Miraflores, 13 de Marzo del 2012


Milagros Ramirez Arroyo
 Jefe de Operaciones Medio Ambiente
 CQP 689



INFORME DE ENSAYO N° MC12030108

Nombre del Cliente : MINERA SUYAMARCA S.A.C.
Domicilio Legal : Cal. La Colonia N° 180 Urb. El vivero Santiago de Surco
Solicitado Por : MINERA SUYAMARCA S.A.C.
Referencia : MONITOREO DE AGUA SUBTERRANEA - PROYECTO INMACULADA - FEBRERO 2012

DATOS DE LA MUESTRA

Lugar de Ensaye : PROYECTO MINERO INMACULADA Fecha Inicio Muestreo y Ensaye : 25/02/2012
 Plan de Muestreo : Realizado por J. Ramón del Perú S.A.C.(**) Fecha Final Muestreo y Ensaye : 26/02/2012
 Condición de la Muestra : En buen estado de conservación y preservación Cantidad de Muestras : 7

METODOS DE ENSAYO

Parámetros	Normas
Conductividad	SM 2510-B
Oxígeno disuelto	SM 4500-O-G
pH	SM 4500 H ⁺ B
Temperatura	SM 2550-B

SM 1060 Collection and Preservation of Samples

SIGLAS: "SM": Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA, AWWA, WEF 21st Ed. 2005.



INFORME DE ENSAYO N° MC12030108

			Cod. Cliente	HP-INM-A	HP-INM-B	HP-INM-C	DH-INM11-BD-2	HG-INM-F
			Cod. Lab.	1202893	1202894	1202895	1202896	1202897
			Tipo de Producto	Agua subterránea	Agua subterránea	Agua subterránea	Agua subterránea	Agua subterránea
Parámetros	Unidad	L.D.	Resultados					
Conductividad	μS/cm	(...)	452	426	350	290	356	
Oxígeno disuelto	mg/L	1	2,51	2,42	2,28	2,16	3,78	
pH	Und. pH	(r)	9,40	9,66	9,80	8,39	9,56	
Temperatura	° C	(...)	7,2	7,4	8,6	10,0	8,3	

			Cod. Cliente	HG-INM-G	HG-INM-I
			Cod. Lab.	1202898	1202899
			Tipo de Producto	Agua subterránea	Agua subterránea
Parámetros	Unidad	L.D.	Resultados		
Conductividad	μS/cm	(...)	362	379	
Oxígeno disuelto	mg/L	1	3,00	4,09	
pH	Und. pH	(r)	9,64	10,70	
Temperatura	° C	(...)	7,8	9,1	

Leyenda: L.D = Limite de detección ... = No analizado
(r) = Resolución = 0.1

Miraflores, 2 de Marzo del 2012


Milagros Ramirez Arroyo
 Jefe de Operaciones Medio Ambiente
 CQP 689



ANEXO N° III
PARÁMETROS
HIDROGEOLÓGICOS DEL
ACUÍFERO

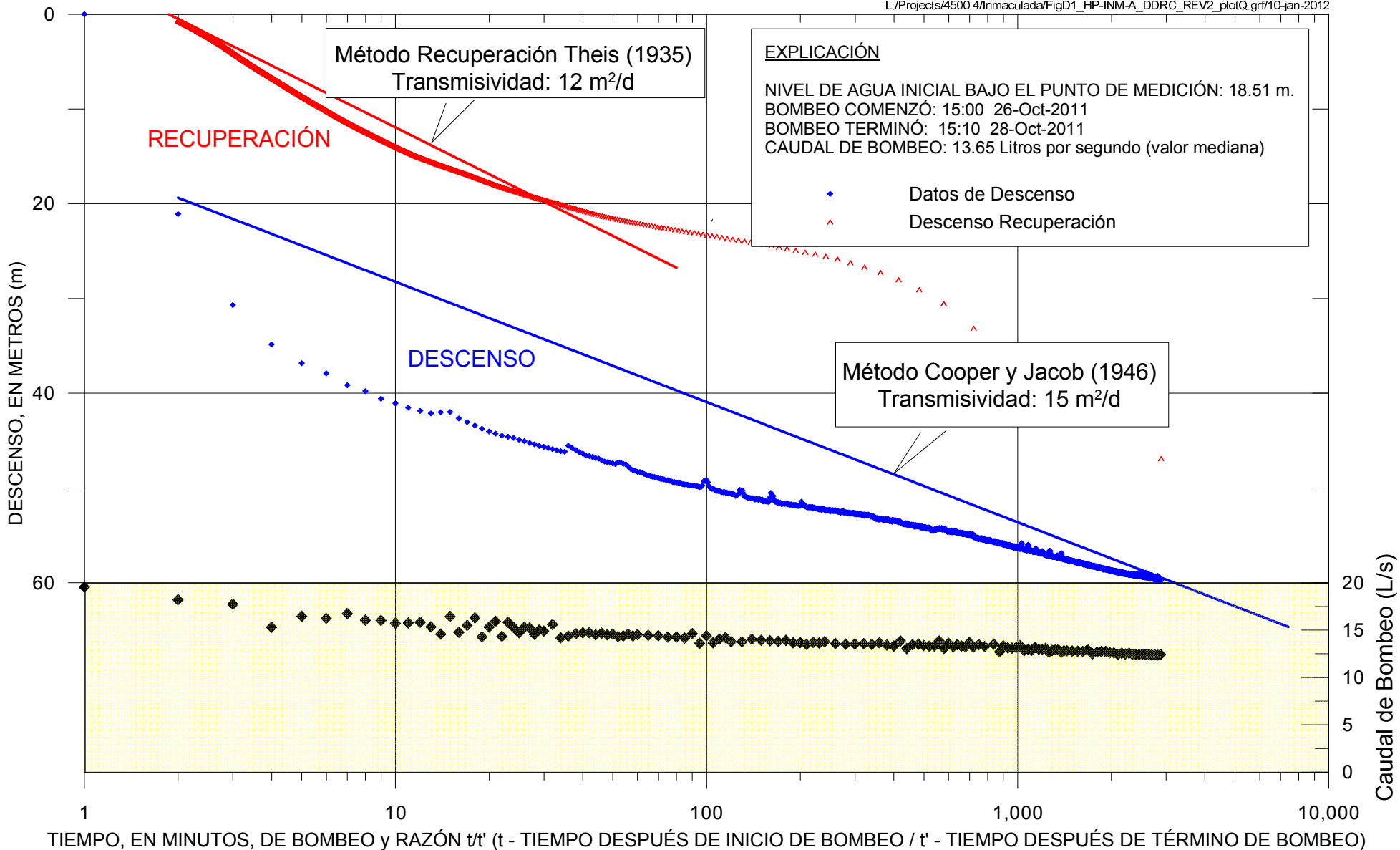


FIGURA D.1. GRÁFICO DE DESCENSO Y RECUPERACIÓN PARA EL POZO HP-INM-A DURANTE 48 HORAS EN PRUEBA DE GASTO CONSTANTE PROYECTO INMACULADA, PERU

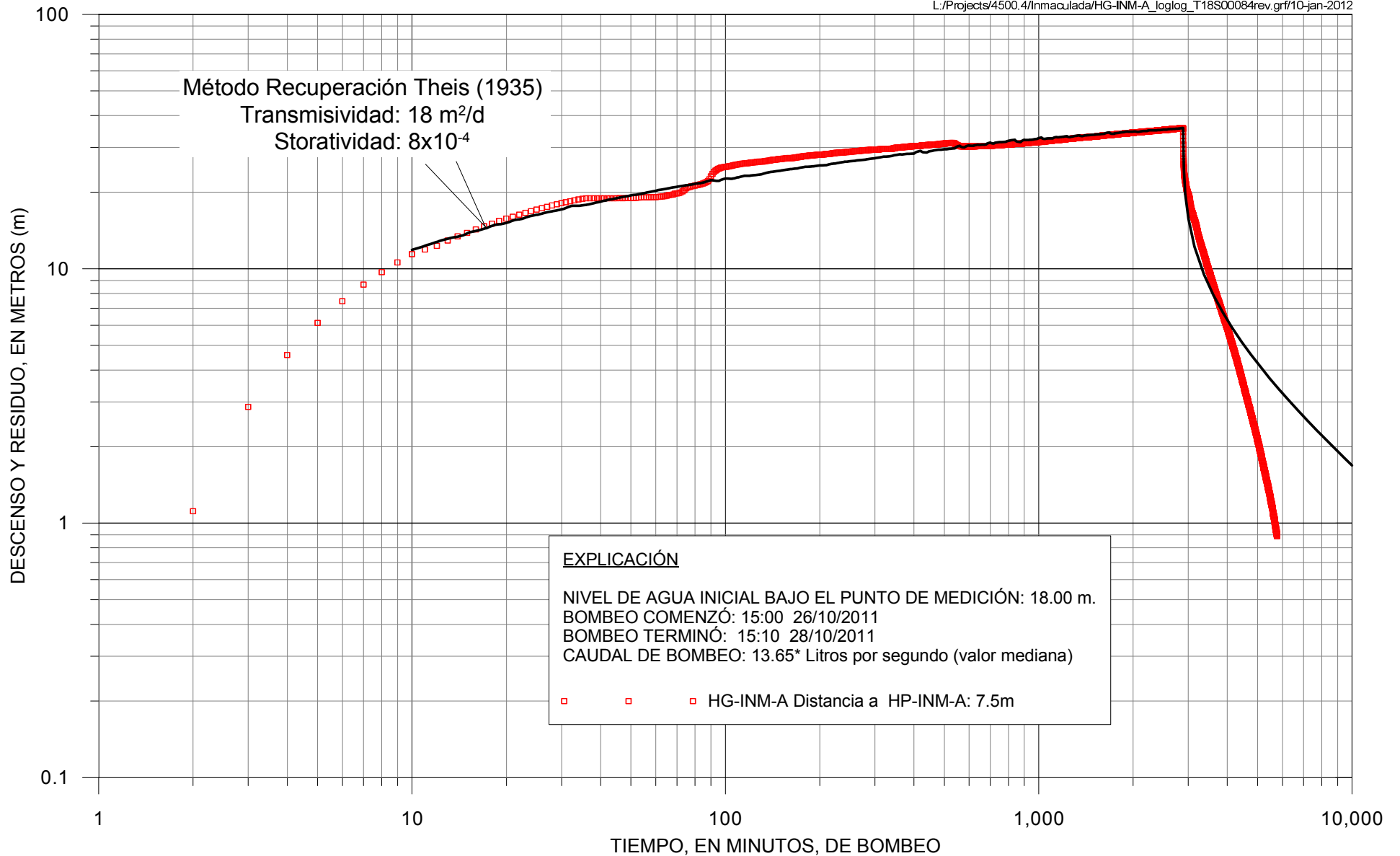


FIGURA D.2. GRÁFICO DE DESCENSO Y RECUPERACIÓN PARA EL POZO DE OBSERVACION HG-INM-A DURANTE PRUEBA DE GASTO CONSTANTE DE 48 HORAS EN POZO HP-INM-A, PROYECTO INMACULADA, PERU

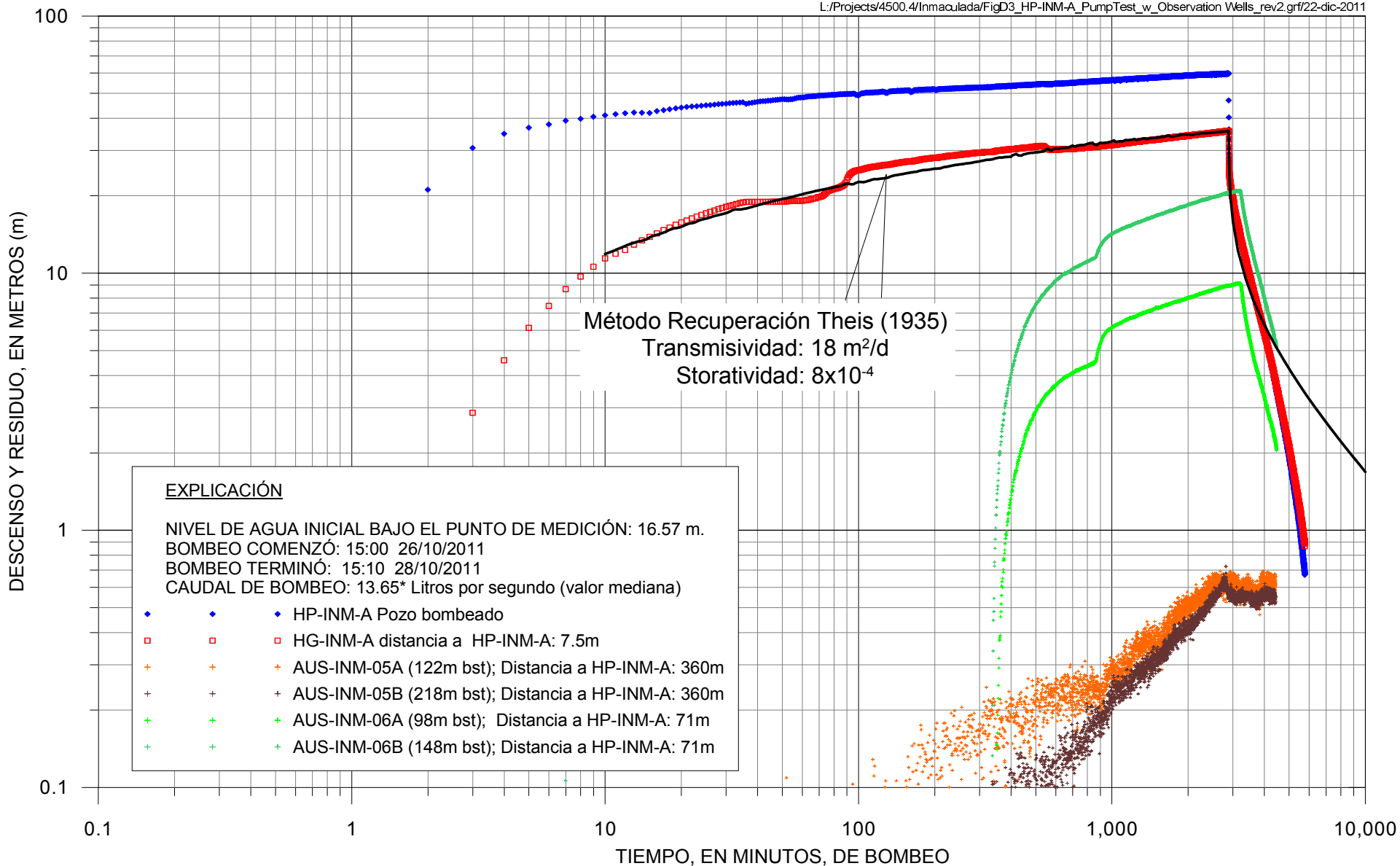


FIGURA D.3. GRÁFICO DE DESCENSO Y RECUPERACIÓN PARA EL POZO HP-INM-A, POZO DE OBSERVACION HG-INM-A Y PIEZOMETROS CEMENTADOS AUS-INM-05 Y AUS-INM-06 DURANTE 48-HORAS EN PRUEBA DE GASTO CONSTANTE , INMACULADA, PERU

