



XVIII Congreso Peruano de Geología

INVESTIGACION HIDROGEOLOGICA EN LA INTERACCIÓN DEL DEPÓSITO DE RELAVES, MINA MARIA MERCEDES, EN EL RESERVORIO DEL ACUÍFERO - HUARAL

J. Harrison Ramos Ayala¹

¹ ACOMISA, Cal. Jorge Muelle Nro. 169 Dpto. 1pis C.H. Torres de Limatambo, Lima, Perú. (Joharaay@gmail.com)

¹ UNMSM- Escuela de Postgrado, Av. Venezuela Cd. 34 s/n.- Ciudad Universitaria, Lima, Perú.

1. Introducción

El agua subterránea es el recurso hídrico más abundante, pero es poco conocida y gestionada sin el adecuado conocimiento científico y técnico. Además, los servicios que los acuíferos prestan para el desarrollo de la humanidad no han sido destacados hasta el presente, excepto en casos especiales donde constituyen el único recurso hídrico accesible.

La siguiente investigación contiene la descripción de las características geológicas e hidrogeológicas del reservorio acuífero Jecuan en el entorno de trabajo donde será emplazado el Depósito de Relaves Proyectoado (**Ver Figura 04-a**), ubicado en Huaral, 11°29'19" S - 77°16'47" N. A una altitud de 145 m.s.n.m. a 9km de la ciudad de Huaral y 64 Km. de la ciudad de Lima.

El conocimiento científico, las formas de uso y el desarrollo de instrumentos adecuados para la gestión sostenible del recurso, no han sido desarrollados como en el caso de las aguas superficiales. Los escasos conocimientos, las insuficientes capacidades y la gestión inadecuada del recurso han acarreado a usos irracionales, pérdidas y contaminación del recurso, que crean situaciones en la que la reversión del problema aplica procesos muy costosos.

Por lo que existe la necesidad de desarrollar programas de investigación que permitan: enriquecer los conocimientos que se tienen sobre los acuíferos en explotación, implementar estrategias para evaluar las reservas y los mecanismos de recarga de los principales sistemas acuíferos del país, desarrollar políticas y programas para la gestión integral de los acuíferos basados principalmente en una explotación racional, sostenible y sustentable del agua subterránea". (Burbano N., Becerra S. y Pasquel E. (2011)).

2. Geología

2.1. Estratigrafía

La geología del área de estudio se encuentra comprendida por la Formación Quilmaná y Huarangal conformada por secuencias volcánicas correspondiente al Grupo Casma, subyaciendo se encuentran los depósitos cuaternarios recientes de gran extensión conformados por los materiales aluviales y eólicos.

El Grupo Casma consiste de volcánicos bien estratificados, siendo en su mayor parte derrames delgados de andesita masiva, de grano fino y con más o menos 3-5 metros de espesor. (**Ver Figura 02**).

Las rocas más antiguas reconocidas en el área de estudio pertenecen a la Formación Pamplona del cretáceo inferior hasta el Volcánico Quilmaná de Cretáceo Medio y los depósitos coluviales, marinos, aluviales y eólicos, siendo la secuencia intruída por rocas intrusivas del Complejo Patap, Paraíso y Santa Rosa.

2.2. Geología Estructural

El sector del área de estudio se evidencia un sistema de fallas longitudinales, vinculadas a una fase de compresión intracretácea, así como un sistema de fracturas y fallas transversales que obedecen a procesos tectónicos de compresión post-Batolito, es decir del Terciario inferior y superior. (**Ver Figura 04 - b**).

Las secuencias del Grupo Casma tienen un rumbo generalizado de N 40-50° W y buzamiento de 10° SW.

Fallas normales de menor orden paralela al rumbo de las estructuras regionales N35°-400W dieron lugar al emplazamiento de diques de composición dacítica de 4 a

12 m. de potencia, fallamientos posteriores de rumbo N 300 E emplazaron diques de composición andesítica

2.2. Geomorfología

Se encontraron diferentes geoformas producto de los agentes de meteorización a través del tiempo, que han actuado sobre los afloramientos modelando el relieve que sostiene el presente.

Las unidades geomorfológicas; son unidades del terreno diferenciados de acuerdo a sus características morfológicas, morfométricas, geológicas y a su origen (Verstappen & Van Zuidam, 1991; Martin-Serrano y otros 2004, S. Villacorta, 2008).

