

**UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA
ESCUELA DE INGENIERIA GEOLOGICA-GEOTECNIA**



**“ESTUDIO HIDROLOGICO E HIDROGEOLOGICO PARA
DETERMINAR IMPACTOS EN LAS ETAPAS DE
OPERACIÓN Y CIERRE DEL PROYECTO MINERO
INMACULADA REGION AYACUCHO”**

Presentada por:

BACH. URIEL NESTOR MARCA VENTURA

**TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO GEOLOGO-
GEOTECNICO**

Tacna-Perú

2013

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA
ESCUELA DE INGENIERIA GEOLOGICA-GEOTECNIA

**“ESTUDIO HIDROLOGICO E HIDROGEOLOGICO PARA DETERMINAR IMPACTOS EN
LAS ETAPAS DE OPERACIÓN Y CIERRE DEL PROYECTO MINERO INMACULADA
REGION AYACUCHO”**

Tesis sustentada y aprobada el 28 de mayo del 2013, Integrada por el siguiente jurado:

PRESIDENTE

Ph. D. EDWIN M. PINO VARGAS

MIEMBRO – SECRETARIO

ING. CARMEN ROMÁN ARCE

MIEMBRO

ING. MÁXIMO GUTIÉRREZ BERNAOLA

ASESOR DE TESIS

ING. LUIS A. CORNEJO NAVARRETTY

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo de tesis primeramente me gustaría agradecerle a ti Dios por bendecirme para llegar hasta donde he llegado, porque hiciste realidad este sueño anhelado.

A la UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN por darme la oportunidad de estudiar y ser un profesional.

También me gustaría agradecer a mis profesores durante toda mi carrera profesional porque todos han aportado con un granito de arena a mi formación, por sus consejos, su enseñanza y más que todo por su amistad.

De igual manera agradecer a mi amigo que colaboro conmigo en la Investigación y de Tesis de Grado, Ing. Julio Cesar por su visión crítica de muchos aspectos cotidianos de la vida, por su rectitud en su profesión como Ingeniero, por sus consejos, que ayudan a formarte como persona e investigador.

Y por último a mi jefe de trabajo Ing. Reymundo Juarez, quien es como un padre para mí, el cual me ha motivado durante mi formación profesional.

Son muchas las personas que han formado parte de mi vida profesional a las que me encantaría agradecerles su amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía en los momentos más difíciles de mi vida. Algunas están aquí conmigo y otras en mis recuerdos, sin importar en donde estén quiero darles las gracias por formar parte de mí, por todo lo que me han brindado y por todas sus bendiciones.

Para ellos: Muchas gracias y que Dios los bendiga.

DEDICATORIA

A mis padres por ser el pilar fundamental en todo lo que soy, en toda mi educación, tanto académica, como de la vida, por su incondicional apoyo perfectamente mantenido a través del tiempo.

Todo este trabajo ha sido posible gracias a ellos.

Resumen

La zona de estudio se encuentra ubicada en la parte alta de la cuenca del río Ocoña, subcuenca del río Marañón y en las microcuencas de Patari, Quellopata, Huamancute, Cairllaca, Pascana y Cancalla. Este proyecto presenta una influencia directa en la microcuenca Huamancute que posee una superficie total de 52,126 km², cuenta con 2 microcuencas tributarias que son Patari (20.79km²) y Quellopata (8.05 km²) que conforman el cauce principal. Recibe el nombre de quebrada Huamancute a partir de la confluencia de las microcuencas Patari y Quellopata, cuyas aguas desembocan al Océano Pacífico.

Se logró caracterizar el agua superficial a través de campañas de monitoreo. La característica principal es que las muestras exceden el ECA categoría 3 en la concentración de metales como el aluminio, hierro, manganeso y parámetros fisicoquímicos como el pH en la zona del depósito de relaves en estado natural (etapa de proyecto).

Es importante señalar que el caudal de drenaje en la bocamina Angela es de 32,22 l/s cálculo realizado por el método de Goodman.

Tabla de Contenido

1.0	INTRODUCCIÓN	1
1.1	ASPECTOS GENERALES	1
1.2	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.3	OBJETIVOS DEL ESTUDIO	2
1.3.1	OBJETIVO GENERAL	2
1.3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
2.0	REVISION DE LITERATURA	3
2.1	ASPECTOS GENERALES	3
2.2	REVISION DE INVESTIGACIONES REALIZADAS	4
3.0	MATERIALES Y METODOS	9
3.1	CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO	9
3.1.1	UBICACIÓN	9
3.1.2	VÍAS DE COMUNICACIÓN	9
3.2	CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS	10
3.2.1	GEOLOGÍA REGIONAL	10
3.2.2	GEOLOGÍA LOCAL	15
3.3	CARACTERÍSTICAS GEOMORFOLÓGICAS	26
3.4	PROSPECCIÓN GEOFÍSICA	30
3.4.1	INTERPRETACIÓN CUALITATIVA	31
3.4.2	INTERPRETACION CUANTITATIVA	31

3.4.3	SECCIONES GEORESISTIVAS (A-A', B-B', C-C' Y D-D')	35
3.5	PROSPECCIÓN GEOFÍSICA POR REFRACCIÓN SÍSMICA	39
3.6	POZOS DE PRUEBA Y PIEZÓMETROS	42
3.7	HIDROLOGIA SUPERFICIAL	44
3.7.1	ASPECTOS GENERALES	44
3.7.2	SISTEMA HIDROGRÁFICO	46
3.7.3	CLIMATOLOGÍA	51
3.7.4	PRECIPITACIÓN	61
3.8	HIDROGEOQUÍMICA	78
3.8.1	PARA AGUA SUBTERRANEA	78
3.8.2	PARA AGUAS SUPERFICIALES	84
3.9	HIDROGEOLOGÍA	89
3.9.1	GEOMETRÍA DEL RESERVORIO ACUÍFERO	90
3.9.2	EL MEDIO FRACTURADO	91
3.9.3	IDENTIFICACIÓN DE UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS	92
3.9.7	LA NAPA FREÁTICA	94
3.9.8	MORFOLOGÍA DE LA NAPA	94
3.9.9	PROFUNDIDAD DEL TECHO DE LA NAPA	96
3.9.10	ZONAS DE RECARGA Y DESCARGA	97
3.9.11	DIRECCIÓN DEL FLUJO SUBTERRÁNEO	98

4.0	RESULTADOS Y DISCUSION	101
4.1	MODELACION HIDROLÓGICA	101
4.1.1	EL MODELO WEAP	101
4.1.2	CARACTERIZACIÓN DE LAS MICROCUENCAS	102
4.1.3	DATOS DE CLIMA	103
4.1.4	CALIBRACIÓN DEL MODELO	104
4.1.5	ANÁLISIS DE ESCENARIOS	107
4.2	MODELACION HIDROGEOLOGICA	121
4.2.1	MODELO HIDROGEOLOGICO CONCEPTUAL	121
4.2.2	HIDROGEOLOGÍA DE COMPONENTES MINEROS	123
4.2.3	DETERMINACIÓN DE ZONAS FAVORABLES DARA LA EXPLOTACION DE AGUAS SUBTERRÁNEAS	127
4.2.4	MODELO NUMÉRICO DE FLUJO SUBTERRANEO	129
4.2.5	SIMULACIÓN NUMÉRICA TRIDIMENSIONAL DEL ACUÍFERO	131
4.2.6	SELECCIÓN DEL CÓDIGO DE MODELAMIENTO	132
4.2.7	DISEÑO DEL MODELO DE ACUÍFERO	134
4.2.8	CONDICIONES DE FRONTERA	135
4.2.9	DISCRETIZACIÓN DEL SISTEMA ACUÍFERO	136
4.2.10	NÚMERO DE CAPAS DEL ACUÍFERO	137
4.2.11	PROPIEDADES DEL ACUÍFERO ASIGNADAS AL MODELO	138
4.2.12	ASIGNACIÓN DE DAS CONDICIONES DE FRONTERA	141
4.2.13	CALIBRACIÓN DEL MODELO NUMÉRICO	142
4.2.14	BALANCE DE MASAS	144