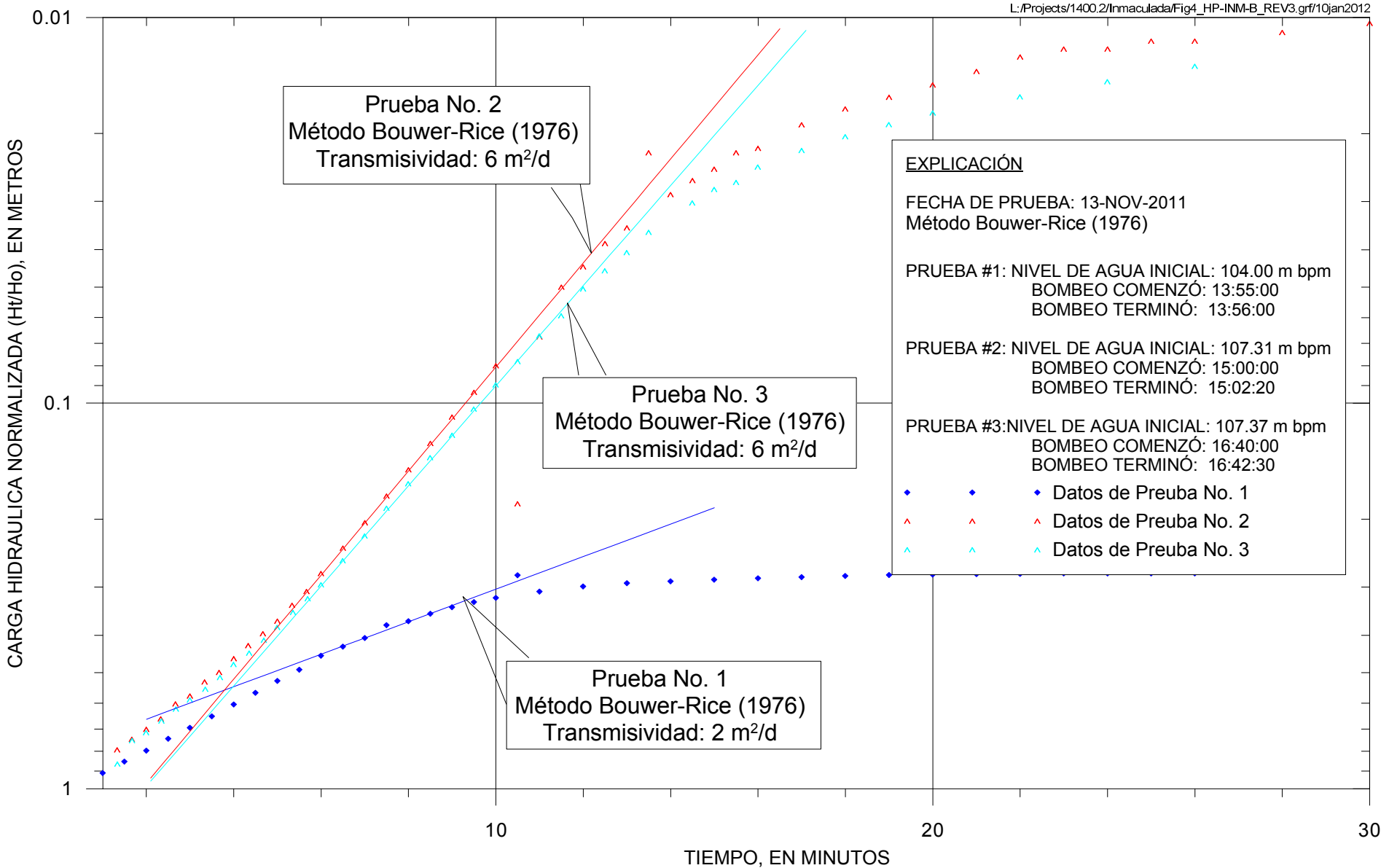


FIGURA D-4. GRÁFICO DE RECUPERACIÓN PARA EL POZO HP-INM-B DURANTE PRUEBAS TIPO "SLUG" , INMACULADA, PERU

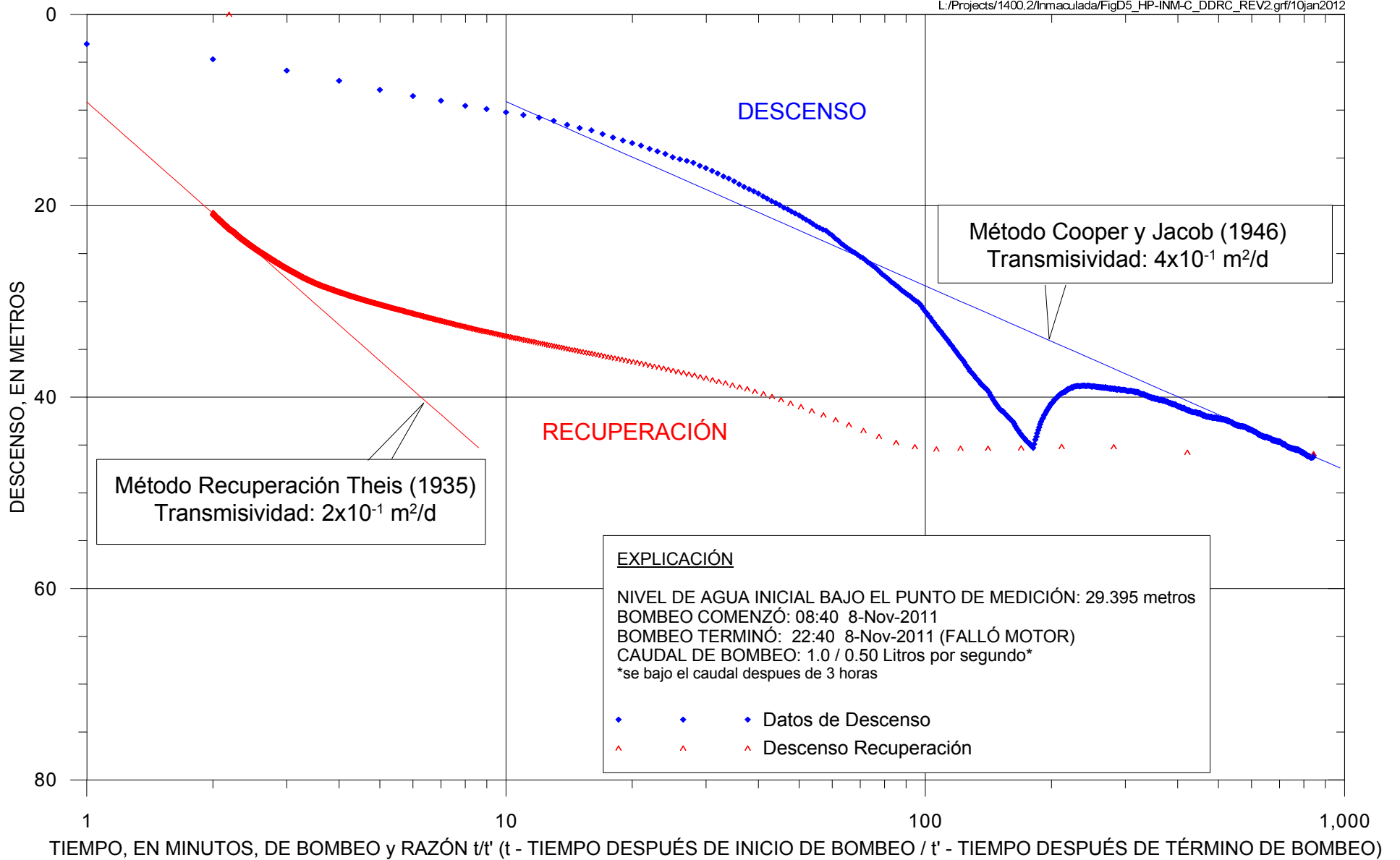


FIGURA D-5. GRÁFICO DE DESCENSO Y RECUPERACIÓN PARA EL POZO HP-INM-C DURANTE 14-HORAS EN PRUEBA DE GASTO CONSTANTE , INMACULADA, PERU

Hydrogeological & Geotechnical Services Peru SA
Enrique Palacios 451. Of. 601.
Tel.5606846
Miraflores, Lima

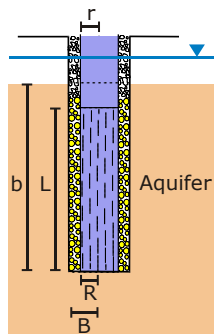
Wells

Project: APROVECHAMIENTO HIDRICO PROYECTO INMACULADA

Number: 2013-015-HGSPERU

Client: CIA MINERA SUYAMARCA S.A.C.

Location: OYOLO-AYACUCHO



	Name	X [m]
1	HPINM-A	688470

Hydrogeological & Geotechnical Services Peru SA Enrique Palacios 451. Of. 601. Tel.5606846 Miraflores, Lima	Pumping Test - Discharge Data		Page 1 of 1
	Project: APROVECHAMIENTO HIDRICO PROYECTO INMACULADA		
	Number: 2013-015-HGSPERU		
	Client: CIA MINERA SUYAMARCA S.A.C.		

Location: OYOLO-AYACUCHO	Pumping Test: PUMPING HPINM-A	Pumping Well: HPINM-A
Test Conducted by: ING. ARB	Test Date: 15/03/2012	Discharge: variable, average rate 6.9033 [l/s]
Observation Well: HPINM-A		Radial Distance to PW [m]: -

	Time [s]	Discharge [l/s]
1	86400	2.60
2	172800	6.11
3	259200	12.00

Hydrogeological & Geotechnical Services Peru SA
Enrique Palacios 451. Of. 601.
Tel.5606846
Miraflores, Lima

Water Page 1 of 3
 Project: APROVECHAMIENTO HIDRICO PROYECTO INMACULADA
 Number: 2013-015-HGSPERU
 Client: CIA MINERA SUYAMARCA S.A.C.

Location: OYOLO-AYACUCHO	Pumping Test: PUMPING HPINM-A	Pumping Well: HPINM-A
Test Conducted by: ING. ARB	Test Date: 15/03/2012	Discharge: variable, average rate 6.9033 [Vs]
Observation Well: HPINM-A	Static Water Level [m]: 13.70	Radial Distance to PW [m]: -

	Time [s]	Water Level [m]	Drawdown [m]
1	0	13.70	0.00
2	30	15.24	1.54
3	60	15.24	1.54
4	90	15.24	1.54
5	120	15.24	1.54
6	150	15.24	1.54
7	180	15.24	1.54
8	240	15.24	1.54
9	300	15.24	1.54
10	360	15.24	1.54
11	420	15.81	2.11
12	540	16.00	2.30
13	660	16.02	2.32
14	780	16.04	2.34
15	900	16.24	2.54
16	1080	16.40	2.70
17	1260	16.76	3.06
18	1440	16.76	3.06
19	1620	16.76	3.06
20	1800	16.76	3.06
21	2100	17.06	3.36
22	2400	17.12	3.42
23	2700	17.19	3.49
24	3000	17.28	3.58
25	3300	17.36	3.66
26	3600	17.40	3.70
27	4200	17.49	3.79
28	4800	17.57	3.87
29	5400	17.66	3.96
30	6000	17.72	4.02
31	7200	17.85	4.15
32	8400	17.91	4.21
33	9600	18.03	4.33
34	10800	18.17	4.47
35	12600	18.29	4.59
36	14400	18.29	4.59
37	16200	18.29	4.59
38	18000	18.29	4.59
39	21600	18.50	4.80
40	25200	18.59	4.89
41	28800	18.63	4.93
42	36000	18.80	5.10
43	43200	18.93	5.23
44	50400	19.05	5.35
45	57600	19.13	5.43
46	68400	19.28	5.58
47	79200	19.35	5.65
48	86400	19.44	5.74
49	86430	20.35	6.65
50	86460	21.69	7.99
51	86490	22.01	8.31
52	86520	22.41	8.71
53	86550	22.55	8.85
54	86580	22.75	9.05
55	86640	22.85	9.15
56	86700	22.86	9.16
57	86760	23.01	9.31
58	86820	23.05	9.35
59	86940	23.14	9.44
60	87060	23.24	9.54
61	87180	23.36	9.66
62	87300	23.50	9.80

Project: APROVECHAMIENTO HIDRICO PROYECTO INMACULADA

Number: 2013-015-HGSPERU

Client: CIA MINERA SUYAMARCA S.A.C.