El área de estudio viene influenciada fuertemente por procesos aluviales y eólicos tanto en el transporte como en la sedimentación de materiales encontrándose unidades Geomorfológicas de colinas de arena, Planicie Costera, lomas.

3. Caracterización Hidrología

3.1. Recursos Hídricos

3.1.1. Hidrografía

El estudio se investiga las denominadas intercuenca 1375591 y la cuenca 1375592 las cuales pertenecen al sistema hidrográfico de la intercuenca, que tienen su nacimiento en los cerros La Mina y La Calera; que se encuentra entre las cuencas Huaura y Chancay-Huaral; que a su vez pertenecen a la vertiente hidrográfica del Pacífico (**Ver Figura 01**).

Climatológicamente la intercuenca es considerada de régimen seco (árido) por tener una deficiencia de lluvias en todas las estaciones, así mismo está considerado como una zona semicálida y húmeda, con precipitaciones anuales promedio entre 0 a 15 mm.

Las intercuenca tienen en total un área de drenaje de 313.054 km².

3.1.2. Parámetros Geomorfológicos

los principales parámetros geomorfológicos de la intercuenca en estudio, como: Área, Perímetro, Longitud del curso del río, Cota Mayor, Cota Menor, Pendiente, Altitud Media, Índice de Compacidad, Factor de Forma.

Parámetros de forma	Und.	Cuenca 1375592	Intercuenca 1375591
Área de la cuenca (km ²)	Km ²	228.243	84.811
Perímetro de la cuenca	Km	76.478	54.451
Cota máxima	msnm	1120	220
Cota mínima	msnm	8	8
Coefficiente de Compacidad		1.57	1.74
Factor de Forma		0.22	0.34

3.2. Análisis y tratamiento Meteorológica

La comparación de la precipitación, frente a la evapotranspiración (evaporación del suelo más la transpiración de las plantas), permite establecer

condiciones de humedad del suelo con respecto al desarrollo de la vegetación.

La información básica para la caracterización del clima y la meteorología del área del estudio, así como del ámbito de influencia directa e indirecta, proviene de registros de estaciones climáticas y pluviométricas a cargo del SENAMHI.

Estación	Ubicación Política			Ubicación Geográfica		
	Dpto.	Provincia	Distrito	Latitud	Longitud	Altitud
Huayan	Lima	Huaral	Huaral	11°27'1"	77°7'1"	350
Lomas de Lanchay	Lima	Huaura	Huacho	11°22'1"	77°22'1"	300
Alcantarilla	Lima	Huaura	Huaura	11°3'1"	77°33'1"	120
Huaral (Donoso)	Lima	Huaral	Huaral	11°28'00"	77°14'1"	182

Climatológicamente la Intercuenca es considerada de régimen seco (árido) por tener una deficiencia de lluvias en todas las estaciones, así mismo está considerado como una zona semicálida y seca, con precipitaciones anuales promedio entre 16.5 a 18.6mm.

Para el análisis de evapotranspiración anual se ha empleado el método Thornthwaite, obteniéndose como resultado para la cuenca 1375592 de 883.01 mm y para la Intercuenca 1375591 de 828.53 mm.

En el análisis de caudal medio se obtuvo un caudal medio anual para la cuenca 1375592 de 16.0 l/s, y para la Intercuenca 1375591 de 14.0 l/s.

En el análisis de caudal base se obtuvo un caudal medio anual para la cuenca 1375592 de 4.0 l/s, y para la Intercuenca 1375591 de 3.0 l/s.

Para la recarga al acuífero en ambas cuencas se han estimado una recarga de 0.0 mm, esto por ser considerado como Intercuenca seca y tener precipitaciones mínimas durante el año, así mismo dicha Intercuenca presentan temperaturas altas generando resultados mayores en la Evapotranspiración potencial.

4. Inventario de aguas subterráneas

Como se sabe, existen diversas manifestaciones de volúmenes hídricos en la naturaleza, dentro de los que podemos considerar a fuentes que emanan del subsuelo o fuentes subterráneas (manantiales, bofedales, fuentes termales) y aquellas que discurren superficialmente, originando almacenes naturales (lagos y lagunas) y cursos dinámicos (ríos, riachuelos, quebradas).