4.2.15	SECCIONES HIDROGEOLÓGICAS DEL MODELO NUMÉRICO	146
4.2.16	SIMULACION DE DRENAJE DE LA BOCAMINA ANGELA	148
4.2.17	TRANSPORTE DE PARTICULAS	149
4.3	IDENTIFICACIÓN Y MITIGACIÓN DE IMPACTOS	151
4.3.1	IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS DE AGUA SUPERFICIAL	152
4.3.2	IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS DE AGUA SUBTERRÁNEA	168
4.4	MEDIDAS DE CONTROL Y MITIGACIÓN DE IMPACTOS	182
4.4.1	AGUA SUPERFICIAL	182
4.4.2	AGUA SUBTERRÁNEA	183
5.0	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	189
5.1	CONCLUSIONES	189
5.2	RECOMENDACIONES	193
6.0	BIBLIOGRAFÍA	195

RELACIÓN DE ANEXOS

MAPA N° 01	UBICACIÓN
MAPA N° 02a	GEOLÓGICO REGIONAL
MAPA N° 02b	GEOLÓGICO LOCAL
MAPA N° 03	UBICACIÓN DE SEVS, SECCIONES GEORESISTIVAS Y SECCIONES SÍSMICAS
MAPA N° 04	SECCIONES GEORESISTIVAS A – A' Y B – B'
MAPA N° 05	SECCIONES GEORESISTIVAS C – C' Y D – D'
MAPA N° 06	DELIMITACIÓN DE MICROCUENCAS
MAPA N° 07	UBICACIÓN ESTACIONES HIDROMETEOROLÓGICAS
MAPA N° 08	ISOYETAS PRECIPITACIONES MEDIAS ANUALES
MAPA N° 09	PRECIPITACIONES MÁXIMAS - TIEMPO DE RETORNO
MAPA N° 10	UBICACIÓN DE AFOROS SUPERFICIALES
MAPA N° 11	ESTACIONES DE CONTROL QUÍMICO
MAPA N° 12	VARIACIÓN DE PH DE AGUA SUPERFICIAL – ÉPOCA DE LLUVIA
MAPA N° 13	VARIACIÓN DE PH DE AGUA SUPERFICIAL – ÉPOCA SECA
MAPA N° 14	CONTAMINACIÓN DE AGUA SUPERFICIAL POR METALES - ÉPOCA DE LLUVIA
MAPA N° 15	CONTAMINACIÓN DE AGUA SUPERFICIAL POR METALES - ÉPOCA SECA
MAPA N° 16	VARIACIÓN DE PH DE AGUA SUBTERRANEA – ÉPOCA DE LLUVIA
MAPA N° 17	VARIACIÓN DE PH DE AGUA SUBTERRANEA – ÉPOCA SECA
MAPA N° 18	UBICACIÓN DE FUENTES DE AGUA SUBTERRÁNEA
MAPA N° 19	MODELO HIDROGEOLÓGICO CONCEPTUAL
MAPA N° 20	SECCIÓN HIDROGEOLÓGICA A-A'
MAPA N° 21	SECCIÓN HIDROGEOLÓGICA B-B'

MAPA N° 22	SECCIÓN HIDROGEOLOGICA C-C'
MAPA N° 23	SECCIÓN HIDROGEOLOGICA D-D'
MAPA N° 24	PERMEABILIDADES
MAPA N° 25	SECCIONES TRANSVERSALES Y LONGITUDINALES DE LOS COMPONENTES MINEROS
MAPA N° 26	HIDROISOHIPSAS Y LINEAS DE FLUJO SUBTERRÁNEO-FASE INICIAL
MAPA N° 27	UBICACIÓN DE ZONAS FAVORABLES Y POZOS DE PRODUCCIÓN
MAPA N° 28	DISCRETIZACIÓN
MAPA N° 29	HIDROISOHIPSAS Y LINEAS DE FLUJO SUBTERRÁNEO-FASE OPERACIÓN
MAPA N° 30	SECCIÓN HIDROGEOLOGICA MODELADA W-E: DEPÓSITO DE RELAVES EN FASE INICIAL
MAPA N° 31	SECCIÓN HIDROGEOLOGICA MODELADA W-E: PRESA DE AGUA Y DEPÓSITO DE TOPSOIL EN FASE INICIAL
MAPA N° 32	SECCIÓN HIDROGEOLOGICA MODELADA W-E: DEPÓSITO DE DESMONTE EN FASE INICIAL
MAPA N° 33	SECCIÓN HIDROGEOLOGICA MODELADA W-E: VETA ÁNGELA EN FASE INICIAL
MAPA N° 34	SECCIÓN HIDROGEOLOGICA MODELADA S-N: DEPÓSITO DE RELAVES Y VETA EN FASE INICIAL
MAPA N° 35	SECCIÓN HIDROGEOLOGICA MODELADA S-N: PRESA DE AGUA EN FASE INICIAL
MAPA N° 36	SECCIÓN HIDROGEOLOGICA MODELADA S-N: DEPÓSITO DE DESMONTE EN FASE INICIAL
MAPA N° 37	SECCIÓN HIDROGEOLOGICA MODELADA W-E: DEPÓSITO DE RELAVES EN FASE OPERACIÓN
MAPA N° 38	SECCIÓN HIDROGEOLOGICA MODELADA S-N: PRESA DE AGUA Y VETA ANGELA EN FASE OPERACIÓN
MAPA N° 39	SECCIÓN HIDROGEOLOGICA MODELADA W-E:

MAPA N° 40

MAPA N° 41

DEPÓSITO DE DESMONTE EN FASE OPERACIÓN

TRANSPORTE DE PARTICULAS

MEDIDAS DE MITIGACIÓN

RELACIÓN DE CUADROS

CUADRO N° 1:	CUADRO DE RESULTADOS DE SEVS	34
CUADRO N° 2:	UBICACIÓN DE LÍNEAS SÍSMICAS	41
CUADRO N° 3:	UBICACIÓN DE POZOS DE PRODUCCIÓN.....	43
CUADRO N° 4:	UBICACIÓN DE PIEZÓMETROS.....	44
CUADRO N° 5:	UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LAS ESTACIONES METEOROLÓGICAS.....	52
CUADRO N° 6:	ANÁLISIS DE PRECIPITACIÓN AÑO TIPO.....	63
CUADRO N° 7:	INTENSIDADES MÁXIMAS - ESTACIÓN QUELLOPATA.	68
CUADRO N° 8:	ETP - ESTACIÓN QUELLOPATA.....	70
CUADRO N° 9:	ESTACIÓN HIDROMÉTRICA PUENTE OCOÑA.	70
CUADRO N° 10:	RELACIÓN CORREL. / VECTOR ESTACIONES HIDROMÉTRICAS.....	71
CUADRO N° 11:	CAUDAL GENERADO EN LA MICROCUENCA HUAMANCUTE.....	72
CUADRO N° 12:	CÁLCULO DEL EXCEDENTE HÍDRICO ANUAL - AÑO TIPO.....	73
CUADRO N° 13:	CÁLCULO DEL ESCURRIMIENTO ANUAL Y RECARGA PROFUNDA.....	75
CUADRO N° 14:	CAUDAL DISEÑO PARA PERIODOS DE RETORNO.....	76
CUADRO N° 15:	ANÁLISIS DE TORMENTAS PARA PERIODOS DE RETORNO.....	78
CUADRO N° 16:	MEDIDAS DE LA PROFUNDIDAD DEL NIVEL DE AGUA	95
CUADRO N° 17:	CAUDALES (L/S) – MICROCUENCA PATARI.....	108
CUADRO N° 18:	CAUDALES (L/S) – MICROCUENCA QUELLOPATA.....	109
CUADRO N° 19:	CAUDALES (L/S) – MICROCUENCA HUAMANCUTE.	110
CUADRO N° 20:	DISPONIBILIDAD Y DEMANDA HÍDRICA (L/S).	111
CUADRO N° 21:	CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS DE LA PRESA.....	113