	Time [s]	Water Level [m]	Drawdown [m]
63	87480	23.59	9.89
64	87660	23.70	10.00
65	87840	23.71	10.01
66	88020	23.82	10.12
67	88200	23.98	10.28
68	88500	24.27	10.57
69	88800	24.30	10.60
70	89100	24.31	10.61
71	89400	24.32	10.62
72	89700	24.34	10.64
73	90000	24.50	10.80
74	90600	24.53	10.83
75	91200	24.57	10.87
76	91800	24.75	11.05
77	92400	24.81	11.11
78	93600	25.53	11.83
79	94800	25.91	12.21
80	96000	25.91	12.21
81	97200	26.01	12.31
82	99000	26.18	12.48
83	100800	26.31	12.61
84	102600	26.51	12.81
85	104400	26.82	13.12
86	108000	26.93	13.23
87	111600	27.01	13.31
88	115200	27.19	13.49
89	122400	27.43	13.73
90	129600	27.62	13.92
91	136800	27.71	14.01
92	144000	27.84	14.14
93	154800	28.09	14.39
94	165600	28.29	14.59
95	172800	28.38	14.68
96	172830	30.48	16.78
97	172860	30.68	16.98
98	172890	30.92	17.22
99	172920	31.38	17.68
100	172950	31.50	17.80
101	172980	31.72	18.02
102	173040	32.00	18.30
103	173100	32.48	18.78
104	173160	32.87	19.17
105	173220	33.16	19.46
106	173340	33.86	20.16
107	173460	34.11	20.41
108	173580	34.52	20.82
109	173700	34.93	21.23
110	173880	35.05	21.35
111	174060	35.44	21.74
112	174240	35.63	21.93
113	174420	35.84	22.14
114	174600	36.11	22.41
115	174900	36.33	22.63
116	175200	36.58	22.88
117	175500	37.28	23.58
118	175800	36.78	23.08
119	176100	36.78	23.08
120	176400	36.78	23.08
121	177000	36.90	23.20
122	177600	37.01	23.31
123	178200	37.17	23.47
124	178800	37.29	23.59
125	180000	37.51	23.81
126	181200	37.53	23.83
127	182400	37.56	23.86
128	183600	37.54	23.84
129	185400	37.53	23.83
130	187200	37.50	23.80

Project: APROVECHAMIENTO HIDRICO PROYECTO INMACULADA

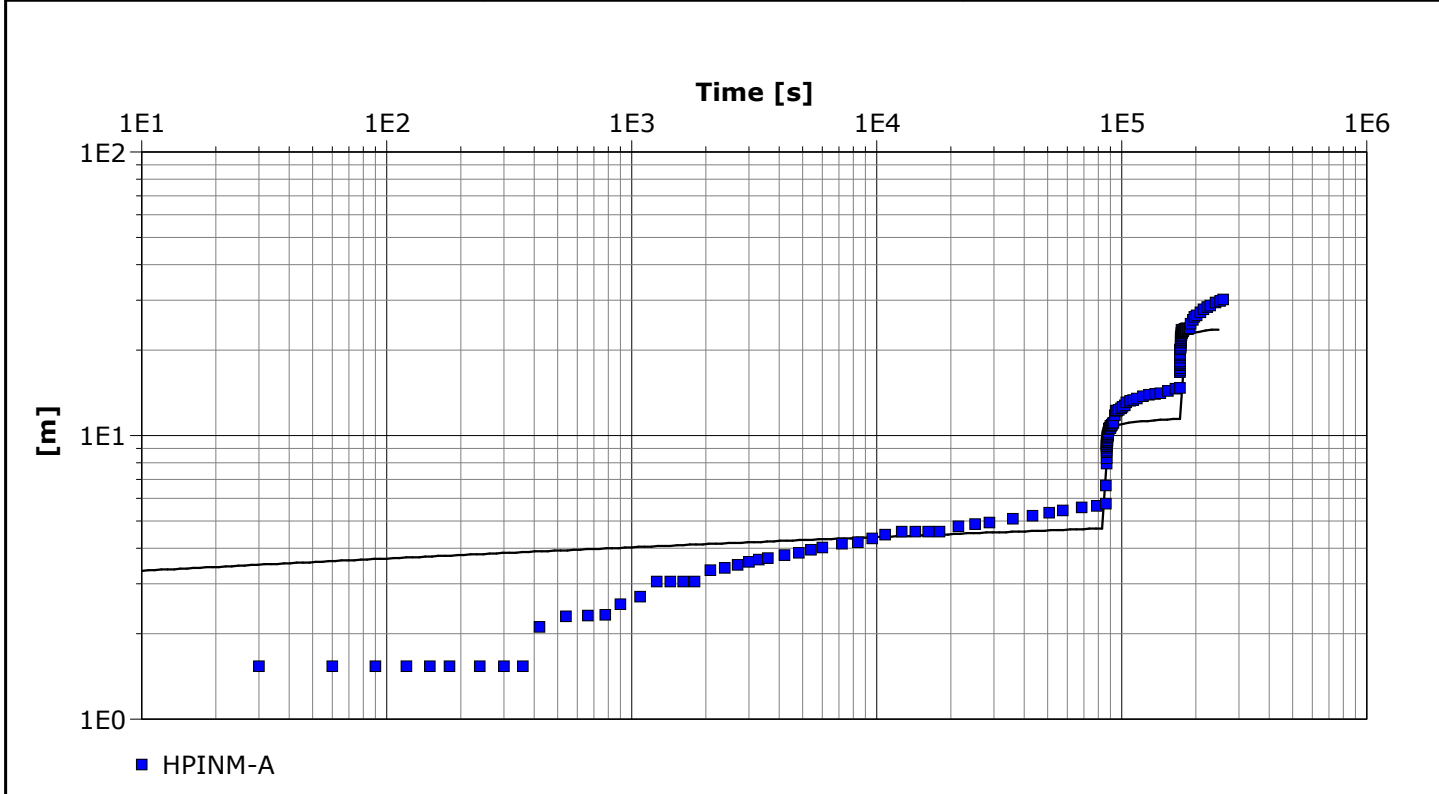
Number: 2013-015-HGSPERU

Client: CIA MINERA SUYAMARCA S.A.C.

	Time [s]	Water Level [m]	Drawdown [m]
131	189000	37.56	23.86
132	190800	38.58	24.88
133	194400	39.35	25.65
134	198000	39.86	26.16
135	201600	40.25	26.55
136	208800	40.96	27.26
137	216000	41.65	27.95
138	223200	42.15	28.45
139	230400	42.52	28.82
140	241200	43.15	29.45
141	252000	43.61	29.91
142	259200	43.86	30.16

Hydrogeological & Geotechnical Services Peru SA Enrique Palacios 451. Of. 601. Tel.5606846 Miraflores, Lima	Pumping Test Analysis Report	
	Project: APROVECHAMIENTO HIDRICO PROYECTO INMACULADA	
	Number: 2013-015-HGSPERU	
	Client: CIA MINERA SUYAMARCA S.A.C.	

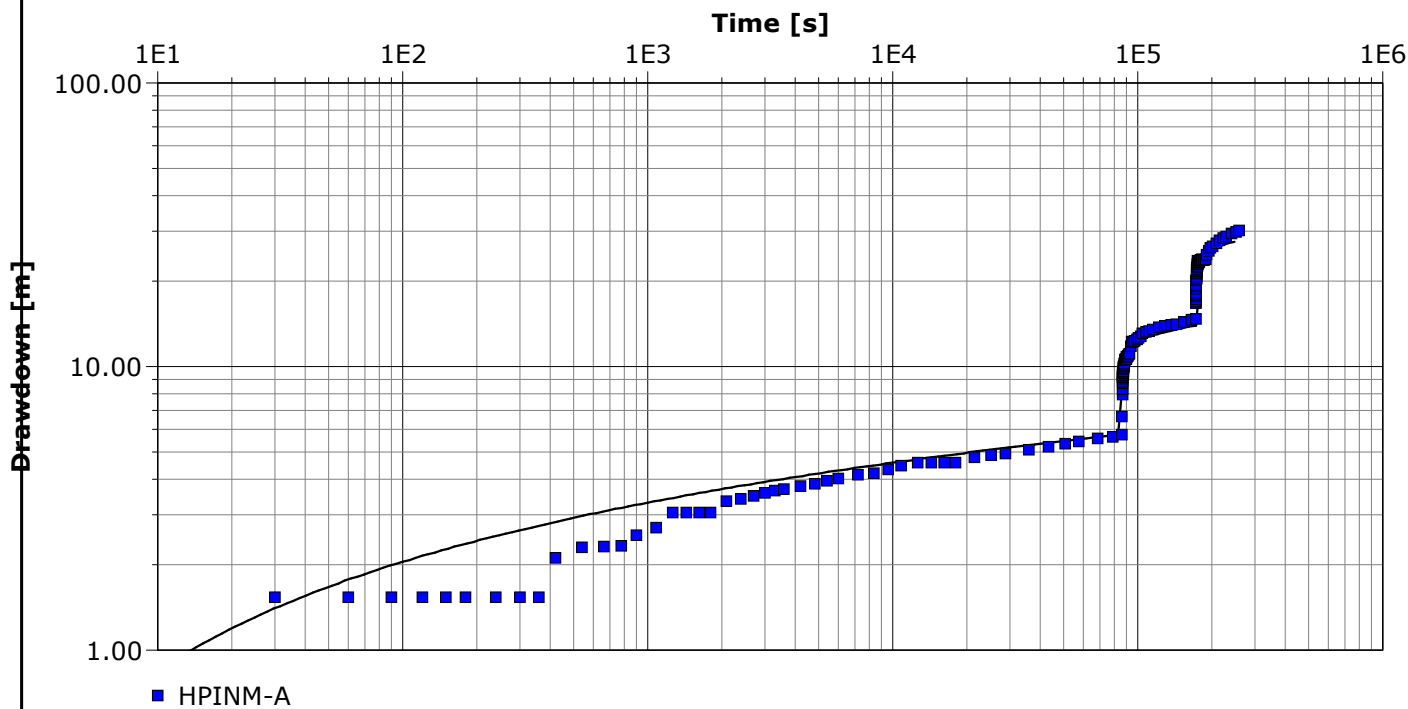
Location: OYOLO-AYACUCHO	Pumping Test: PUMPING HPINM-A	Pumping Well: HPINM-A
Test Conducted by: ING. ARB		Test Date: 15/03/2012
Analysis Performed by: Ing. RJC	Theis with Jacob Correction	Analysis Date: 24/03/2012
Aquifer Thickness: 136.00 m	Discharge: variable, average rate 6.9033 [l/s]	



Calculation using Theis with Jacob Correction					
Observation Well	Transmissivity [m ² /d]	Hydraulic Conductivity [m/d]	Storage coefficient	Radial Distance to PW [m]	
HPINM-A	1.21 × 10 ²	8.90 × 10 ⁻¹	1.54 × 10 ⁻¹⁰	0.2	

Hydrogeological & Geotechnical Services Peru SA Enrique Palacios 451. Of. 601. Tel.5606846 Miraflores, Lima	Pumping Test Analysis Report	
	Project: APROVECHAMIENTO HIDRICO PROYECTO INMACULADA	
	Number: 2013-015-HGSPERU	
	Client: CIA MINERA SUYAMARCA S.A.C.	

Location: OYOLO-AYACUCHO	Pumping Test: PUMPING HPINM-A	Pumping Well: HPINM-A
Test Conducted by: ING. ARB		Test Date: 15/03/2012
Analysis Performed by: Ing. RJC	Neuman	Analysis Date: 06/03/2013
Aquifer Thickness: 136.00 m	Discharge: variable, average rate 6.9033 [l/s]	



Calculation using Neuman						
Observation Well	Transmissivity [m ² /d]	Hydraulic Conductivity [m/d]	Specific Yield	Ratio K(v)/K(h)	Ratio Sy/S	Radial Distance to PW [m]
HPINM-A	3.24×10^1	2.38×10^{-1}	5.00×10^{-1}	4.98×10^{-3}	1.00×10^1	0.2

Hydrogeological & Geotechnical Services Peru SA Enrique Palacios 451. Of. 601. Tel.5606846 Miraflores, Lima	Pumping Test Analysis Report	
	Project: APROVECHAMIENTO HIDRICO PROYECTO INMACULADA	
	Number: 2013-015-HGSPERU	
	Client: CIA MINERA SUYAMARCA S.A.C.	

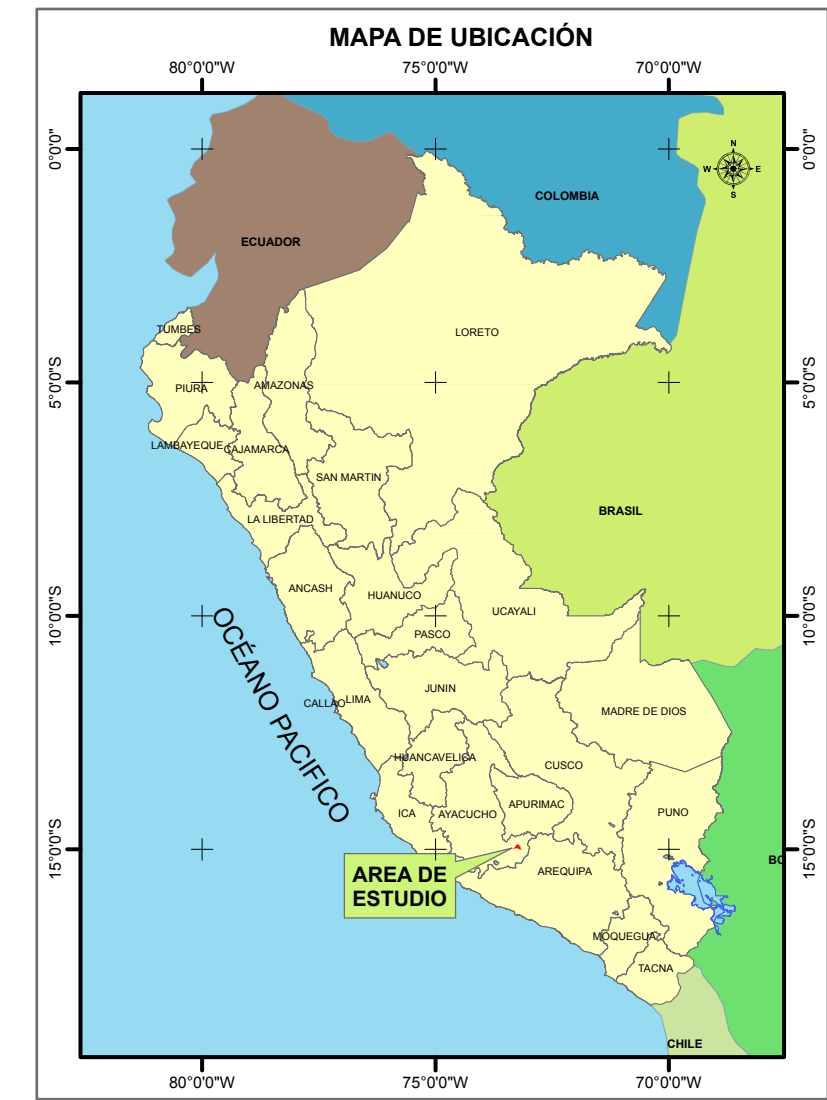
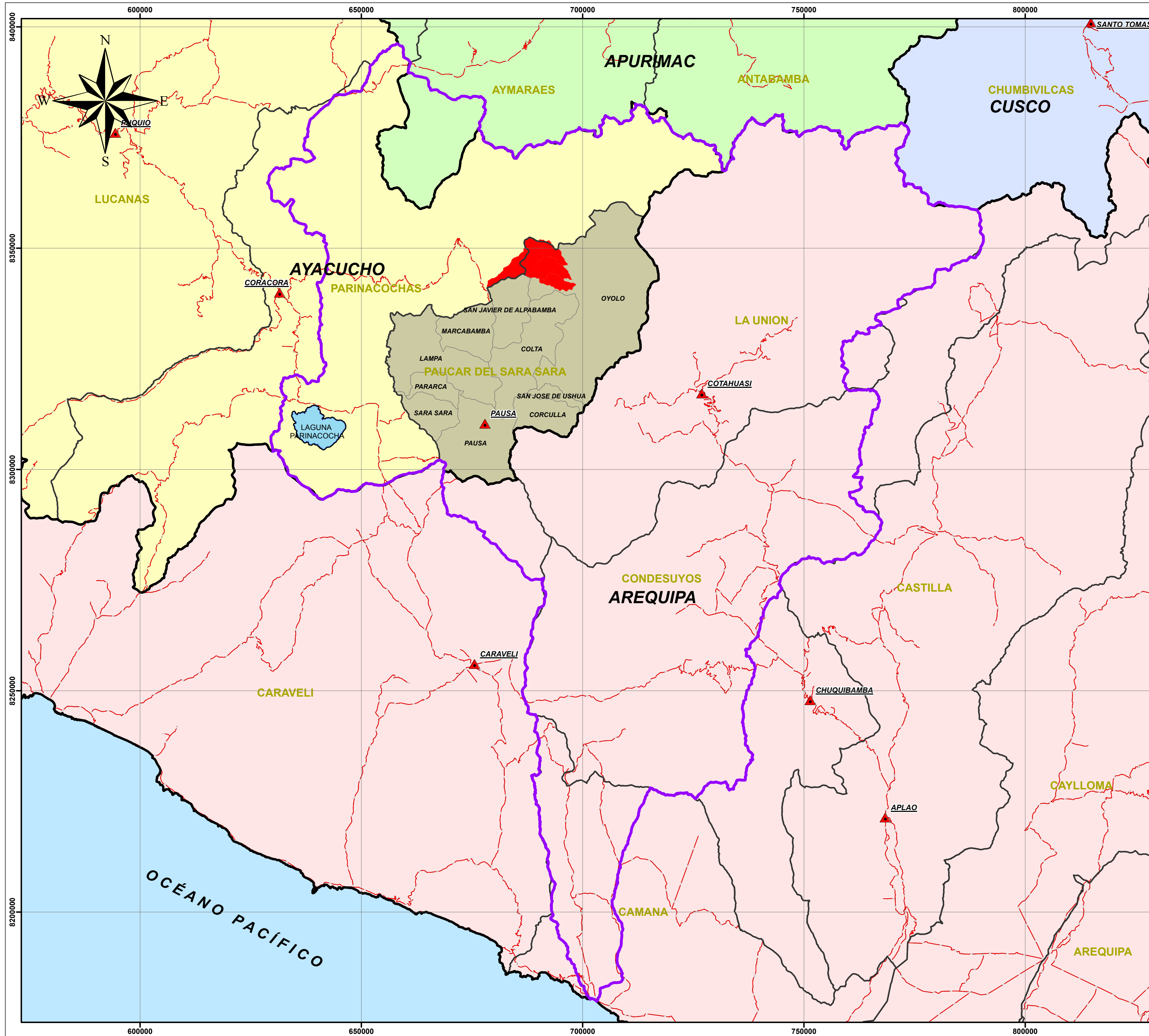
Location: OYOLO-AYACUCHO	Pumping Test: PUMPING HPINM-A	Pumping Well: HPINM-A
--------------------------	-------------------------------	-----------------------