Estos volúmenes en desplazamiento tienen diversas manifestaciones dadas sus diversas fuentes de alimentación como los aportes de la precipitación, nevados y manantiales, asimismo tendrán influencia en la acción disociadora en el terreno por el cual se mueven, dando una característica de calidad de agua según la litología de donde se desplacen.

En el ámbito del área de influencia directa del proyecto U.E.A María Teresa, se identificó flujos de aguas subterráneas en 04 piezómetros y 04 pozos tubulares; en el recorrido de la zona de estudio.

Para el análisis de los elementos restantes se contrató un laboratorio certificado ante INDECOPI donde las muestras colectadas en todas las estaciones de muestreo fueron enviadas al laboratorio de la empresa Inspectorate Services Perú S.A.C., para ser analizados de acuerdo a los

parámetros establecidos con los estándares internacionales canadienses CEGS: Canadian environmental Quality Guidelines – Water: Agriculture (Irrigation), Por contar con una norma de calidad de aguas subterráneas peruana.

Muestra	Coordenadas WGS 84 (Zona18)	
	Este	Norte
Piezómetros		
P-2	251511.294	8729111.21
P-6	251478.268	8729007.24
P-8	251747.37	8728618.26
P-7	251648.291	8729091.64
Pozos Tubulares		
PT-01	252725.222	8728717.112
PT-02	252779.073	8728877.08
PT-03	252417	8729116
PT-04	253422	8727979

En el muestreo realizado se encuentra algunos cationes elevados (como el Fe-Zn Pb) con respecto a los estándares internacionales canadienses CEGS: Canadian environmental Quality Guidelines – Water: Agriculture (Irrigation). Esto debido principalmente al tipo de yacimiento encontrado en la zona de estudio el cual se encuentra asociado a los minerales secundarios.

El monitoreo de Nivel freático es parte importante para la caracterización hidrogeológica del acuífero emplazado en la investigación. (Ver Figura 04-c)

Monitoreo de Nivel Freático								
Ptos. De Monitoreo	P-2	P-6	P-7	P-8	PT-01	PT-02	PT-03	PT-04
Prof. (mts)	30	50	50	500	46	46	30	35
N.F. (mts)	23.78	21.00	17.42	20.25	6.32	2.24	3.66	10.38

La profundidad del nivel freático nos indica que el nivel freático es el material no consolidado y semi consolidado.

5. Hidrogeología

5.1. Investigación de Campo

5.1.1. Perforaciones Diamantinas

Se ha realizado 07 perforaciones diamantinas con el fin de realizar las características de la litología y acuíferos. (Ver Figura 04-e)

Perforación	Coordenadas		Cota (msnm)	Profundidad Alcanzada (m)
	Norte	Este		
P-1	8729036.69	251486.97	133.8	15
P-2	8729111.21	251511.294	131.2	30
P-3	8729214.98	251454.464	135.5	15
P-4	8729105.81	251410.293	138.5	15
P-5	8729149.09	251611.037	126.5	15
P-6	8729007.24	251478.268	135	50
P-7	8729091.64	251648.291	127	50

5.1.2. Perfil Estratigráfico

Los perfiles estratigráficos se han realizado por el método de logeo de las perforaciones antes mencionadas, y en general nos demuestra la preponderancia que tiene los depósitos no consolidados y semi consolidados compuestos por arenas limosas, arenas mal graduadas, gravas mal graduada con arena, gravas limosas con espesores variables de 25 - 30 metros. Por debajo de los materiales no consolidados se evidencia roca volcánica.

5.1.3. Ensayos de Permeabilidad

Con la finalidad de conocer el comportamiento hidráulico de los materiales geológicos del subsuelo atravesado por las perforaciones diamantinas, se ejecutaron ensayos de permeabilidad de tipo Lefranc.

Se ha obtenido como coeficientes de permeabilidad de los materiales sueltos entre 4.936×10^{-3} a 1.449×10^{-3} y el material de roca volcánica 5.115×10^{-6} a 1.625×10^{-7} . (Ver Figura 04-d).

5.2. Caracterización Hidrogeológica

Dentro del área del proyecto solo existe un canal artificial como agua superficial, el cual actúa como un afluente al acuífero. El acuífero se emplaza sobre el basamento rocoso impermeable conformado por rocas volcánicas (Acuitardo Volcánico) de la Formación Quilmana e Huarangal y en menor extensión rocas intrusivas (Acuífero) de composición Granodiorita-Tonalitas, granodiorita y Tonalita-Diorita pertenecientes al complejo de Santa Rosa y Granito Jecuan en la zona alta del cerro La Mina.