CUADRO N° 22:	CAUDALES ECOLÓGICOS (L/S) – MICROCUENCA PATARI.....	114
CUADRO N° 23:	CAUDALES ECOLÓGICOS (L/S) – MICROCUENCA QUELLOPATA.....	115
CUADRO N° 24:	CAUDALES ECOLÓGICOS (L/S) – MICROCUENCA HUAMANCUTE.....	115
CUADRO N° 25:	METODO DE ECKHARDT MICROCUENCA PATARI	116
CUADRO N° 26:	METODO DE ECKHARDT MICROCUENCA QUELLOPATA ...	118
CUADRO N° 27:	METODO DE ECKHARDT MICROCUENCA HUAMANCUTE ..	119
CUADRO N° 28:	BALANCE HÍDRICO EN LA MICROCUENCA PATARÍ (L/S)....	120
CUADRO N° 29:	UBICACIÓN DE POZOS DE PRODUCCIÓN.....	128
CUADRO N° 30:	VALORES DE CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA	140
CUADRO N° 31:	UBICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE PIEZÓMETROS Y POZOS PROPUESTOS.....	187

RELACIÓN DE FIGURAS

FIGURA N° 1:	MAPA DE UBICACIÓN DEL PROYECTO.....	10
FIGURA N° 2:	COLUMNA LITOESTRATIGRÁFICA	26
FIGURA N° 3:	SALIDA DE SOFTWARE IX1D V3.0 INTERPEX	32
FIGURA N° 4:	SALIDA DE SOFTWARE IPI2WIN V3.0.1E.....	33
FIGURA N° 5:	SECCIÓN GEOELÉCTRICA A-A'.....	36
FIGURA N° 6:	SECCIÓN GEOELÉCTRICA B-B'.....	37
FIGURA N° 7:	SECCIÓN GEOELÉCTRICA C-C'	38
FIGURA N° 8:	SECCIÓN GEOELÉCTRICA D-D'	39
FIGURA N° 9:	SALIDA DE SOFTWARE MÉTODO TOMOGRAPHIC INVERSIÓN (INVERSIÓN TOMOGRÁFICA)	40
FIGURA N° 10:	SALIDA DE SOFTWARE SIPQC MÉTODO DELAY-TIME (TIEMPO DE RETRASO)	41
FIGURA N° 11:	MODELO DE ELEVACIÓN DIGITAL (DEM) DE LA ZONA DE ESTUDIO	45
FIGURA N° 12:	RELACIÓN ALTITUD VS PRECIPITACIÓN	53
FIGURA N° 13:	PRECIPITACIÓN TÍPICA ANUAL GENERADA ESTACIÓN QUELLOPATA	54
FIGURA N° 14:	COMPARACIÓN DE LA VARIACIÓN DE PRECIPITACIÓN POR ESTACIONES	55
FIGURA N° 15:	VARIACIÓN DE PRECIPITACIÓN TOTAL MENSUAL ESTACIÓN CHINCHAYLLAPA.....	56
FIGURA N° 16:	RELACIÓN TEMPERATURA MEDIA ANUAL VS ALTITUD	57
FIGURA N° 17:	VARIACIÓN DE LA TEMPERATURA ESTACIÓN QUELLOPATA	57
FIGURA N° 18:	VARIACIÓN DE LA HUMEDAD RELATIVA ESTACIÓN CORACORA	58
FIGURA N° 19:	VARIACIÓN DE LA VELOCIDAD DE VIENTO (M/S) ESTACIÓN CORACORA	59
FIGURA N° 20:	CLIMOGRAMA DE LA MICROCUENCA QUELLOPATA	60

FIGURA N° 21:	CURVA DE DOBLES ACUMULADOS DE LAS ESTACIONES.....	62
FIGURA N° 22:	ESTACIONES METEOROLÓGICAS COMPLETADAS Y EXTENDIDAS	63
FIGURA N° 23:	ANÁLISIS DE PRECIPITACIÓN - AÑO TIPO.....	64
FIGURA N° 24:	AÑOS TIPOS SELECCIONADOS DE LOS REGISTROS DE LA ESTACIÓN QUELLOPATA	65
FIGURA N° 25:	VARIABILIDAD TEMPORAL DE LAS ESTACIONES.....	66
FIGURA N° 26:	PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS EN LA ESTACIÓN QUELLOPATA.....	67
FIGURA N° 27:	PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS EN LA ESTACIÓN QUELLOPATA.....	67
FIGURA N° 28:	DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS GUMBEL- ESTACIÓN QUELLOPATA	68
FIGURA N° 29:	CURVA I–D–F DE LA ESTACIÓN QUELLOPATA	69
FIGURA N° 30:	ANÁLISIS DE CONSISTENCIA ESTACIÓN OCOÑA	71
FIGURA N° 31:	CAUDALES MEDIOS ESTACIÓN HIDROMÉTRICA OCOÑA	72
FIGURA N° 32:	ESQUEMA DE MODELO DE CUENCA	77
FIGURA N° 33:	CAUDALES OBTENIDOS	77
FIGURA N° 34:	VARIACIÓN DE LA CE DEL AGUA SUBTERRÁNEA.....	79
FIGURA N° 35:	VARIACIÓN DE PH DEL AGUA SUBTERRÁNEA	80
FIGURA N° 36:	VARIACIÓN DE PH DEL AGUA SUBTERRÁNEA	80
FIGURA N° 37:	DIAGRAMA DE PIPER	82
FIGURA N° 38:	DIAGRAMA DE STIFF	84
FIGURA N° 39:	VARIACIÓN CE DE AGUA SUPERFICIAL.....	85
FIGURA N° 40:	VARIACIÓN DE PH DE AGUA SUPERFICIAL.....	86
FIGURA N° 41:	DIAGRAMA DE PIPER – FEBRERO DEL 2012.....	87
FIGURA N° 42:	DIAGRAMAS DE STIFF – FEBRERO DEL 2012	88
FIGURA N° 43:	CLASES DE ACUÍFEROS	94
FIGURA N° 44:	ISOPROFUNDIDADES DE LA NAPA FREÁTICA.....	96
FIGURA N° 45:	HIDROISOHIPSAS Y FLUJO SUBTERRÁNEO	100