Test Conducted by: ING. ARB	Test Date: 15/03/2012
-----------------------------	-----------------------

Aquifer Thickness: 136.00 m	Discharge: variable, average rate 6.9033 [l/s]
-----------------------------	--

	Analysis Name	Analysis Performed by	Analysis Date	Method name	Well	T [m ² /d]	K [m/d]	S
1	Theis with Jacob Correction	Ing. RJC	24/03/2012	Boulton	HPINM-A	1.09×10^2	8.00×10^{-1}	1.39×10^{-10}
2	Neuman	Ing. RJC	06/03/2013	Neuman	HPINM-A	3.24×10^1	2.38×10^{-1}	5.00×10^{-1}
Average						7.06×10^1	5.19×10^{-1}	2.50×10^{-1}

ANEXO N° IV PLANOS



Legenda

- Capital de Provincia
- Red Vial
- Lagunas
- Microcuencas de Estudio
- Limite de la Cuenca Ocoña
- Limite Departamental
- Limite Provincial
- Provincia Paucar del Sara Sara

Departamentos

- Apurímac
- Arequipa
- Ayacucho
- Cusco



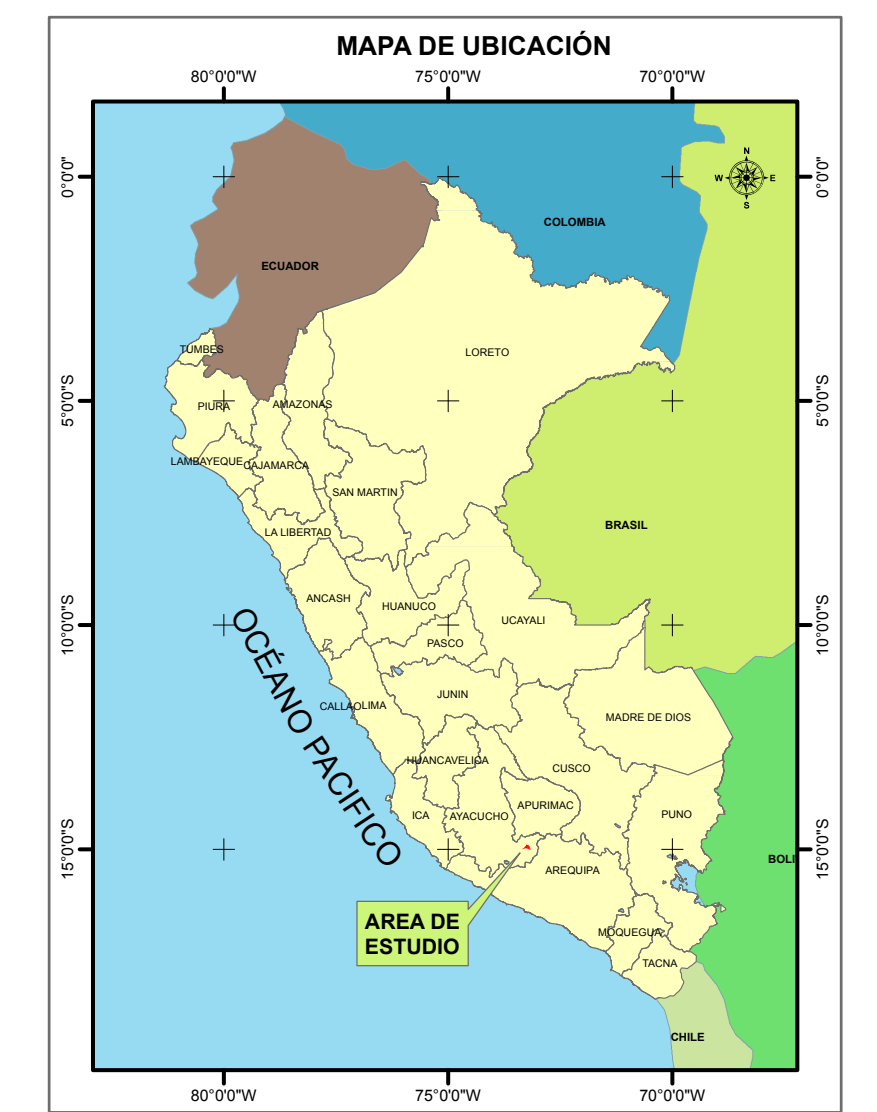
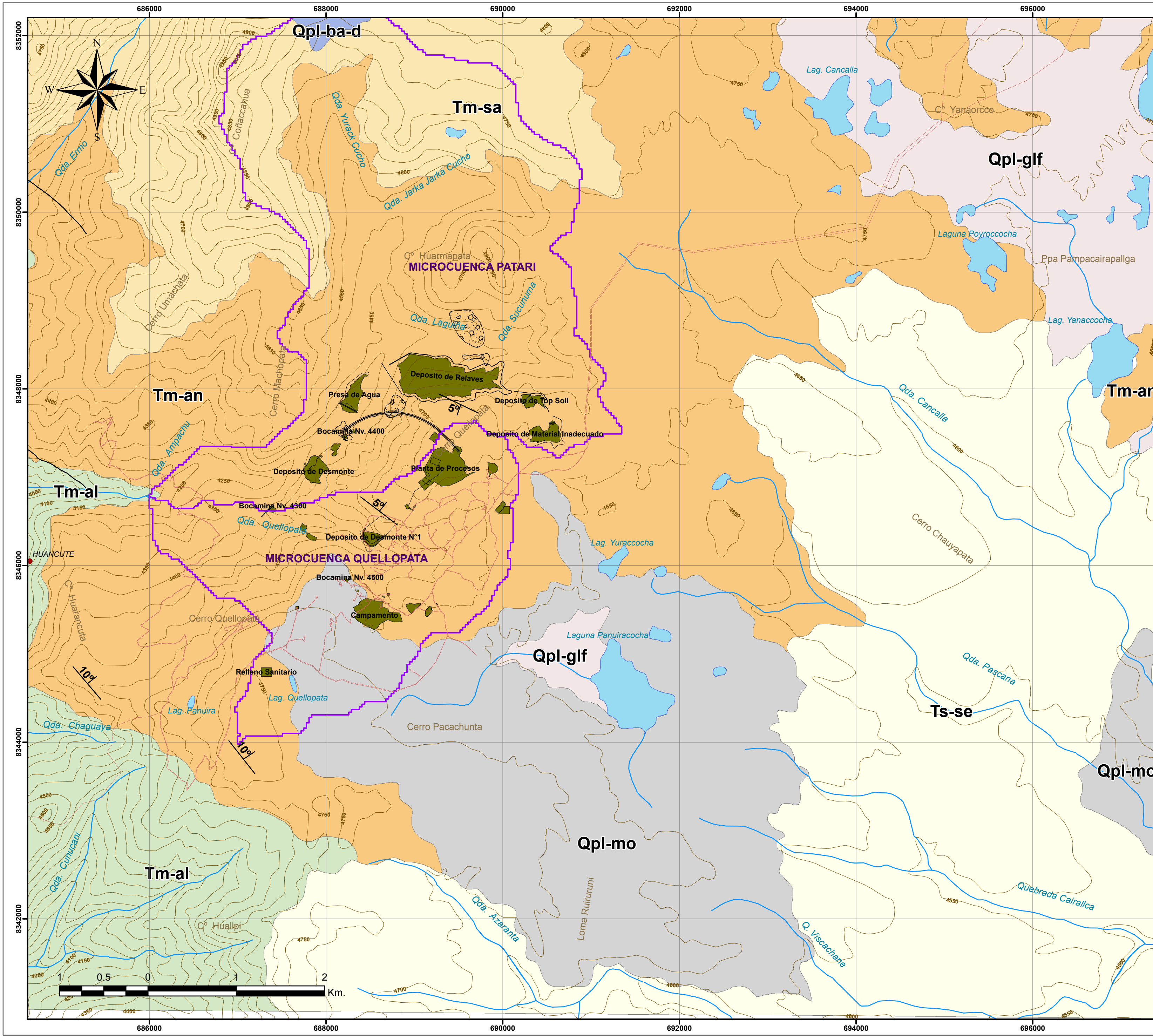
Universidad Nacional Agraria La Molina

PROYECTO: CARACTERIZACIÓN HIDROGEOLÓGICA PARA ELABORAR EL MODELO CONCEPTUAL DEL ACUÍFERO DE ALTA MONTAÑA DE LAS MICROCUENCAS PATARY Y QUELLOPATA, CUENCA DEL RÍO OCOÑA

DESCRIPCIÓN: **UBICACIÓN DEL PROYECTO**

UBICACIÓN: OYOLO - PAUCAR DEL SARA SARA - AYACUCHO

SIG: E.F.F.	ELABORADO:	REVISADO:	APROBADO: J.C.M.	ÁREA:	ILUSTRACIÓN: 01
DATUM: WGS84-18S	FORMATO: A2	ESCALA: 1:600,000	CÓDIGO DE ARCHIVO:		
FECHA: 2017	VERSIÓN: A	FUENTE:			



Legenda

- Centros Poblados
- Accesos
- Curvas de Nivel (msnm)
- Lagunas
- Canteras
- Componentes Mineros
- Límite de Microcuencas
- Área Efectiva del Proyecto Minero

		LITOSTRATIGRAFIA		
		SISTEMA	ERA	UNIDADES ESTRATIGRAFICAS
MEZOSÓICO	CUATERNARIO	RECIENTE	Depósitos	Glaciofluviales Morrenicos
		PLEISTOCENO	Grupo Barroso	Domo - Lava
	TERCIARIO	SUPERIOR		Formación Sencca
		MEDIO		Formación Saycata Formación Aniso Formación Alpabamba