Unidades Hidroestratigráficas	Conductividad Hidráulica	Espesor (m)	Porosidad (%)	Clasificación
	(m/s)			
ACUÍFEROS POROSO NO CONSOLIDADO				
DEPÓSITO Eólico, Coluvial	7.2×10^{-3} - 5.3×10^{-3}	1 a 5	70	Acuífero libre
DEPÓSITO ALUVIAL	4.9×10^{-3} - 1.4×10^{-4}	10 a 20	40	Acuífero libre
ROCAS				
UNIDADES VOLCÁNICAS	Formación Quilmana y Huarangal 5.1×10^{-6} a 1.62×10^{-7}	300	5	Acuitardo en Roca Volcánica
UNIDADES INTRUSIVAS	Granito Jecuan y Complejo de Santa Rosa 3.4×10^{-7} a 2.5×10^{-8}	500	1	Acuífero Intrusivo

El sistema de recarga es el que se produce por la lenta infiltración de la lluvia desde la superficie, es decir la infiltración que se produce a través de los materiales del cuaternario no consolidados o parcialmente consolidados (acuífero libre) en la intercuenca dentro de la región hidrográfica del Pacífico. (Ver Figura 03)

5.2.1. Tipo de Acuífero

El reservorio acuífero del área de estudio es de tipo libre por encontrarse en depósitos no consolidados conformados por depósitos aluviales sobre materiales impermeables comprendidos por derrames andesíticos (grupos Casma), y rocas intrusivas de composición por tonalitas-granodiorita y tonalita-diorita; como muestran los resultados de las investigaciones hidrogeológicas.

5.2.1. Recarga del Acuífero Jecuan

Como se acota anteriormente, localmente la precipitación anual es insuficiente para generar una recarga al reservorio acuífero, además de presentar altas tasas de evapotranspiración propios del régimen climático existente en la zona.

Según el análisis realizado en el balance hídrico de suelos se estimó una recarga al acuífero en la intercuenca Jecuan es de 0.0 mm/año, con una precipitación total anual de 17.55 mm/año en la intercuenca del estudio y una tasa de

evapotranspiración de 855.765 mm /año respectivamente. A nivel regional las zonas de recarga del acuífero Jecuan proviene de las partes altas de las cuencas adyacentes (cuenca Huara y Chancay-Huaral). Las zonas de descarga se encuentran principalmente en los sectores altos de los valles interandinos.

5.2.1. Descarga del Acuífero Jecuan

Las descargas del acuífero Jecuan están en áreas que generalmente cubren superficies mayores a los 1500 Km² y sigue orientaciones de flujos dirigidos hacia las zonas de menor carga hidráulica hasta desembocar en el Océano Pacífico.

Localmente no existen zonas de descarga del acuífero en la zona de estudio como manantiales.

Las direcciones de flujo subterráneo se pueden apreciar en direcciones preferenciales hacia el Océano Pacífico.

Estas direcciones se encuentran de Noreste a Suroeste.

N. Conclusiones

Las unidades presentes en el área de investigación son depósitos aluviales, coluviales y eólicos. Por debajo se encuentra el Grupo Casma conformado por la formación Quilmaná y Huarangal.

Climatológicamente la Intercuenca Jecuan es considerada de régimen seco (árido) por tener una deficiencia de lluvias, así mismo es una zona semicálida y seca, con precipitaciones anuales promedio entre 16.5 a 18.6mm.

Para el análisis de evapotranspiración anual se ha empleado el método Thornthwaite, obteniéndose como resultado para la Intercuenca Jecuan de 855.77mm.

El acuífero Jecuan está emplazándose en los depósitos no consolidados y semi consolidados, siendo de tipo acuífero libre.

Las direcciones del acuífero tienden de Noreste a Suroeste, llegando a descargar en el océano pacífico.

El acuífero está emplazado en los depósitos no consolidados siendo su basamento los volcánicos del grupo cama.

El afloramiento del cerro la mina, está compuesto por volcánico del grupo Casma e intrusivos Tonalíticas, lo cual son impermeables funciona como una barrera natural y desvió para el flujo de las aguas subterráneas.

Agradecimientos

Un gran agradecimiento a mis padres que me dan todo el amor y fuerzas para seguir en mi profesión, y a mi empresa Acomisa que me apoyo a realizar la investigación.