FIGURA N° 46:	ESQUEMA DEL MODELO HIDROLÓGICO WEAP	101
FIGURA N° 47:	REPRESENTACIÓN DEL MODELO DE ELEVACIÓN DIGITAL	102
FIGURA N° 48:	REPRESENTACIÓN DE LA COBERTURA VEGETAL	103
FIGURA N° 49:	REPRESENTACIÓN TOPOLÓGICA DE LAS MICROCUENCAS	105
FIGURA N° 50:	CALIBRACIÓN DEL MODELO HIDROLÓGICO DE LA MICROCUENCA HUAMANCUTE	105
FIGURA N° 51:	COMPARACIÓN DE LOS CAUDALES	106
FIGURA N° 52:	COMPARACIÓN DE CAUDAL PROMEDIO SIMULADO (L/S) Y ÁREA COLECTORA (KM2)	107
FIGURA N° 53:	RESULTADO DE LAS SALIDAS DE WEAP	108
FIGURA N° 54:	CAUDALES MENSUALES(L/S) – MICROCUENCA PATARI....	109
FIGURA N° 55:	CAUDALES (L/S) – MICROCUENCA QUELLOPATA.....	110
FIGURA N° 56:	CAUDALES MENSUALES MICROCUENCA HUAMANCUTE ..	111
FIGURA N° 57:	BALANCE HÍDRICO DE LA PLANTA DE OPERACIÓN	112
FIGURA N° 58:	COMPORTAMIENTO HIDROLÓGICO DE LA PRESA- MODELO WEAP	113
FIGURA N° 59:	CAUDALES ECOLÓGICOS (L/S) – MICROCUENCA PATARI	114
FIGURA N° 60:	CAUDALES ECOLÓGICOS (L/S) – MICROCUENCA QUELLOPATA	115
FIGURA N° 61:	CAUDALES ECOLÓGICOS (L/S) – MICROCUENCA HUAMANCUTE	116
FIGURA N° 62:	HIDROGRAMA DE CAUDAL BASE	117
FIGURA N° 63:	HIDROGRAMA DE CAUDAL BASE	118
FIGURA N° 64:	HIDROGRAMA DE CAUDAL BASE	119
FIGURA N° 65:	BALANCE HÍDRICO EN LA MICROCUENCA PATARÍ.....	121
FIGURA N° 66:	MODELO HIDROGEOLOGÍCO CONCEPTUAL PROYECTO INMACULADA	123
FIGURA N° 67:	SECCIÓN HIDROGEOLOGÍCA C-C'	124

FIGURA N° 68:	SECCIÓN HIDROGEOLÓGICA A-A'	125
FIGURA N° 69:	SECCIÓN HIDROGEOLÓGICA B-B'	126
FIGURA N° 70:	SECCIÓN HIDROGEOLÓGICA D-D'	127
FIGURA N° 71:	UBICACIÓN DE ZONAS FAVORABLES Y POZOS DE PRODUCCIÓN	128
FIGURA N° 72:	ESQUEMA ELABORACIÓN DE UN MODELO HIDROGEOLÓGICO	130
FIGURA N° 73:	CONSTRUCCIÓN DEL MODELO 3D EN HYDROGEOBUILDER	132
FIGURA N° 74:	CONSTRUCCIÓN DEL MODELO 3D EN MODFLOWSURFACT	134
FIGURA N° 75:	CONSTRUCCIÓN GEOMETRÍA DEL MODELO.....	135
FIGURA N° 76:	CONDICIONES DE FRONTERA.....	136
FIGURA N° 77:	SECCIÓN MOSTRANDO LAS 3 CAPAS DEL MODELO NUMÉRICO	138
FIGURA N° 78:	DISTRIBUCIÓN DE RECARGAS SIN COMPONENTES MINEROS	142
FIGURA N° 79:	RECTA DE CALIBRACIÓN DEL MODELO EN RÉGIMEN ESTACIONARIO O PERMANENTE	144
FIGURA N° 80:	BALANCE DE MASAS (MODFLOW SURFACT).....	146
FIGURA N° 81:	SECCIÓN HIDROGEOLÓGICA MODELADA W-E	147
FIGURA N° 82:	VARIACIÓN DE LA CARGA HIDRÁULICA EN LA CAPA 2 (EXPLOTACIÓN)	149
FIGURA N° 83:	TRANSPORTE DE PARTÍCULAS (MODPATH).....	151
FIGURA N° 84:	SECCIÓN HIDROGEOLÓGICA MODELADA S-N', ZONA VETA ANGELA (FASE OPERACIÓN).....	184
FIGURA N° 85:	SECCIÓN HIDROGEOLÓGICA MODELADA W-E', DEPÓSITO DE RELAVES (FASE OPERACIÓN).....	185
FIGURA N° 86:	SECCIÓN HIDROGEOLÓGICA MODELADA W-E', DEPÓSITO DE DESMONTE (FASE OPERACIÓN).....	186
FIGURA N° 87:	UBICACIÓN DE POZOS DE DE MITIGACIÓN	188

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Aspectos Generales

La realización del presente trabajo se orienta como lineamientos de protección al medio ambiente, en todas las actividades que realiza la empresa Minera Suyamarca S.A.C. en la región de Ayacucho, provincia de Paucar de Sara Sara, distrito de Oyolo. El presente estudio presenta los resultados y conclusiones de los trabajos efectuados, como estudios climáticos (análisis de estaciones pluviométricas), estudios geofísicos (prospección eléctrica y prospección sísmica), estudios geológicos e hidrogeológicos, inventario de cuerpos de agua, estudios hidroquímicos.

La interacción de todos los trabajos anteriormente nombrados permitirá la realización de los modelos hidrológicos e hidrogeológicos del tipo conceptual y numérico del proyecto y establecer las conclusiones.

1.2 Planteamiento del Problema

¿Frecuentemente no preguntamos si es confiable y suficientemente preciso contar con los resultados que se obtienen, en la actualidad, de un estudio hidrológico e hidrogeológico?.

En primer lugar habría que especificar que un estudio hidrológico esta orientado a caracterizar las variables hidrológicas superficiales y un estudio hidrogeológico está orientado a definir los parámetros del acuífero y analizarlos en forma descriptiva.

En tal sentido existen actualmente modelos matemáticos o modelos numéricos de flujo subterráneo que nos permiten evaluar con mayor propiedad los sistemas de flujo superficial y subterráneo.

1.3 Objetivos del Estudio

1.3.1 Objetivo General

Definir las características hidrológicas e hidrogeológicas con fines ambientales y determinar los posibles impactos que producirían al agua superficial y subterránea en las etapas de operación y cierre del proyecto minero Inmaculada.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Elaborar el estudio hidrológico superficial de la zona de estudio.
- Establecer el modelo hidrogeológico conceptual de la zona de estudio y un modelo numérico de flujo tridimensional.
- Identificar las medidas de mitigación y control ambiental en las diferentes etapas del proyecto.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1 Aspectos generales

Pino (2012), en las conferencias nacionales específicamente en el Congreso SEG 2012 en la ciudad de Lima, hace referencia a la gran variedad de modelos existentes para el modelamiento flujo y consiste en: USGS MODFLOW-2000, 2005, NWT: Estándar mundial para simulaciones de flujo de aguas subterráneas.

- MODPATH: Paquete estándar para el trazado de partículas.
- Zone Budget: Para cálculos de balances hídricos subregionales.
- MT3DMS: Para simulaciones de transporte de contaminantes multiespecie.
- MT3D99: Un modelo completo de transporte de masa tridimensional para simular la advección, la dispersión y las reacciones químicas de un contaminante de especie única en sistemas de aguas subterráneas.
- RT3D: Para simulaciones de transporte de reactivos.
- PHT3D: Un modelo de transporte multicomponente para el transporte de reactivos tridimensional en medios porosos saturados. Es compatible con los dos programas informáticos actuales de uso generalizado, el modelo de transporte de solutos MT3DMS y el código geoquímico USGS PHREEQC-2.
- SEAWAT v.4: El último código de modelado USGS diseñado para afrontar condiciones de flujo de aguas subterráneas transitorio, de densidad variable y tridimensional.