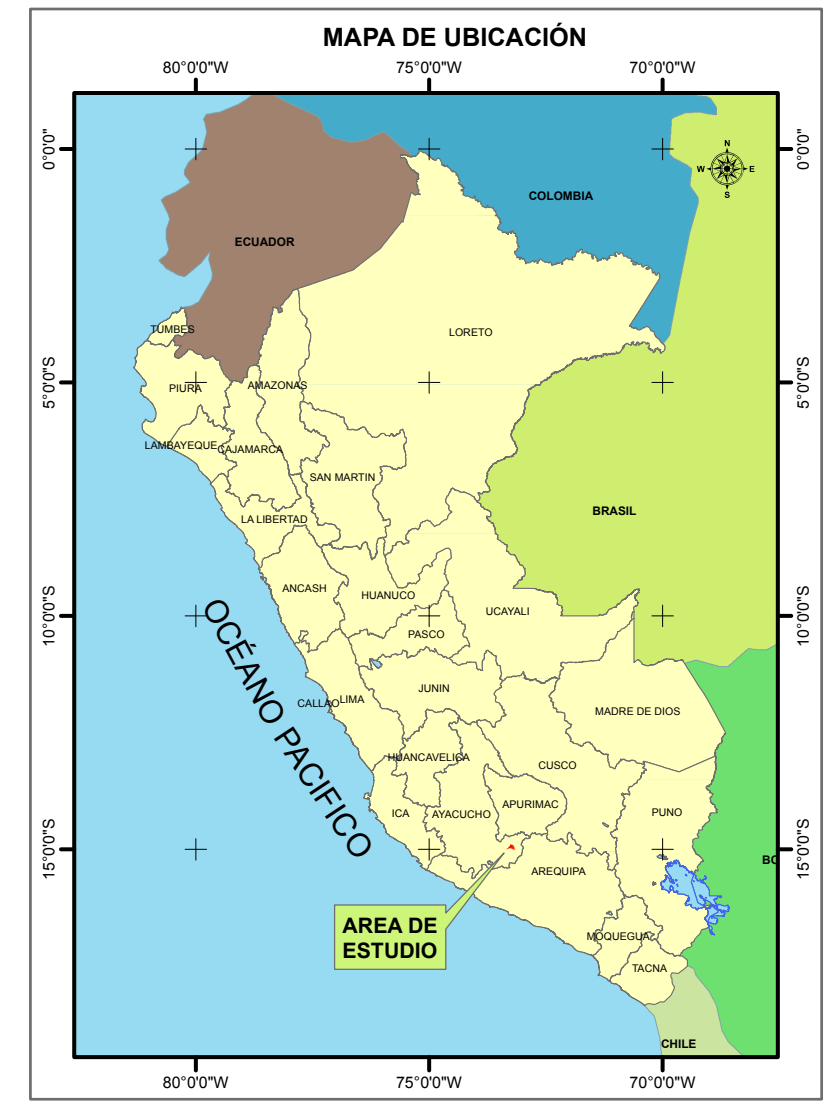
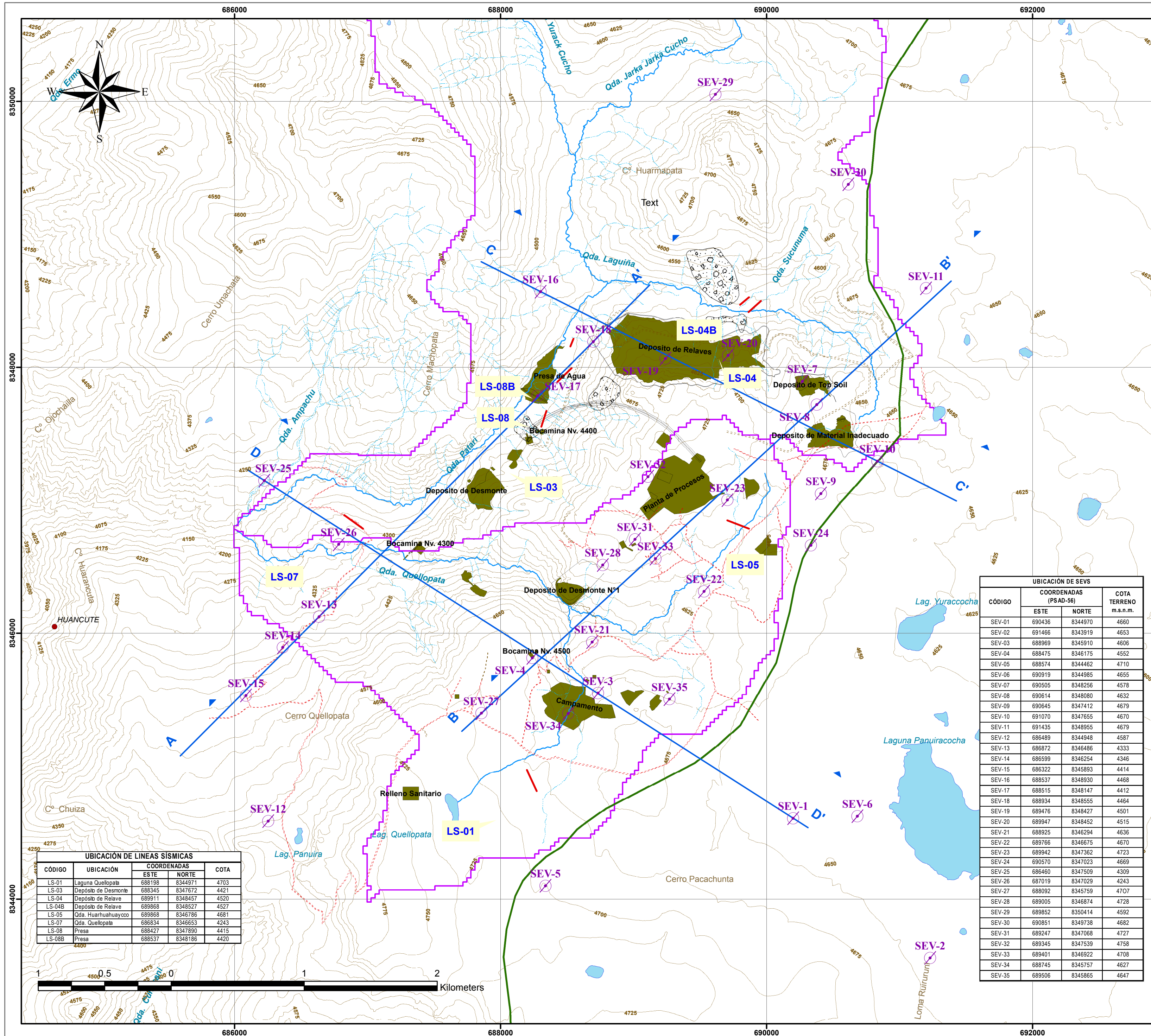
Universidad Nacional Agraria La Molina

PROYECTO: CARACTERIZACIÓN HIDROGEOLÓGICA PARA ELABORAR EL MODELO CONCEPTUAL DEL ACUÍFERO DE ALTA MONTAÑA DE LAS MICROCUENCAS PATARI Y QUELLOPATA CUENCA DEL RÍO OCOÑA

DESCRIPCIÓN: **MAPA GEOLÓGICO**

UBICACIÓN: OYOLO - PAUCAR DEL SARA SARA - AYACUCHO

SIG: E.F.F.	ELABORADO:	REVISADO:	APROBADO: J.C.M.	ÁREA:	ILUSTRACIÓN: 02
DATUM: WGS84-18S	FORMATO: A2	ESCALA: 1:30.000	CODIGO DE ARCHIVO:		
FECHA: 2017	VERSIÓN: A	FUENTE:	INGEMMET		



UBICACIÓN DE LÍNEAS SÍSMICAS

CÓDIGO	UBICACIÓN	COORDENADAS		COTA
		ESTE	NORTE	
LS-01	Laguna Quellopata	688198	8344971	4703
LS-03	Depósito de Desmonte	688345	8347672	4421
LS-04	Depósito de Relave	689911	8348457	4520
LS-04B	Depósito de Relave	689868	8348527	4527
LS-05	Qda. Huarhuahuaycco	689868	8346786	4681
LS-07	Qda. Quellopata	686834	8346653	4243
LS-08	Presa	688427	8347890	4415
LS-08B	Presa	688537	8348186	4420

UBICACIÓN DE SEVS

CÓDIGO	COORDENADAS (PSAD-56)		COTA TERRENO m.s.n.m.
	ESTE	NORTE	
SEV-01	690436	8344970	4660
SEV-02	691466	8343919	4653
SEV-03	688969	8345910	4606
SEV-04	688475	8346175	4552
SEV-05	688574	8344462	4710
SEV-06	690919	8344985	4655
SEV-07	690505	8348256	4578
SEV-08	690614	8348080	4632
SEV-09	690645	8347412	4679
SEV-10	691070	8347655	4670
SEV-11	691435	8348955	4679
SEV-12	686489	8344948	4587
SEV-13	686872	8346486	4333
SEV-14	686599	8346254	4346
SEV-15	686322	8345893	4414
SEV-16	688537	8348930	4468
SEV-17	688515	8348147	4412
SEV-18	688934	8348555	4464
SEV-19	689476	8348427	4501
SEV-20	689947	8348452	4515
SEV-21	688925	8346294	4636
SEV-22	689766	8346675	4670
SEV-23	689942	8347362	4723
SEV-24	690570	8347023	4669
SEV-25	686460	8347509	4309
SEV-26	687019	8347029	4243
SEV-27	688092	8345759	4707
SEV-28	689005	8346874	4728
SEV-29	689852	8350414	4592
SEV-30	690851	8349738	4682
SEV-31	689247	8347068	4727
SEV-32	689345	8347539	4758
SEV-33	689401	8346922	4708
SEV-34	688745	8345757	4627
SEV-35	689506	8345865	4647

Legenda

- Sondaje Eléctrico Vertical
- Líneas Sísmica
- Curvas de Nivel (msnm)
- Sección Geoelectrica
- Centros Poblados
- Lagunas
- Acceso Existente
- Acceso Projectado
- Quebradas Principales
- Quebradas Estacionales
- Canteras
- Componentes Mineros
- Límite de Microcuencas
- Zona de Amortiguamiento - Subcuenca del Cotahuasi
- Área Efectiva del Proyecto Minero

Universidad Nacional Agraria La Molina

PROYECTO: CARACTERIZACIÓN HIDROGEOLOGICA PARA ELABORAR EL MODELO CONCEPTUAL DEL ACUÍFERO DE ALTA MONTAÑA DE LAS MICROCUENCAS PATARY Y QUELLOPATA, CUENCA DEL RÍO OCOÑA

DESCRIPCIÓN: MAPA DE UBICACIÓN DE SEVS, SECCIONES GEOELECTRICAS Y LINEAS SÍSMICAS

UBICACIÓN: OYOLO - PAUCAR DEL SARA SARA - AYACUCHO

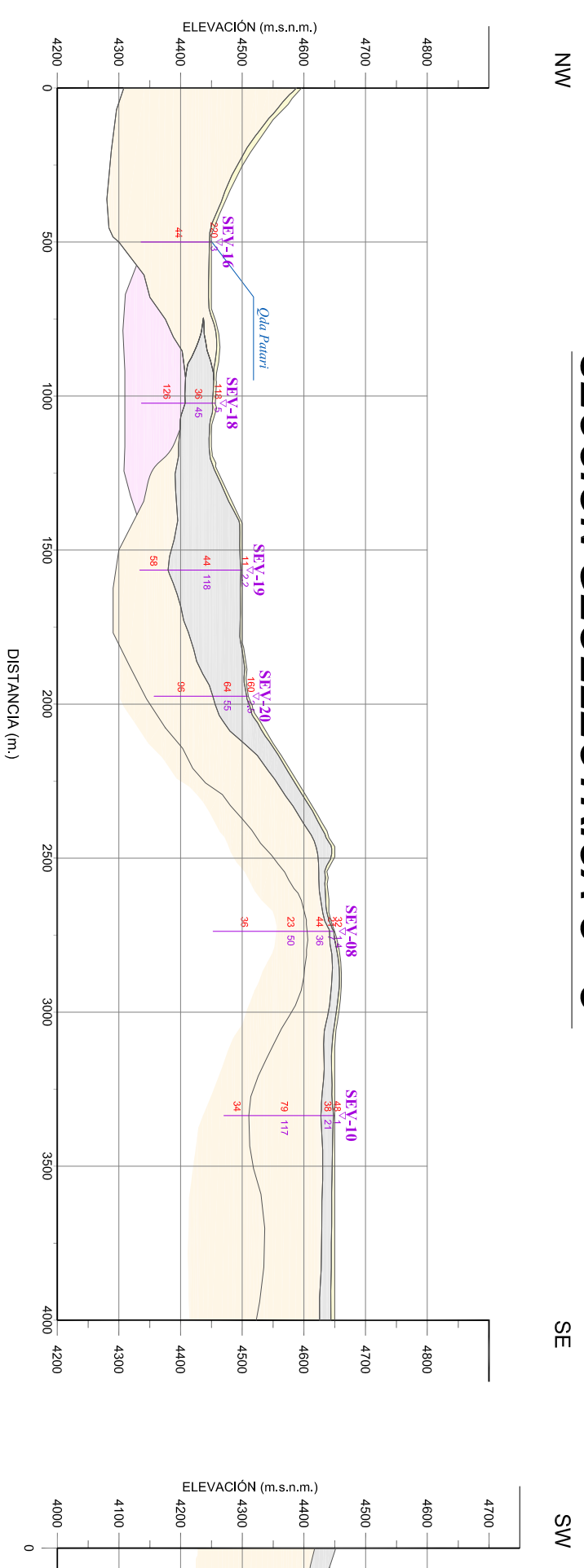
SIG: E.F.F. ELABORADO: REVISADO: APROBADO: J.C.M. ÁREA: GEOFÍSICA ILUSTRACIÓN:

DATUM: WGS84-18S FORMATO: A2 ESCALA: 1:20.000 CÓDIGO DE ARCHIVO:

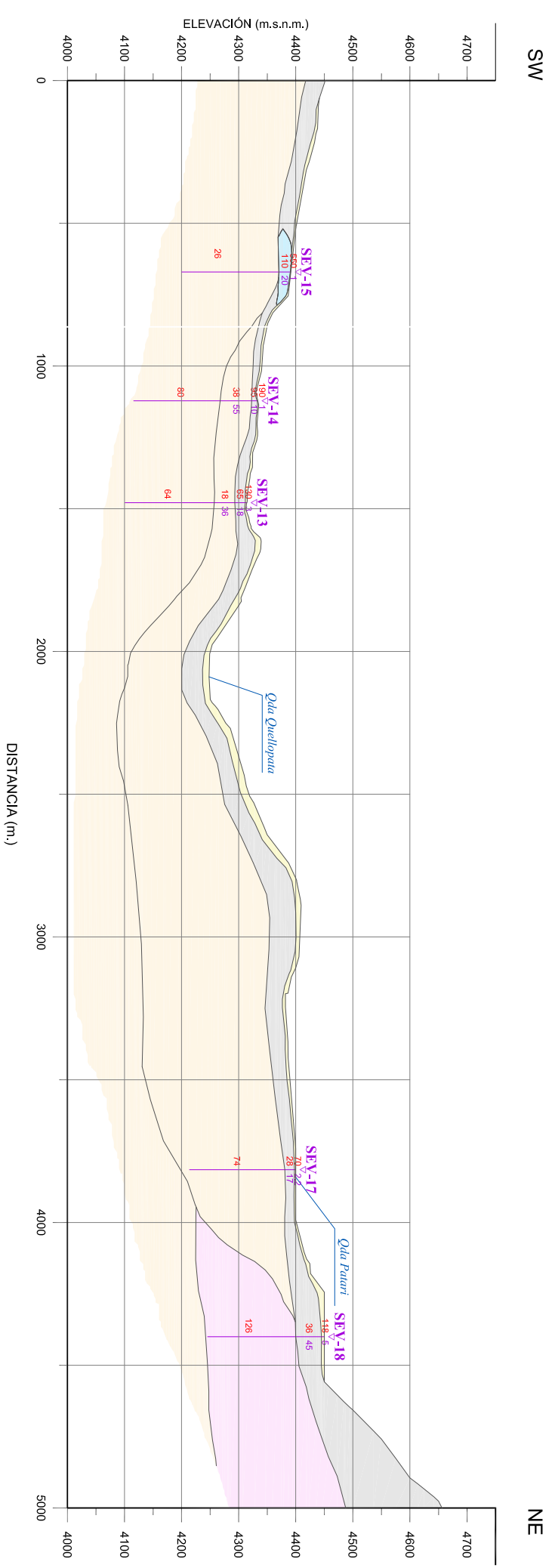
FECHA: 2017 VERSIÓN: A FUENTE:

03

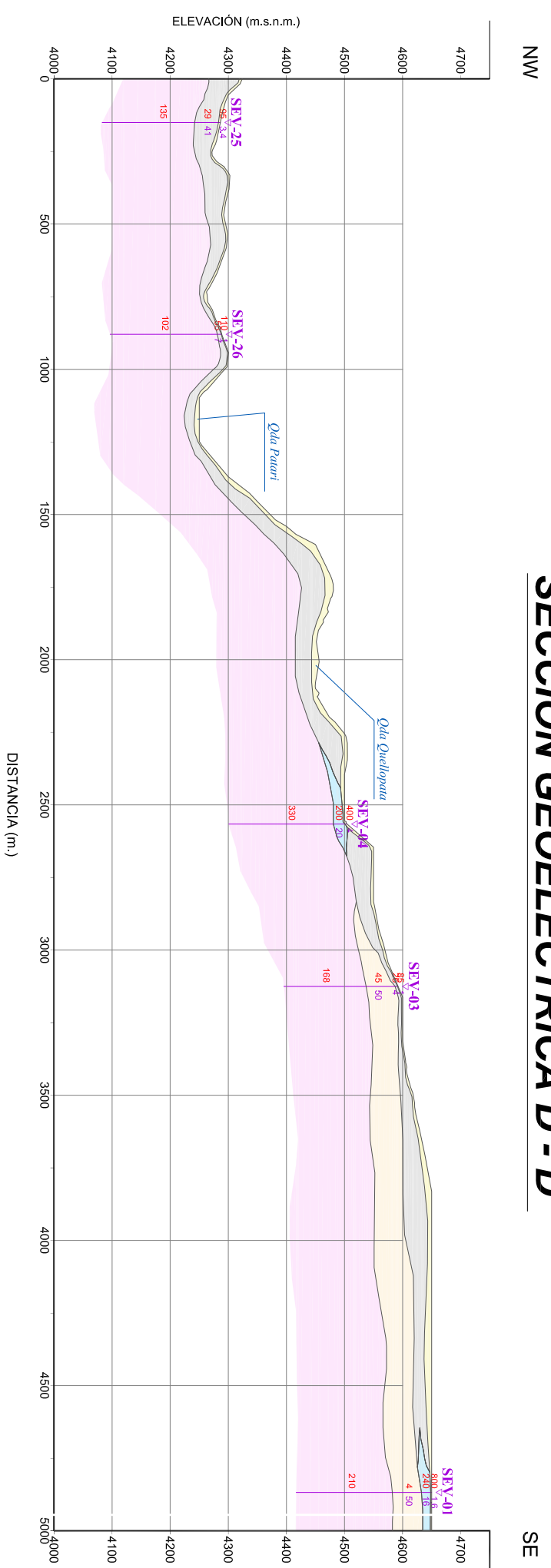
SECCIÓN GEOELÉCTRICA C - C'



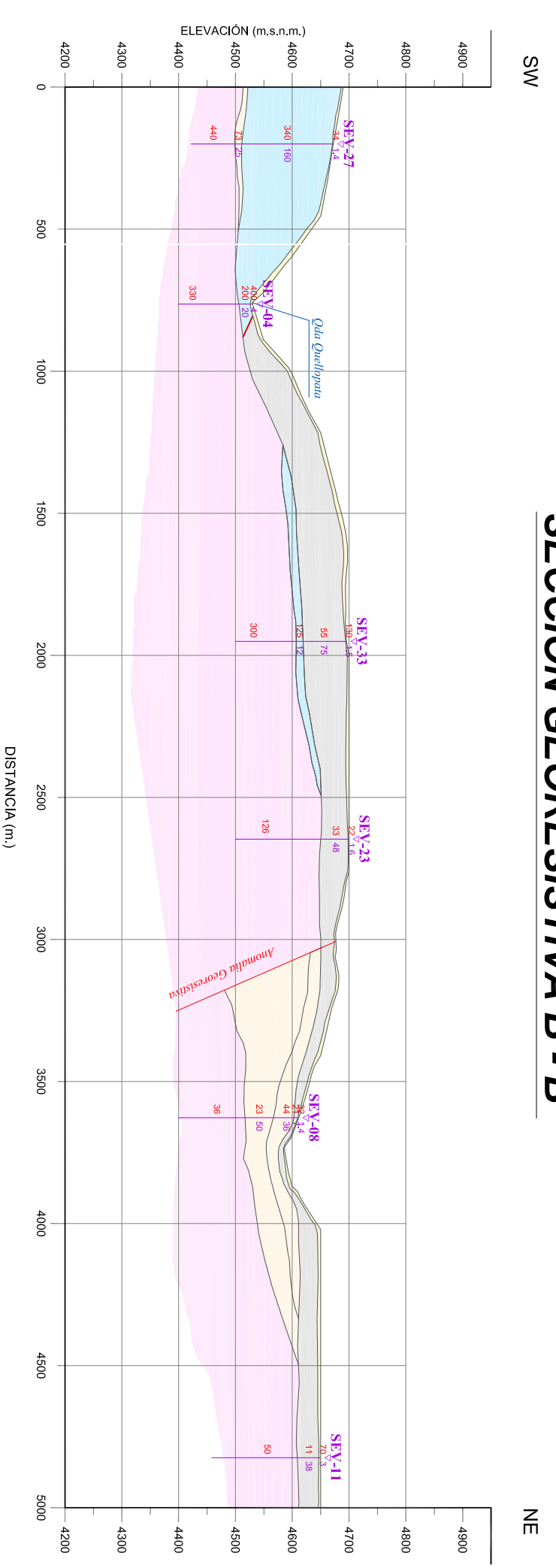
SECCIÓN GEORESISTIVA A-A'



SECCIÓN GEOELÉCTRICA D - D'



SECCIÓN GEORESISTIVA B - B'



ESCALA H : 1 / 20,000
V : 1 / 10,000

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

Proyecto: CARACTERIZACIÓN HIDROGEOLOGICA PARA ELABORAR EL
MAPA DE ZONAS DE RIESGO EN EL MUNICIPIO DE SAN JUAN DE LOS
RIOS, DEPARTAMENTO DE AYACUCHO, PERÚ.
Descripción: MICROBUENAS PAVARI Y QUILIQUISA, SIENNA DEL INO OCOCHA

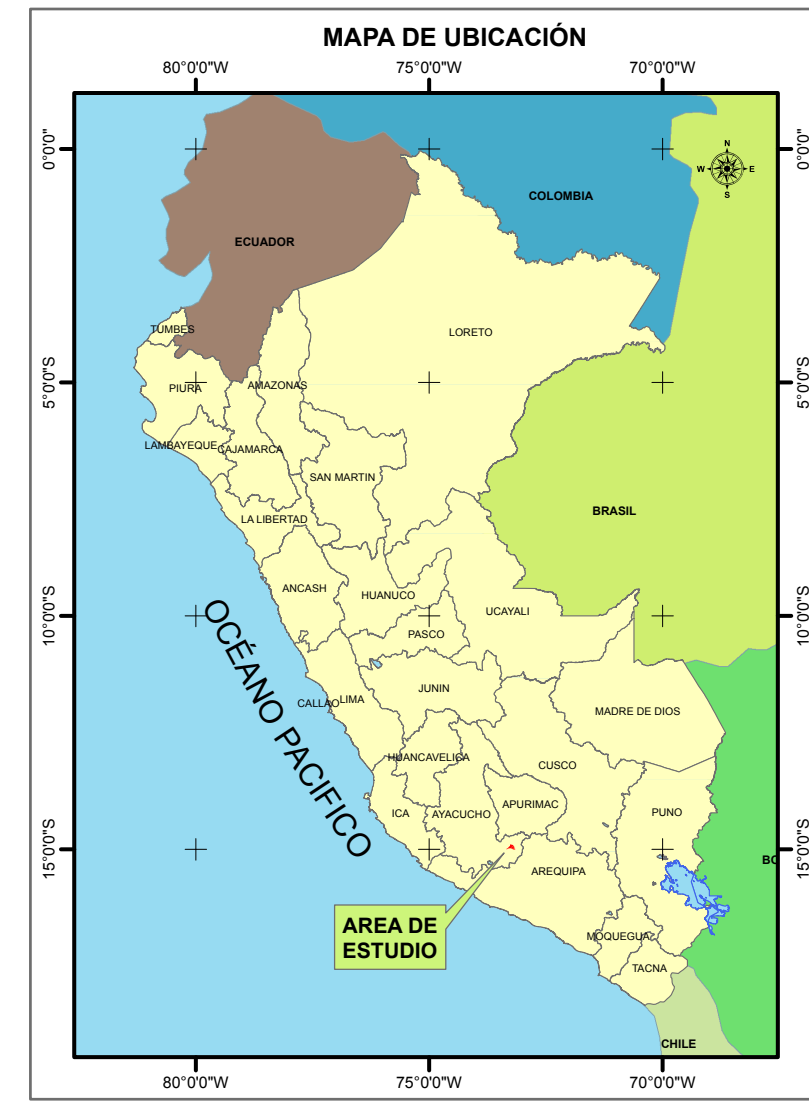
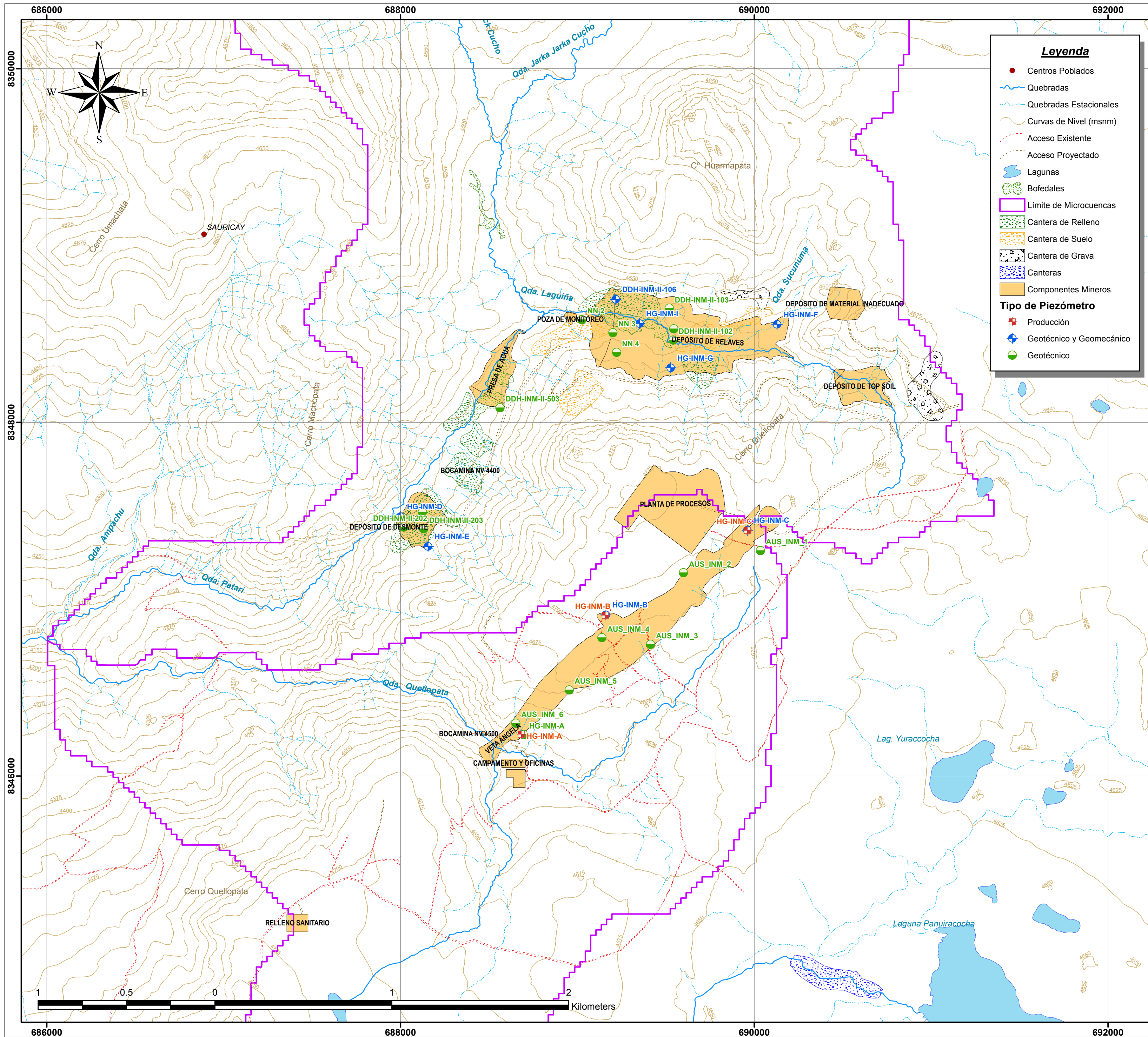
SECCIÓN GEORESISTIVA C-C' Y D-D'

Ubicación: Oyo - Paucar del Sara Sara - Ayacucho

Dibujó: M.V.	Elaborado:	Revisado:	Aprobado:	Área:
Datado: VRSB4	Formato: A2	Escala: INDICADA	Código de Área:	
Fecha: 2017	Versión: A	Fuente: PROPIA		



04



UBICACIÓN DE FUENTES DE AGUA SUBTERRÁNEA

CODIGO	UBICACIÓN	COORDENADAS (PSAD 56)			NIVEL ESTÁTICO	
		ESTE (m)	NORTE (m)	COTA (m.s.n.m)	PROF. (m)	m.s.n.m.
HP-INM-A	Veta Ángela	688691	8346240	4580	16.24	4564
HP-INM-B	Veta Ángela	689169	8346893	4697	99.9	4597
HP-INM-C	Veta Ángela	689970	8347382	4699	18.69	4680
HG-INM-A	Veta Ángela	688697	8346234	4579	14.970	4554
HG-INM-B	Veta Ángela	689161	8346911	4695	94.500	4601
HG-INM-C	Veta Ángela	689961	8347390	4700	15.080	4684
HG-INM-D	Deposito de desmonte	688000	8347467	4369	9.470	4360
HG-INM-E	Deposito de desmonte	688156	8347299	4425	27.600	4397
HG-INM-F	Presas de relaves	690129	8348554	4508	0.280	4508
HG-INM-G	Presas de relaves	689528	8348308	4499	11.740	4487
HG-INM-I	Presas de relaves	689352	8348559	4462	0.000	4462
AUS_INM_1	Veta Ángela	690035	8347275	4692	27.52	4665
AUS_INM_2	Veta Ángela	689600	8347149	4695	65.64	4629
AUS_INM_3	Veta Ángela	689414	8346744	4657	78.33	4579
AUS_INM_4	Veta Ángela	689139	8346782	4688	52.22	4636
AUS_INM_5	Veta Ángela	688954	8346487	4658	83.35	4575
AUS_INM_6	Veta Ángela	688652	8346299	4584	77.72	4506
DDH-INM-II-106	Deposito de desmonte	688217	8348695	4501	-	-
DDH-INM-II-105	Deposito de relaves	689545	8348528	4510	-	-
DDH-INM-II-102	Deposito de relaves	689542	8348465	4477	6.58	4470
DDH-INM-II-103	Presas de relaves	689520	8348645	4503	-	-
DDH-INM-II-201	Deposito de desmonte	688124	8347493	4385	-	-
DDH-INM-II-202	Deposito de desmonte	688019	8347407	4401	-	-
DDH-INM-II-203	Deposito de desmonte	688131	8347397	4416	-	-
DDH-INM-II-503	Embalse de agua	688653	8348082	4350	-	-
NN 4 (***)	Deposito de relaves	688222	8348395	4499	-	-
NN 3 (***)	Deposito de relaves	689201	8348507	4473	-	-
NN 2 (***)	Deposito de relaves	689026	8348581	4459	-	-