Referencias

Aparicio Mijares, F.J. 1992. Fundamentos de hidrología de superficie. México: Editorial Limusa S.A. de C. V. Grupo Noriega Editores, p.177-201.

Guttman et al. 1993. Regional precipitation quantile values for the continental US computed from L-moments. Journal of Climate 6, 2326-2340.

Gupta R.P. 2010. Applied Hydrogeology of Fractured Rocks. Singhal B.B.S, p.37-52.

WMO. (1986). Manual for estimation of probable maximum precipitation. Operational hydrology, Report.1, WMO-p.332, 269.

Ilustraciones

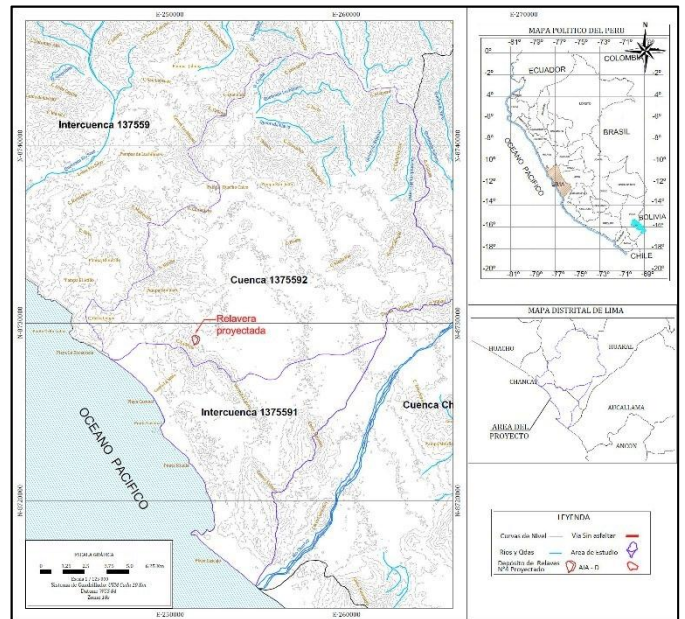


Figura 01. Mapa de Ubicación y microcuenca de la Zona de investigación.

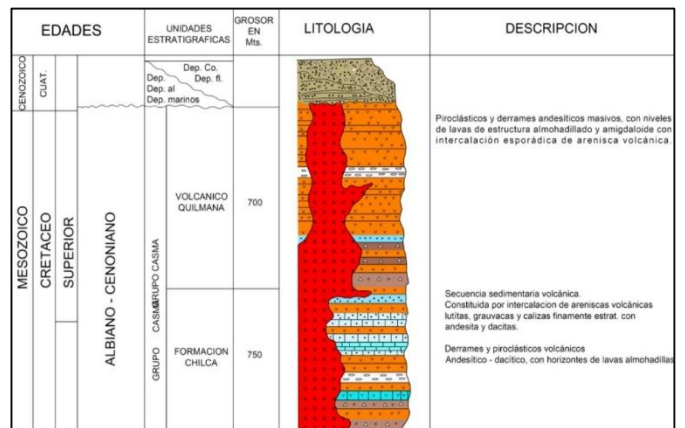


Figura 02. Columna Litológica de la zona de investigación (Ingemmet).

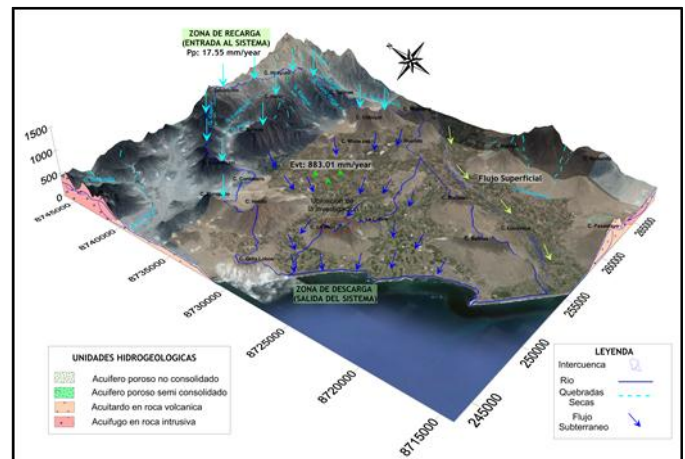


Figura 03. Zonas Recarga superficial y descarga subterránea.