- MGO: Para determinar las tasas de bombeo y/o inyección óptimas en uno o más pozos con el fin de lograr un objetivo específico manteniendo respuestas de sistema razonables.
- VMOD 3D-Explorer: Visualización y animación en 3D.
- GMG (Geometric Multi-Grid) Solver Integration: El último programa de resolución USGS diseñado para optimizar el uso de memoria y reducir el tiempo de ejecución del modelo.
- SAMG (Systems Algebraic Multi-Grid): Un programa de resolución avanzado idóneo para modelos grandes y complejos, optimizado ahora para funcionar con proyectos MODFLOW-2000 o SEAWAT-2000.
- WinPEST: Calibración automática y análisis de sensibilidad.
- Stream Routing Package : Equipado para simular los efectos de las interacciones entre aguas subterráneas y aguas superficiales.
- MODFLOW-SURFACT: Simulaciones de flujo tridimensional variablemente saturado de diferencia finita o de flujo de vapor del suelo.

2.2 Revision de Investigaciones Realizadas

Ortiz (2010), En la presente Tesis el tema desarrollado es el “Estudio Hidrogeológico del Proyecto Minero Manantial Espejo”, ubicado en la Provincia de Santa Cruz, República Argentina. Estudio desarrollado en base a la necesidad de responder a dos cuestiones fundamentales: caracterizar la hidrogeología del área del proyecto Manantial Espejo y emitir recomendaciones para potenciales fuentes de abastecimiento de agua para la operación minera, donde el requerimiento promedio estimado es de 50 l/s.

Asimismo, este estudio se desarrolla con la finalidad de presentarlo para obtener el Título Profesional de Ingeniero Geólogo. La Tesis inicia con una breve descripción de generalidades presentando de una manera comprensible los alcances del estudio y la metodología que se siguió en el desarrollo del mismo. Luego se describe el medio físico de la zona del proyecto, aspecto fundamental para lograr una mejor comprensión del área en la que se desarrolla la investigación. A continuación se presentan las investigaciones realizadas en campo, como: perforaciones, instalación de piezómetros, monitoreo de niveles de agua, pruebas hidráulicas y muestreo del agua subterránea y superficial. En base a los datos obtenidos se preparó el modelo hidrogeológico conceptual de la zona, y se emiten conclusiones y recomendaciones para continuar con investigaciones hidrogeológicas en el acuífero de la pampa aluvial, formación geológica con mayor potencial para extraer agua subterránea, y en el área del tajo principal, donde se requiere mayor información para evaluar el futuro drenaje del tajo minero que se establecerá en el área.

Baquero (2009), el objetivo de este trabajo es profundizar en el empleo de modelos como herramienta de predicción y análisis en estudios hidrogeológicos, desde el punto de vista del drenaje minero. En primer lugar se desarrollan los conceptos básicos y parámetros que afectan al movimiento subterráneo del agua en un acuífero, así como el proceso de modelización más recomendado, basándose en el empleo de dos herramientas

ampliamente conocidas: MODFLOW, VISUAL-MODFLOW; haciendo hincapié en la modelización conceptual, convergencia y calibración.

Con el fin de mejorar el entendimiento sobre la modelización hidrogeológica, se incluyen cinco casos prácticos reales, ampliamente documentados y analizados, ilustrando un amplio espectro de matices.

Por último se presenta un programa desarrollado por el autor, que permite mejorar las posibilidades de modelización, transmisión de modelos, almacenamiento de datos y calibración, destacando en las conclusiones de la tesis, las precauciones y recomendaciones más importantes.

Sanz (2006), manifiesta que el análisis de los estudios realizados hasta la fecha indica la ausencia de una caracterización detallada de la estructura geológica que conduce a cálculos del balance hídrico imprecisos debido al desconocimiento de las condiciones de contorno. Los objetivos principales de su trabajo de investigación fueron: a) determinar la geometría de las unidades hidrogeológicas (UH) que integran el sistema y, b) contribuir al conocimiento del funcionamiento hidrogeológico del acuífero. En este sentido, se han caracterizado geométricamente las UH en función de su espesor y extensión lateral, clasificándolas en acuífero, acuitardo y acuífugo de acuerdo con las características litológicas que exhiben. El análisis de la estructura geológica y la evolución de los niveles piezométricos proporciona una nueva división del sistema en tres dominios hidrogeológicos (DH). Por otro lado, el estudio de la superficie piezométrica muestra los cambios en el flujo subterráneo regional

provocados por las intensas extracciones de aguas subterráneas. Durante el estado estacionario del sistema (p.e. 1970 a 1980) el río Júcar drenaba el acuífero multicapa en el Dominio Hidrogeológico Central. Por el contrario, en estado transitorio (p.e. uso intensivo de las aguas subterráneas; 1980 a 2002) las direcciones del flujo subterráneo cambian marcadamente hacia los conos de bombeo. En estas condiciones, el río Júcar, en el mismo dominio, se encuentra desconectado o desconectado-conectado del acuífero, dependiendo de la estación considerada. Estos resultados también contribuyen al diseño del modelo conceptual del Sistema Mancha Oriental necesario para la correcta gestión del agua subterránea y el diseño de estrategias enfocadas hacia el desarrollo sostenible.

Beynon et al., (2005). A partir de los años 1960, los posibles impactos ambientales de la minería han sido más polémicos, al punto que las desaprobaciones ambientales han sido frecuentemente el principal obstáculo para el desarrollo de nuevas minas o de la ampliación de las existentes. El incremento en la polémica sobre los impactos ambientales de la minería es debido a la combinación de varios factores, entre los cuales cabe mencionar los siguientes:

- El incremento de la conciencia medio ambiental en todos los sectores de la sociedad en los años 1980 y 1990.
- El agotamiento de los recursos minerales en zonas mineras, llevando esto a la exploración de nuevas zonas que hasta la fecha eran prístinas,

incluyendo áreas de conservación emblemáticas, como bosques nativos o reservas indígenas.

- El incremento de minas a cielo abierto, las cuales se diferencian de las minas subterráneas por tener mayor impacto visual.
- Un sin número de incidentes de contaminación, ocasionados por minas activas o abandonadas, los cuales han ocurrido en todos los continentes (UNEP, 1996; ICOLD, 2001).

En términos de sistemas de aguas subterráneas, la explotación de minas subterráneas de considerable profundidad en acuíferos someros, resulta en la disminución del nivel del agua en el acuífero (Booth y Spande, 1992; Zipper et al. 1997). En algunos casos el nivel del agua en el acuífero se recupera al cesar la explotación minera (Booth y Spande, 1992), mientras que en otros casos la disminución del nivel del agua es permanente (Booth et al., 1998).

III. MARCO TEORICO

3.1 Características del Área de Estudio

3.1.1 Ubicación

El proyecto Inmaculada 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 14°56'55" Latitud Sur y 73°13'51" de Longitud Oeste, a una altitud de 4,500 m.s.n.m.

El **Mapa N° 01 y Figura N° 1**, muestra la ubicación general del proyecto y específicamente la delimitación del área en estudio.

3.1.2 Vías de Comunicación

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 el proyecto Inmaculada.



Figura N° 1: Mapa de Ubicación del Proyecto

3.2 Características Geológicas

3.2.1 Geología Regional

En el entorno del Proyecto Inmaculada afloran rocas sedimentarias de origen volcánico y rocas volcánicas, cuyas edades están entre el Terciario y el Cuaternario, en el **Mapa N° 02a** se observa las formaciones geológicas presentes en la zona de estudio y en la **Figura N° 2** se muestra la columna

estratigráfica.