Fuente: Ausenco Vector

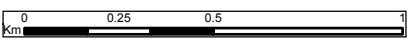
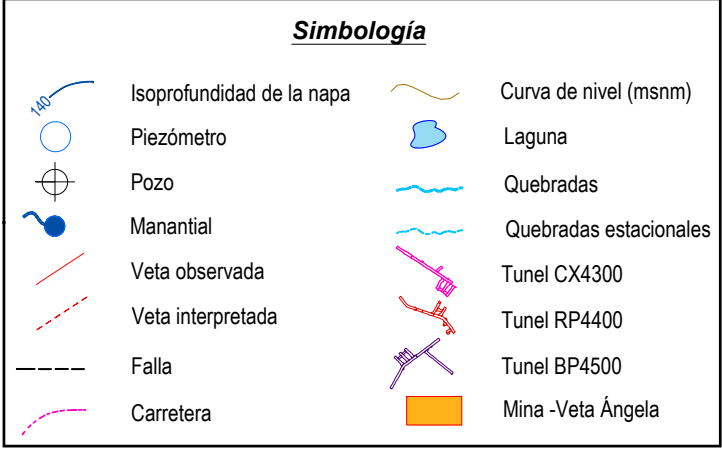
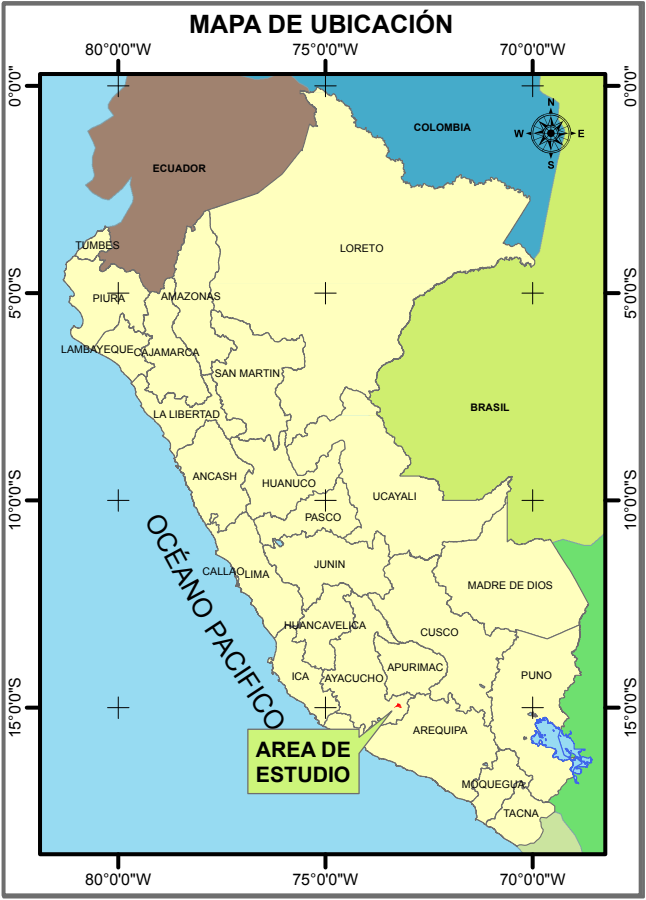
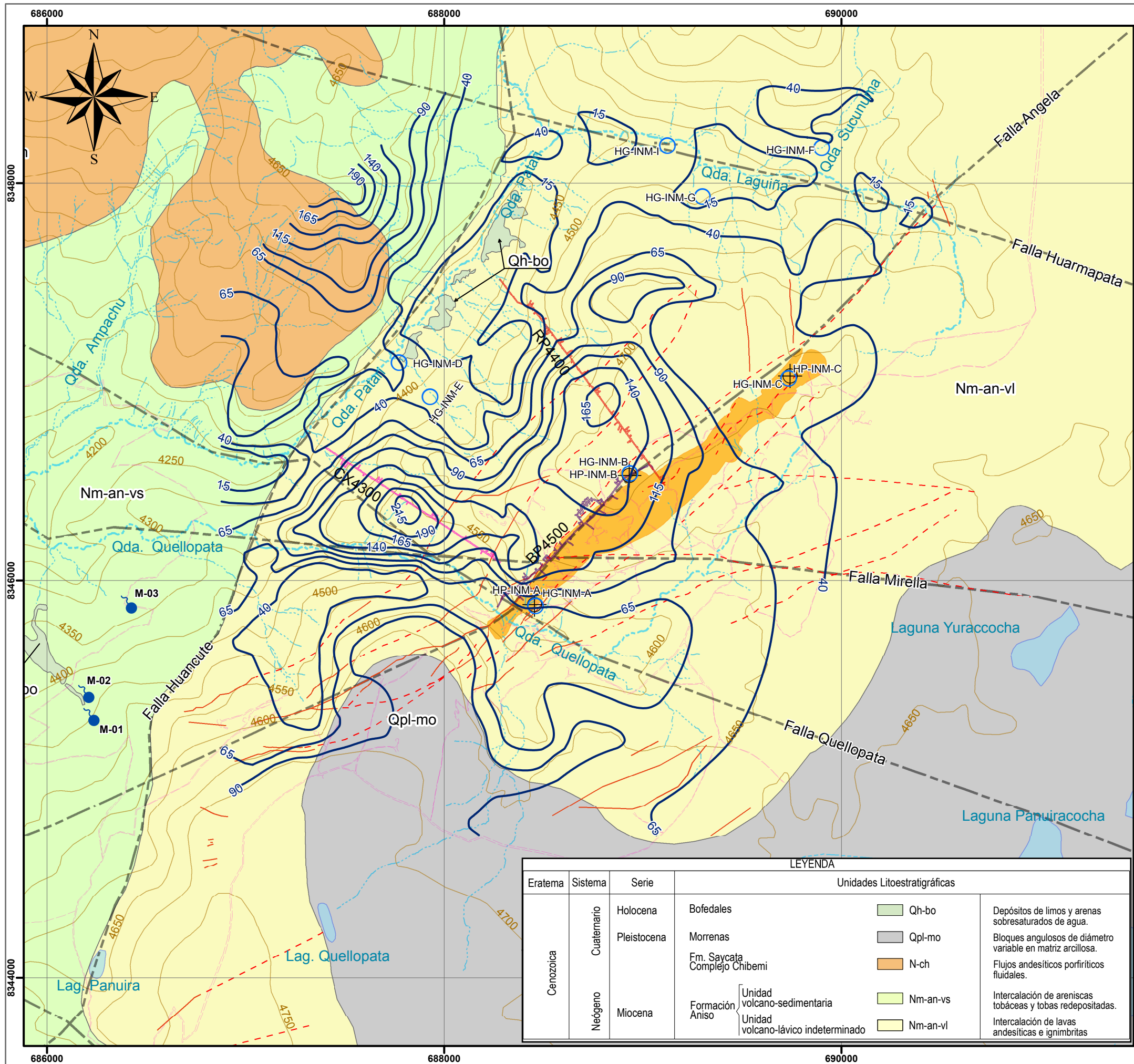
Universidad Nacional Agraria La Molina

PROYECTO: CARACTERIZACIÓN HIDROGEOLÓGICA PARA ELABORAR EL MODELO CONCEPTUAL DEL ACUÍFERO DE ALTA MONTAÑA DE LAS MICROCUENCAS PATARI Y QUELLOPATA, CUENCA DEL RIO OCOÑA

DESCRIPCIÓN: MAPA DE UBICACIÓN DE FUENTES DE AGUA SUBTERRÁNEA

UBICACIÓN: OYOLO - PAUCAR DEL SARA SARA - AYACUCHO

SIG: E.F.F.	ELABORADO:	REVISADO:	APROBADO:	ÁREA: HIDROGEOLOGÍA	ILUSTRACIÓN:
DATE: wgs84	FORMATO: A2	ESCALA: 1:15.000	CÓDIGO DE ARCHIVO:		06
FECHA: 2017	VERSION: A	FUENTE:			



LEYENDA

Eratema	Sistema	Serie	Unidades Litoestratigráficas			
Cenozoica	Cuaternario	Holocena	Bofedales	Qh-bo	Depósitos de limos y arenas sobresaturados de agua.	
		Pleistocena	Morrenas	Qpl-mo	Bloques angulosos de diámetro variable en matriz arcillosa.	
			Fm. Saycata Complejo Chibemi	N-ch	Flujos andesíticos porfiríticos fluidales.	
	Neógeno	Miocena	Formación Aniso	Unidad volcano-sedimentaria	Nm-an-vs	Intercalación de areniscas tobáceas y tobas redepositadas.
				Unidad volcano-lávico indeterminado	Nm-an-vl	Intercalación de lavas andesíticas e ignimbritas

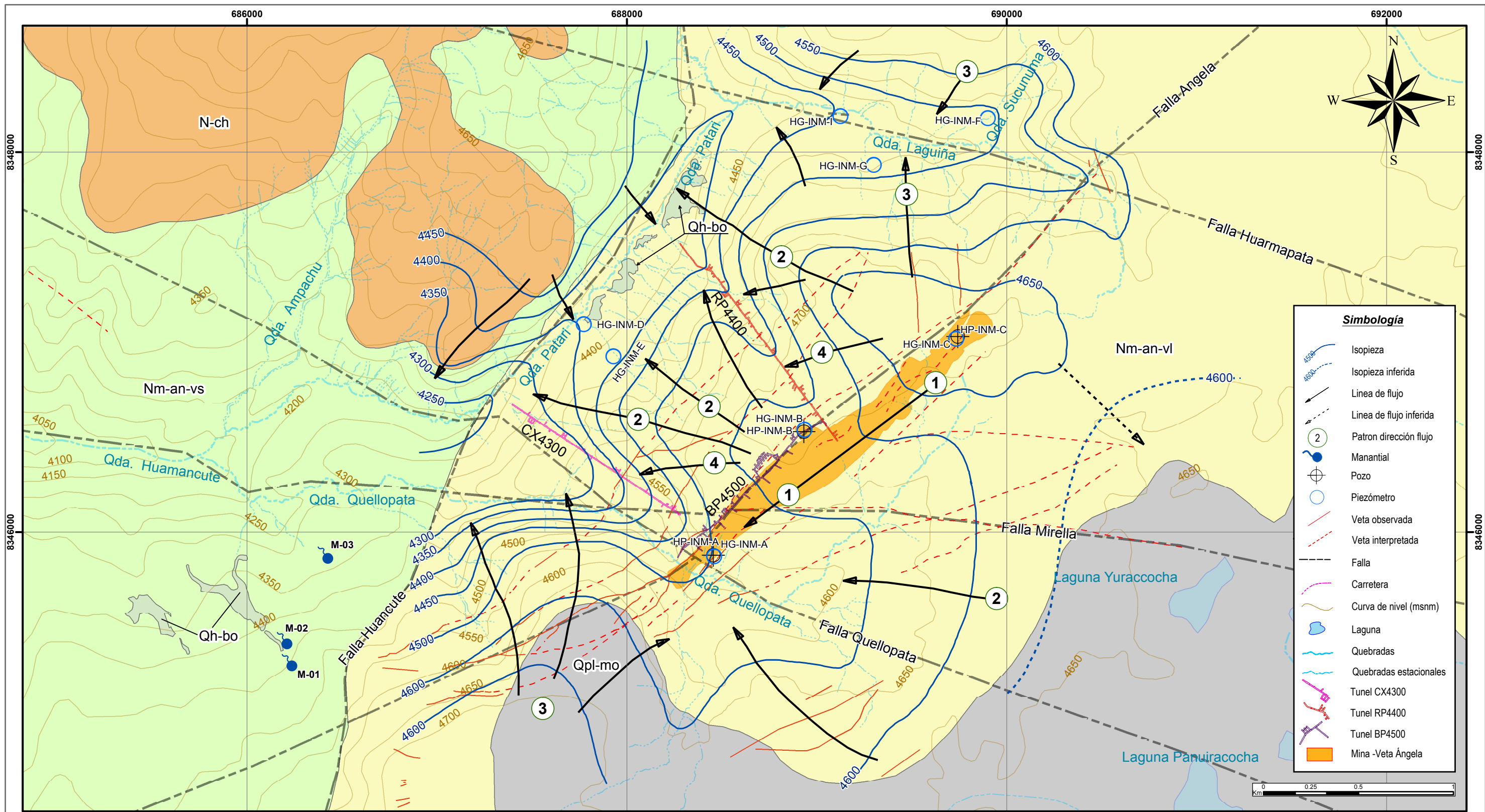
Universidad Nacional Agraria La Molina

PROYECTO: CARACTERIZACIÓN HIDROGEOLÓGICA PARA ELABORAR EL MODELO CONCEPTUAL DEL ACUÍFERO DE ALTA MONTAÑA DE LAS MICROCUENCAS PATARI Y QUELLOPATA, CUENCA DEL RÍO OCOÑA

DESCRIPCIÓN: MAPA DE ISOPROFUNDIDAD DE LA NAPA

UBICACIÓN: OCOÑA - PAUCAR DEL SARA SARA - ATACUCHO

SIG: G.E.M.	ELABORADO:	REVISADO:	APROBADO:	ÁREA:	ILUSTRACIÓN: 07
DATUM: WGS 84 - 18S	FORMATO: A3	ESCALA: 1:20,000	CÓDIGO DE ARCHIVO:		
FECHA: 2017	VERSIÓN: B	FUENTE:			



Simbología

- Isopieza
- Isopieza inferida
- Línea de flujo
- Línea de flujo inferida
- Patrón dirección flujo
- Manantial
- Pozo
- Piezómetro
- Veta observada
- Veta interpretada
- Falla
- Carretera
- Curva de nivel (msnm)
- Laguna
- Quebradas
- Quebradas estacionales
- Tunnel CX4300
- Tunnel RP4400
- Tunnel BP4500
- Mina -Veta Ángela

LEYENDA

Eratema	Sistema	Serie	Unidades Litoestratigráficas		
Cenozoica	Cuaternario	Holocena	Bofedales	Qh-bo	Depósitos de limos y arenas sobresaturados de agua.
		Pleistocena	Morrenas	Qpl-mo	Bloques angulosos de diámetro variable en matriz arcillosa.
			Fm. Saycata Complejo Chibemi	N-ch	Flujos andesíticos porfíricos fluidales.
	Neógeno	Miocena	Formación Aniso	Nm-an-vs Nm-an-vi	Intercalación de areniscas tobáceas y tobas redepositadas. Intercalación de lavas andesíticas e ignimbritas

Universidad Nacional Agraria La Molina

PROYECTO: CARACTERIZACIÓN HIDROGEOLÓGICA PARA ELABORAR EL MODELO CONCEPTUAL DEL ACUÍFERO DE ALTA MONTAÑA DE LAS MICROCUENCAS PATARI Y QUELLOPATA, CUENCA DEL RÍO OCOÑA