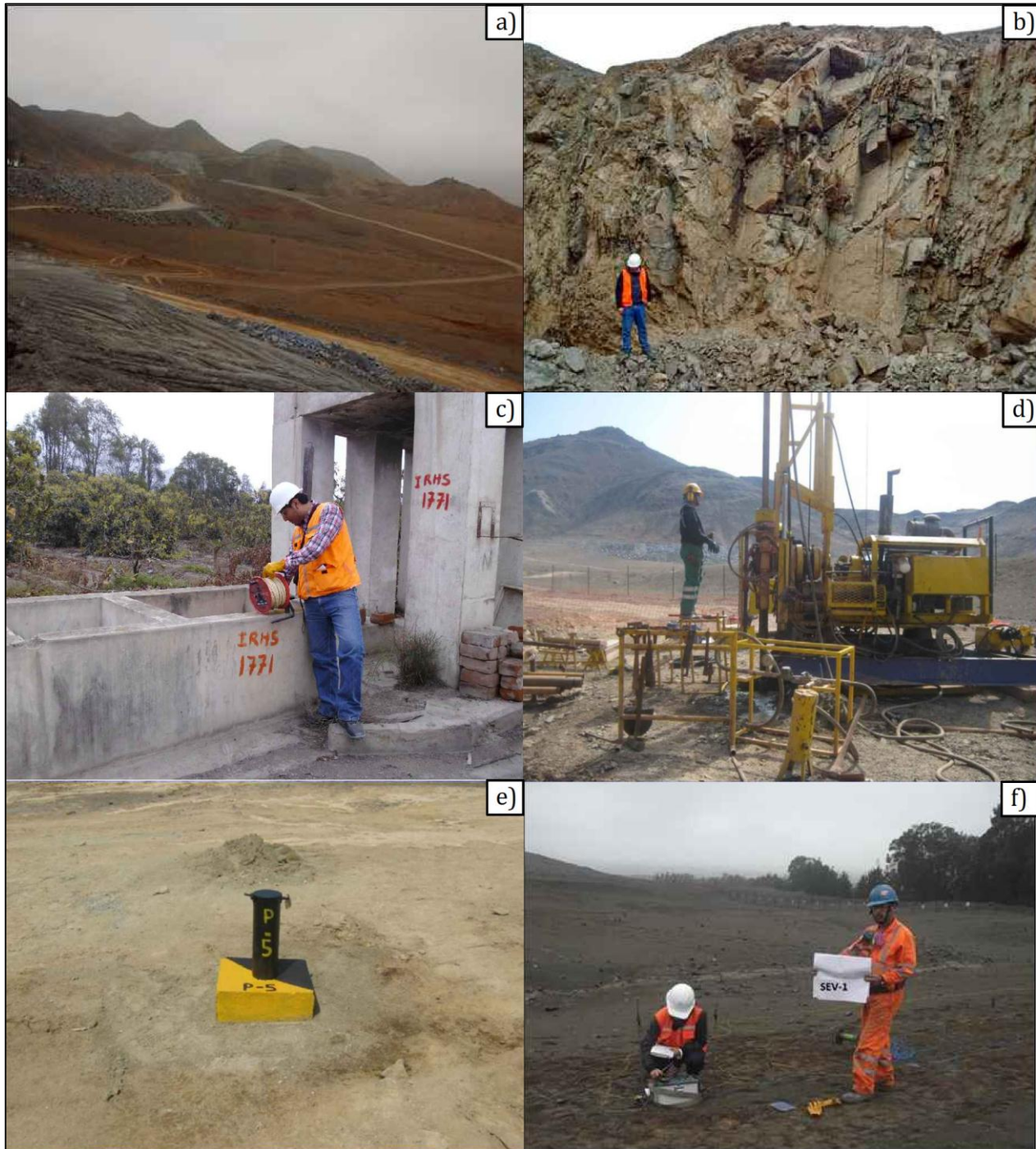


Figura 04. a) Zona donde se proyecta el depósito de relaves, b) Grupo Casma, Fracturamiento, c) Monitoreo de nivel freático de los pozos aledañas al proyecto, d) Perforación y aplicación de ensayos hidrogeológicos en el área del depósito de relaves proyectado, e) Piezómetro abierto en el área del proyecto, f) Aplicación de Prospección geofísica (SEV).