Las Formaciones Alfabamba y Aniso pertenecen al Terciario, las que a su vez son cubiertas en discordancia por la Formación Saycata; concluyendo el Terciario con las Formaciones Sencca.

En el Cuaternario se emplazaron las volcanitas del Grupo Barroso y terminando la secuencia se tiene diversos depósitos glaciares y aluviales.

FORMACIÓN ALPABAMBA (Tm-al), GUEVARA C. y DAVILA D. (1983) denominan Formación Alfabamba a una gruesa secuencia de tobas brechoides, cuyo mejor afloramiento se encuentra a unos 6 km al suroeste del proyecto Inmaculada situado en la quebrada Cunucani y todo el valle del río Pacapausa. Esta unidad conforma grandes extensiones de terreno continuando hacia los cuadrángulos de Chaviña, Coracora y Pausa.

Litológicamente está constituida por una gruesa y monótona secuencia de tobas brechoides, riolíticas y dacíticas, blanquecinas a amarillentas, compactas, resistentes a la erosión; constituyendo fuertes escarpas que le dan a esta unidad características topográficas conspicuas y diferenciables de otras unidades. También se observa esporádicos niveles de areniscas tobáceas de 5 a 10 cm. de espesor. La base de esta unidad se le observa en la quebrada Ermo y consta de un conglomerado polimíctico con cantos o bloques de lavas, areniscas y calizas, con dimensiones que van de 5 a 30 cms. englobados por una matriz tobácea.

La base de esta formación yace, en discordancia angular, sobre el Grupo

Tacaza y el techo es cubierto, en concordancia, por la formación Aniso. El grosor de esta unidad es variable, pero se le estima un promedio de 1,000 m.

FORMACIÓN ANISO (Tm-an), GUEVARA C. y DAVILA D. (1983) reportan esta unidad estratigráfica, de naturaleza sedimentario-volcánica, gran parte del proyecto Inmaculada se encuentra ubicado sobre esta formación.

Esta unidad aflora en las quebradas Quellopata y Patari, y en grandes extensiones al norte del proyecto, va en forma continua, desde la parte alta de la margen izquierda del río Pacapausa hacia el noreste, ocupando prácticamente toda la esquina noreste del cuadrángulo de Pacapausa.

La Formación Aniso 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.

Esta unidad se ha depositado en un ambiente lagunar o subaéreo, evidenciando por la estratificación sesgada, gradada, delgada, laminar plano a algo ondulante, así como por el adelgazamiento de los estratos, y por la naturaleza litológica, cuya variación lateral en granulometría nos evidencia cambios tanto en la dirección de aportes como en la energía de transporte.

FORMACIÓN SAYCATA (Tm-sa), GUEVARA C. y DAVILA D. (1983) denominan Formación Saycata a un conjunto lávico cuya mejor exposición lo

constituye el volcán Saycata. En la zona de estudio esta unidad aflora al noroeste del proyecto Inmaculada, en el cerro Coñacchua.

La litología de la Formación Saycata es fundamentalmente lávica, consta de andesitas gris a gris oscuras, porfíricas a algo porfíricas, con fenos de feldespatos y máficos, con textura fluidal. En las cercanías del caserío de Saycata se tienen brechas cuyos constituyentes, tanto los fragmentos como la pasta son lávicas conformando el conjunto lávico de esta unidad.

Morfológicamente constituye lomadas pronunciadas, controladas por las diversas etapas de erupción y por la fuerte acción glaciaria sufrida, traduciéndose 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.

La base de la Formación Saycata cubre, en marcada discordancia erosional a angular, a la Formación Aniso; el tope se encuentra cubierto, en discordancia erosional, por las tobas de la Formación Sencca, aunque hay áreas donde no se observa claramente la citada relación. Además en su localidad típica esta unidad es cortada por diques cuya naturaleza litológica y relación congénita con las tobas de la Formación Sencca es perfectamente aceptable por lo cual a la Formación Saycata se le ha diferenciado del Grupo Barroso, existiendo afloramientos que pueden ser fácilmente confundibles. A esta formación se le ha estimado un grosor de 200 m.

FORMACIÓN SENCCA (Ts-se), La Formación Sencca aflora en las partes altas, a más de 4,000 msnm. donde conforma extensas mesetas, ubicadas al sureste del proyecto Inmaculada en los alrededores del cerro Chauyapata y la quebrada Cairallca.

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, siendo la forma, distribución, espacio temporal de los estratos de arenisca irregulares, tanto en el sentido vertical como horizontal.

GRUPO BARROSO (Qpl-ba-d), Los domos se les encuentran distribuidos aisladamente con una orientación nortesur, el más cercano al proyecto Inmaculada es el que se encuentra en el cerro Chibchi al norte del proyecto. 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. como se observa en el mapa

geológico (ver **Mapa N° 02a**) 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 deglaciación 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 arenolimsa 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.

3.2.2 Geología Local

El proyecto Inmaculada se halla en el borde occidental de la Cordillera Occidental del Sur del Perú, en donde encontramos en el tope del terciario y base del cuaternario rocas volcánicas de flujos sub horizontales andesito-basálticas ricas en plagioclasa y magnetita, pertenecientes a las formaciones Alpabamba, Aniso, Saycata. Véase el **Mapa N° 02b**.

LITOLOGÍA

- Grupo Barroso (Oligoceno Medio - Mioceno Inferior) Está conformado por una secuencia continua de rocas piroclásticas y subvolcánicas andesíticas, expuestas ampliamente por toda la quebrada Quellopata, desde Anta-Patari hasta Quellopata, con una secuencia de brechas-debris flow con coladas de lava de andesitas (Anta-Patari), seguida de tobas liticas y tobas de lapilli andesíticas (Huancute) y brechas-debris flow y coladas de lavas (Quellopata). Unidad Subvolcánicas de Pórfido Andesítico.- Aflora hacia el SW de Minascucho en el cerro Ojochailla y alrededores con alineación NW - SE con anchos de afloramiento de 200 m a 500 m y en una longitud de 1,6 km aproximadamente. Igualmente aflora en el cerro Umachata (Norte de Minascucho). En ambas partes se encuentran argilitizados y piritizados, con halos de propilitización y oxidación hacia los bordes del afloramiento. En otros casos no presenta alteración, donde es posible observar los fenos de plagioclasas mayores a 0,5 cm. Esta unidad en la quebrada Ermo intruye a la Formación Soraya, llegando al grado de hornfels, en parte con oxidación débil. Unidad Inferior de Brecha-Debris Flow y Lava Andesítica.- Aflora ampliamente en la zona de Anta-Patari, con horizontes de brechas-debris flow, alternadas con horizontes de lavas de color verde oscuras finas con cristales de plagioclasas y hornblendas finas, matriz fina con magnetismo. Los afloramientos presentan fuerte a moderada deformación frágil, acompañadas por fuertes pendientes, como consecuencia de la erosión de las quebradas Ermo y Chaguada. En la zona de Patari –Anta, esta