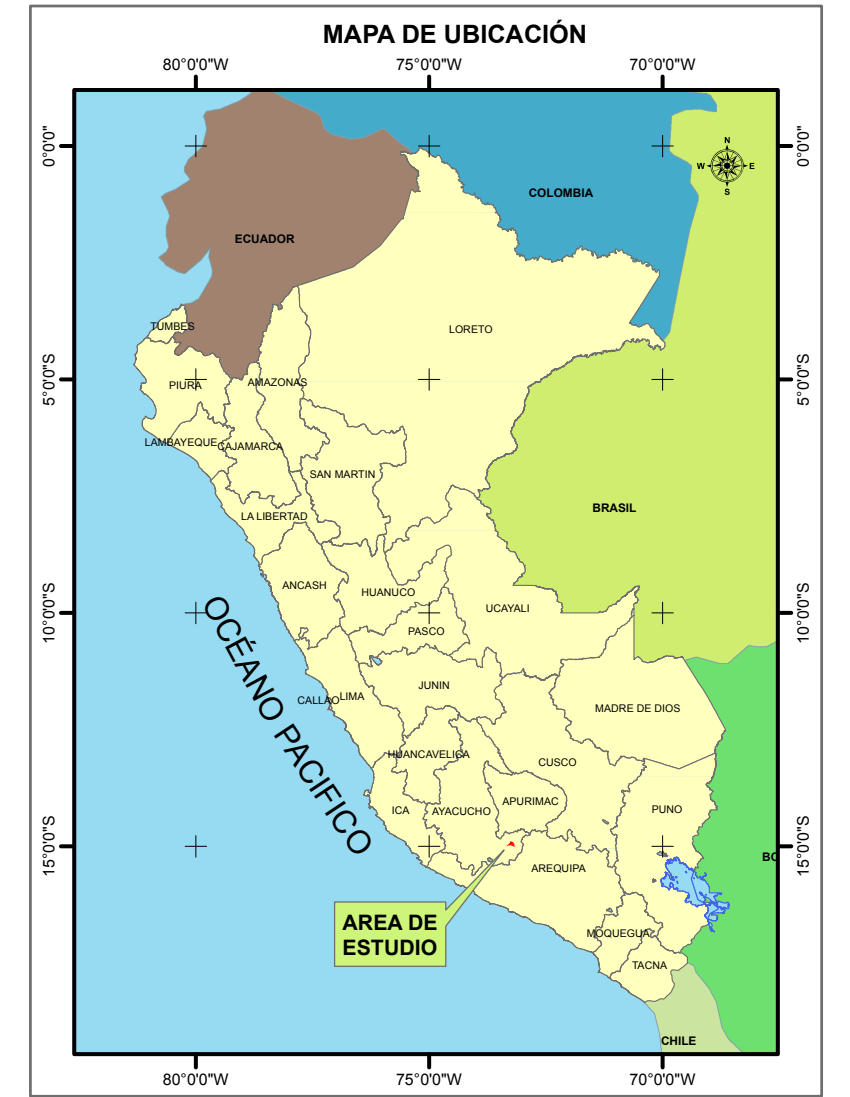
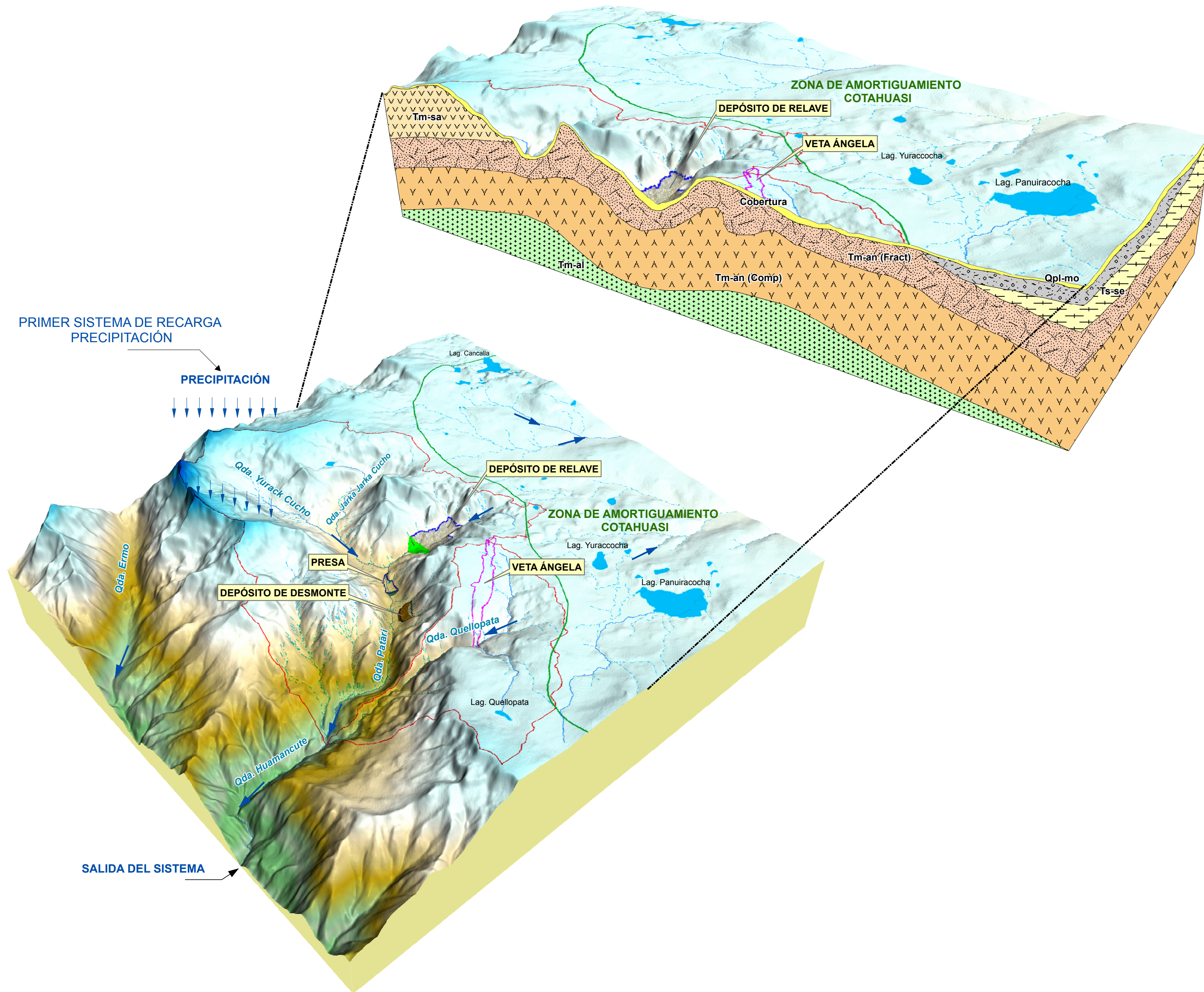
DESCRIPCIÓN: MAPA DE ISOPIEZAS

UBICACIÓN: OCOÑA - PAUCAR DEL SARA SARA - ATACUCHO

SIG: G.E.M.	ELABORADO:	REVISADO:	APROBADO:	ÁREA:
DATUM: WGS 84 - 18S	FORMATO: A3	ESCALA: 1:20,000	CÓDIGO DE ARCHIVO:	
FECHA: 2017	VERSIÓN: A	FUENTE:		

ILUSTRACIÓN: **08**

MODELO HIDROGEOLÓGICO CONCEPTUAL PROYECTO INMACULADA



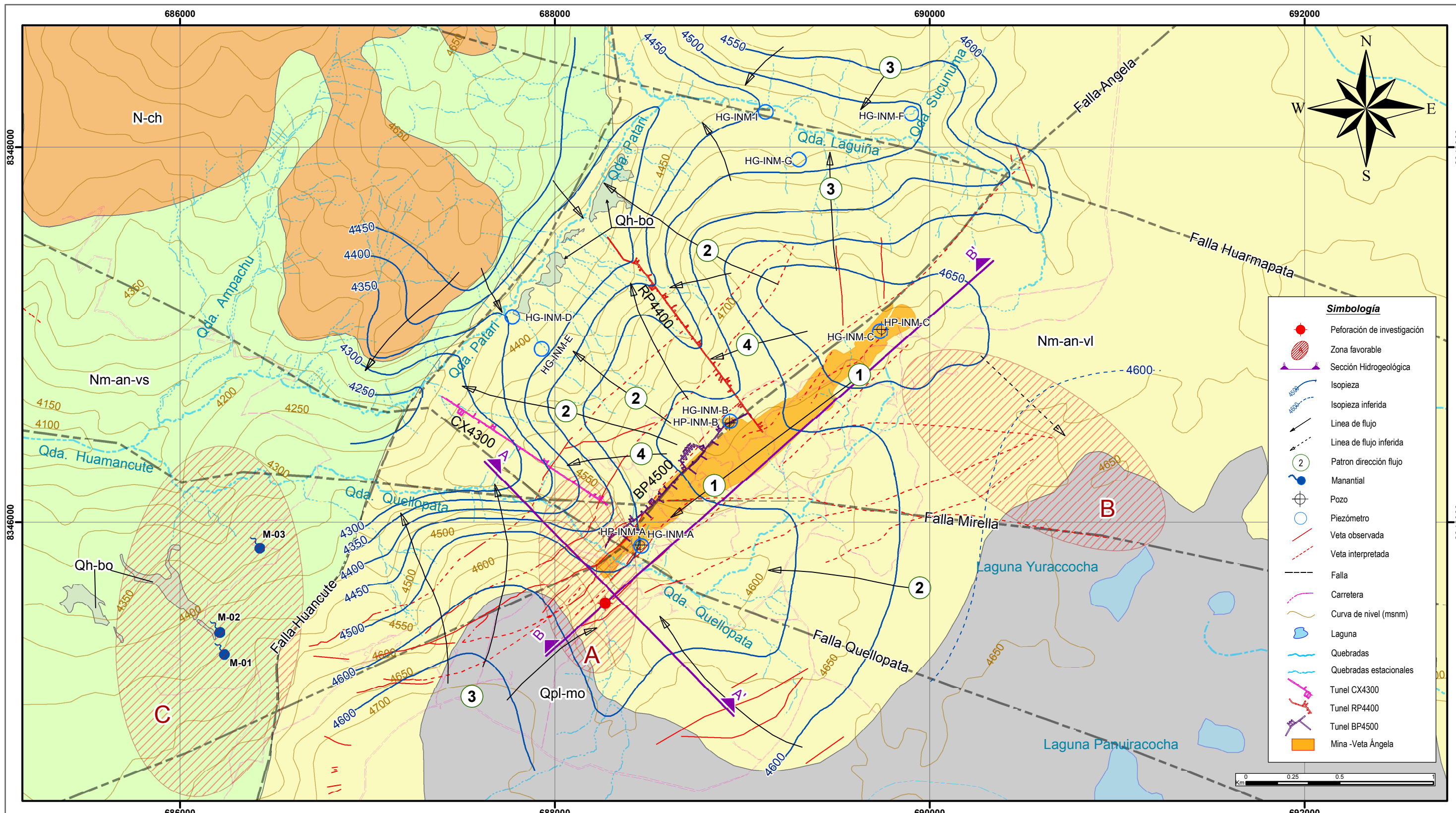
Leyenda

- Quebradas
- Quebradas Estacionales
- Lagunas
- Zona de Amortiguamiento Cotahuasi
- Límite de Microcuencas

Simbología Geológica

- Cobertura
- Depósitos Morrénicos (Qpl-mo)
- Formación Sencca (Ts-se)
- Formación Saycata (Tm-sa)
- Formación Aniso Fracturado (Tm-an)
- Formación Aniso Compacto (Tm-an)
- Formación Alpabamba (Tm-al)

Universidad Nacional Agraria La Molina					
PROYECTO: CARACTERIZACIÓN HIDROGEOLÓGICA PARA ELABORAR EL MODELO CONCEPTUAL DEL ACUÍFERO DE ALTA MONTAÑA DE LAS MICROCUENCAS PATARI Y QUELLOPATA, CUENCA DEL RÍO OCCONA					
DESCRIPCIÓN: MODELO HIDROGEOLÓGICO CONCEPTUAL					
UBICACIÓN: OYOLO - PAUCAR DEL SARA SARA - AYACUCHO					
SIG: U.M.V.	ELABORADO:	REVISADO:	APROBADO:	ÁREA:	ILUSTRACIÓN: 09
DATUM: WGS84	FORMATO: A2	ESCALA: S/E	CÓDIGO DE ARCHIVO:		
FECHA: 2017	VERSION: A	FUENTE:			



Simbología

- Perforación de investigación
- Zona favorable
- Sección Hidrogeológica
- Isopieza
- Isopieza inferida
- Línea de flujo
- Línea de flujo inferida
- 2 Patrón dirección flujo
- Manantial
- ⊕ Pozo
- Piezómetro
- Veta observada
- Veta interpretada
- Falla
- Carretera
- Curva de nivel (msnm)
- Laguna
- Quebradas
- Quebradas estacionales
- Tunel CX4300
- Tunel RP4400
- Tunel BP4500
- Mina -Veta Ángela

LEYENDA

Eratema	Sistema	Serie	Unidades Litoestratigráficas		
Cenozoica	Cuaternario	Holocena	Bofedales	Qh-bo	Depósitos de limos y arenas sobresaturados de agua.
		Pleistocena	Morrenas	Qpl-mo	Bloques angulosos de diámetro variable en matriz arcillosa.
	Neógeno	Miocena	Fm. Saycata Complejo Chibemi	N-ch	Flujos andesíticos porfíricos fluidales.
			Formación Aniso	Unidad volcánico-sedimentaria	Nm-an-vs
			Unidad volcánico-lávico indeterminado	Nm-an-vl	Intercalación de lavas andesíticas e ignimbritas

UBICACIÓN DEL POZO

Este = 688269
 Norte = 8345569
 Cota inicio = 4540.0 m
 Cota final = 4193.4 m
 Longitud = 350 m
 Azimut = 130°
 Inclinación = 90°

Universidad Nacional Agraria La Molina

PROYECTO: CARACTERIZACIÓN HIDROGEOLÓGICA PARA ELABORAR EL MODELO CONCEPTUAL DEL ACUÍFERO DE ALTA MONTAÑA DE LAS MICROCUENCAS PATARI Y QUELLOPATA, CUENCA DEL RÍO OCOÑA

DESCRIPCIÓN: MAPA DE UBICACIÓN DE ZONAS FAVORABLES PARA LA CAPTACIÓN DE AGUA

UBICACIÓN: OCOÑA - PAUCAR DEL SARA SARA - ATACUCHO

SIG: G.E.M.	ELABORADO:	REVISADO:	APROBADO:	ÁREA:	ILUSTRACIÓN:
DATUM: WGS 84 - 18S	FORMATO: A3	ESCALA: 1:20,000	CÓDIGO DE ARCHIVO:	10	
FECHA: 2017	VERSIÓN: A	FUENTE:			