unidad volcanica es la roca huésped de las vetas de cuarzo del tipo “baja sulfuración”. Unidad Media Tobas de Andesitas.- Aflora desde las partes altas de Anta-Patari, la zona de Minascucho, al SW de Minascucho en el cerro Ojochailla y alrededores. Esta unidad cubre a los stocks subvolcánicos en Minascucho, a la unidad inferior “brecha-debris flow y lava andesitica de Anta-Patari”. Está compuesta en su mayoría por horizontes de tobas de lapilli soldados, tobas liticas estratificados en bancos masivos y delgados, en parte laminados. Presenta líticos angulosos de volcanicos andesiticos de color verde y violaceo, de grano fino a porfirítico y en menor proporcion liticos de volcanicos rioliticos de color beige y sedimentos volcanoclasticos verdosos. Localmente en Minascucho esta unidad presenta horizontes de arenisca conglomeradica de granulometría gruesa estratificados en bancos masivos y ligeramente con laminación horizontal sesgada, alternado con conglomerados gruesos. Unidad Superior Brecha-Debris Flow y Lava Andesítica.- Esta unidad es parte del estrato volcán de Huarmapata, la cual está conformada por flujos de masa de textura clasto soportada y matriz soportada, con clastos de volcánicos andesiticos y matriz de tufos líticos y cenizas, intercalados con horizontes de coladas de lavas andesíticas de textura porfirítica y fina con cristales de plagioclasas y horblendas. Los clastos y bombas son de naturaleza polimictica, con formas sub-redondeadas y sub-angulosas, las cuales presentan colores verdes y violáceos. En forma gradacional pueden pasar a tufos líticos de similares

características. Afloran ampliamente en el cerro Quellopata. En el corte de la quebrada Quellopata se distingue hasta 04 horizontes de coladas de lavas de color verde oscuro con fuerte magnetismo, trazas de pirita y anfíboles. Esta unidad volcánica es la roca huésped de las vetas de cuarzo en el Area de Quellopata.

- Formación Alpbamba.- Al SW de Quellopata (vetas Jimenas), la roca huésped corresponde a areniscas volcanoclásticas y tufos areniscosos, estratificados de ambiente lacustrino de color verde pálido. Esta unidad sobreyace a la “unidad superior de brechas-debris flow andesíticos de Quellopata”.
- Formación Aniso.- En Tararunqui (Puquiopata) aflora una unidad vulcano-sedimentaria conformada por areniscas y limonitas de color beige, con laminación horizontal.
- Unidad de Domos de Riolita - Riodacita.- En las áreas del proyecto se han reconocido varios domos de riolita-riodacita entre las áreas de Minascucho, Quellopata y Pararani. En Minascucho (cerro Ojochilla), afloran hasta tres domos de riolita frescos y alterados con argilitización, silicificación y piritización. En Pararani (cerro Huachualluni -Puquiopata), aflora un domo de riolita silicificado, cortado por una veta de cuarzo blanco de azimut NW. En Quellopata, al NE aflora un domo de riolita intruyendo a la unidad volcánica del estrato volcán de Huarmapata (Tacaza), el cual presenta silicificación, argilitización y piritización. Estos domos, probablemente sean de edad post Formación Aniso.

MINERALIZACIÓN Y ALTERACIÓN

El proyecto Inmaculada presenta dos estilos de mineralización epitermal. El primero corresponde al estilo de baja sulfuración representadas por las vetas de cuarzo de relleno filoniano; las cuales afloran en Quellopata. El segundo corresponde al estilo ácido sulfato o alta sulfuración, que ocurren en Minascucho-San Salvador.

ÁREA QUELLOPATA

En el área afloran 9 vetas de cuarzo con azimut NE-SW y buzamientos al SE, todas con componente dextral, expuestas en la quebrada Quellopata. 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. En esta parte hay labores españolas con canchas de desmonte expuestos ampliamente. 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. La distribución espacial de las vetas

de E á W es la siguiente: Veta Martha, Teresa, Lourdes, Ángela, Roxana (sigmoide cerrado, parte de Ángela), Lucy, Shakira, Juliana y Sara. Estas vetas se formaron en un contexto de tectónica extensional, como relleno de fallas normales de azimut NE-SW y buzamientos al SE. En conjunto presentan anchos de 0,3 m á 5 m y con longitudes que van desde 350 m a 2,200 m con evidencias de continuidad por debajo de las coberturas coluviales hacia el NE y SW. Estas vetas pueden ser diferenciadas en 2 grupos principales en función a las fases de mineralización que presentan: vetas epitermales de Au+ Ag y vetas epitermales de Ag + Zn-Pb. La fase de mineralización Ag + Zn-Pb es cortada por las vetas de Au+Ag. Ambas fases están representadas en la veta Angela (en superficie y testigos de perforación). Primera Fase.- Vetas epitermales de Ag + Zn-Pb de baja sulfuración con metales base, compuestas de cuarzo blanquecino y calcedonia gris, con brechamiento, texturas bandeadas, coloformes, crustiformes, granulares y masivas; entre los minerales que albergan estas vetas tenemos pirita (abundante en forma granular y cúbica fina), chalcopirita, calcosina, esfalerita, acantita (todos estos en puntos diseminados en la veta) y patinas de óxidos de Fe, Mn, goethita, hematita, psilomelanos, malaquita. Las cajas presentan a ambos lados de las vetas, silicificación incipiente, seguida de argilitización y propilitización hacia la periferia, acompañadas de oxidación supergena. Las vetas pertenecientes a esta fase de mineralización son Lourdes, Teresa y Juliana. Segunda Fase.- Vetas epitermales de Au+Ag de baja sulfuración, compuestas de cuarzo blanco con texturas de

reemplazamiento de carbonatos, coloforme bandeado, drusas en oquedades, puntos de pirita cúbica fina, pirargirita, venillas de rodocrosita, adularia, patinas ligeras de OxFe, localmente marcasita tardía. La caja por lo general presenta silicificación incipiente (menor a 1m para ambos lados), seguida de propilitización hacia la periferia con sméctita, clorita y pirita. A este grupo pertenecen las vetas Martha, Ángela, Roxana (Sigmoide cerrado de Ángela), Lucy, Shakira y Sara.

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, entre las secciones 10000 y 10300, 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 100 m. De la quebrada hacia el SW, la veta muestra un adelgazamiento notorio con anchos de 0,5 m 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 coloforme 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 smectita 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 4680msnm 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 coloforme en venillas. La roca presenta argilitización y piritización, acompañada de clorita y sméctita. La veta Ángela muestra fallamientos post mineral 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 sigmoides 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 coloforme, 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° á 75°SE. Hacia el NE, presenta anchos de veta de 1.5 m y mucho mejor definidos con azimut N70° y buzamiento de 80° á 85°SE. Tanto el relleno, mineralización y alteración son similares a la veta Ángela.

Veta Shakira.- Aflora en una extensión de 1800 m. 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° á 80°S, con ancho de veta de hasta 4 m. 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 coloformes, 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 la periferias hacia la veta, presenta propilitización con pirita diseminada, óxidos de Mn, O_xFe (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 350 m. Finalmente Sara presenta un ancho menor a 1m, azimut N60° y buzamiento de 60°SE, y aflora por más de 530 m (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° á 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° á 80°SE. Esta veta al parecer (vista en mapa) 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 remplazamiento. 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 argilico y más a la periferia halos propiliticos 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 msnmm). Hacia el extremo NE (cerro Quellopata) presenta azimut 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 azimut 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 la secciones 11700 y 12400), las cuales presentan azimut 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 argilitización. Estas vetas no presentan valores anomalos en muestras de rock chip.

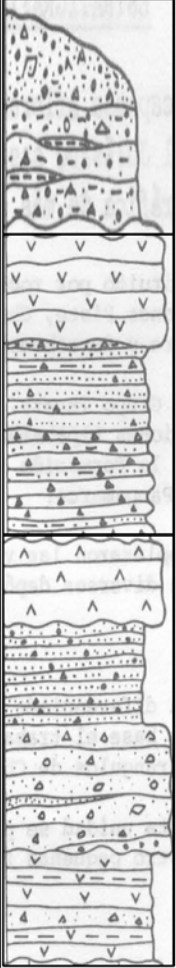
CRONOESTRATIGRAFÍA			COLUMNA LITOESTRATIGRÁFICA				
ERA	SISTEMA	SERIE		UNIDAD	COLUMNA	DESCRIPCIÓN	
CENOZOICO	CUATERNARIO	RECIENTE	50	Dépositos Aluviales, Fluviales y deslizamientos		Bloques, gravas, arenas y limos inconsolidados, con estratificación oscura.	
		PLEISTOCENO	100	Dépositos Morrenicos y glacioluviales		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 tobáceas 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 tobáceas, lapillis.	
			200	Formación Saycata		lavas andesíticas gris a gris oscuro, porfírico, fluidal microlítica.	
		MIOCENO		500		Formación Aniso	Intercalación de areniscas tobáceas grises a verdosas con areniscas conglomerádicas. La estratificación es delgada y definida.
				1000		Formación Alpabamba	Secuencia monótona de tobas brechoides amarillo verdosa, riolíticas a dacíticas, en capas gruesas y compactos con esporádicos niveles de areniscas tobáceas. En la base se observa conglomerados polimítico.
				800		Grupo Tacaza	Lavas andesíticas a riolíticas, afíricas o porfírica, intercaladas con sedimentos pelíticos o tobáceos y algunos niveles de brechas andesíticas o conglomerádicas.

Figura N° 2: Columna Litoestratigráfica

3.3 Características Geomorfológicas

El Proyecto Inmaculada, desde el punto de vista geomorfológico se encuentra en el piso superior de la Cordillera Occidental del sur del Perú, constituido por altas cumbres, valles, mesetas, colinas y depósitos morrénicos. Topográficamente el área de estudio va desde 4,000 a 4,800 msnm.

La acción erosiva de diversos agentes (glaciar, fluvial, vientos, lluvias, nieve, etc.) dejan como resultado valles y lagunas, pudiendo distinguirse los siguientes paisajes:

ALTAS CUMBRES

Esta unidad se encuentra desde la margen izquierda del valle de Pacapausa hasta el proyecto Inmaculada; hacia el noreste cruzando las cotas más altas hasta las partes altas del valle de Quellopata y Patari. 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. La litología que predomina en esta unidad son tobos brechoides, lavas y piroclastos redepositados que constituyen las formaciones Alpabamba y Aniso.

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

COLINAS

La distribución de esta unidad geomorfológica se presenta al norte del proyecto Inmaculada. 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. Geomorfológicamente se caracteriza por presentar colinas, por áreas se observa escarpas no muy pronunciadas; también se observan cotas altas pero no presentan picos conspicuos ni crestas escarpadas.

La litología predominante de esta unidad son tobas, piroclásticos redepositados y lavas, que constituyen las formaciones Aniso y Saycata. El grado de erosión es moderado a fuerte, la diferencia de cotas es 600 m. y la naturaleza litológica genera colinas que caracterizan esta unidad.

MESETAS

Esta unidad se encuentra al este del proyecto Inmaculada, las alturas que tiene son de 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.

Litológicamente está constituida por un solo tipo de roca que son tobas y pertenecen a la formación Sencca constituyendo una meseta típica, por su naturaleza litológica presenta disyunción columnar y/o cónica. El grado de erosión es controlado por la escasa pendiente, siendo el viento el principal agente.

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 denudatario.

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".

Esta unidad geomorfológica tiene como características el no formar terrazas en el fondo del valle, aunque se observan algunas pequeñas, pero que son muy escasas. También se distingue su trazo rectilíneo, lo que denota un control estructural de sistema de fracturas o fallas.

Litológicamente se ubica sobre todos los tipos de roca del área por que corta a las diferentes unidades estratigráficas.

El grado de erosión es marcado, ya que representa la actividad denudataria debido a los agentes de meteorización, ayudada por la fuerte diferencia de altura, de 1,400 m. para los valles fluviales; mientras que en los valles glaciarios, la pendiente tiene poco desnivel, lo que caracteriza a la acción glaciaria.

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.

3.4 Prospección Geofísica

En exploración de aguas subterráneas es la adecuada aplicación de uno o varios métodos geofísicos eléctricos y sísmicos. Los métodos geoeléctricos permiten resolver los problemas geológicos del subsuelo, ayudando a una mejor explicación a los problemas hidrogeológicos, por lo tanto conllevan a buenas soluciones técnicas ambientales.

Se realizaron 35 Sondajes Eléctricos Verticales con disposición Schlumberger para determinar la geometría, límites, tanto horizontal como vertical del acuífero, así como investigar el espesor, nivel del agua subterránea, profundidad del basamento rocoso y la respectiva correlación con los taladros

diamantinos realizados en la zona de estudio. Esta correlación geofísica geológica nos permitirá realizar secciones geológicas-geofísicas con fines hidrogeológicos; dichas secciones hidrogeológicas nos permitirá comprender el funcionamiento del sistema acuífero y asimismo permitirá construir el modelo hidrogeológico conceptual y numérico en la zona de estudio.

En el Mapa N° 03 se muestra la ubicación de los SEVs realizados en la zona de estudio. En cuanto al trabajo de gabinete, consistió en procesar e interpretar en forma cualitativa y cuantitativa los sondeos eléctricos verticales y las cargabilidades tomadas en campo, posteriormente en base a estos resultados preliminares elaborar los mapas temáticos y secciones georesistivas como se muestran en los Mapas N° 04 y 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 a la realidad geológica de la zona en estudio.

3.4.1 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, con la finalidad de determinar los estratos Hidrogeológicos.

3.4.2 Interpretacion 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 reajustados mediante el software Resix Plus de iteración automática y IX1Dv3.0-Interpex, estos resultados se muestran en el **Cuadro N° 5.1**. Por lo que se volvió a interpretar minuciosamente primero por medios manuales (mediante ábacos) con resultados muy satisfactorios en cuanto a las inflexiones encontradas en las curva de resistividades y no siendo definidas mediante el programa IX1D ver **Figura N° 3**, posteriormente con los valores reajustados se ingresa al software IPI2win v3.0.1e de desarrollo ruso de iteración automática y semiautomática donde se obtuve valores muy confiables en cuanto a resistividades verdaderas y cálculo de espesores, ver **Figura N° 4**

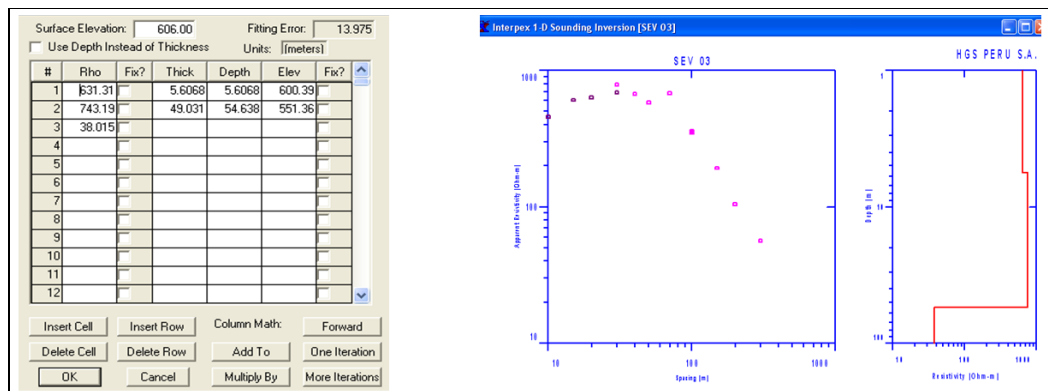


Figura N° 3: Salida de software IX1D v3.0 Interpex

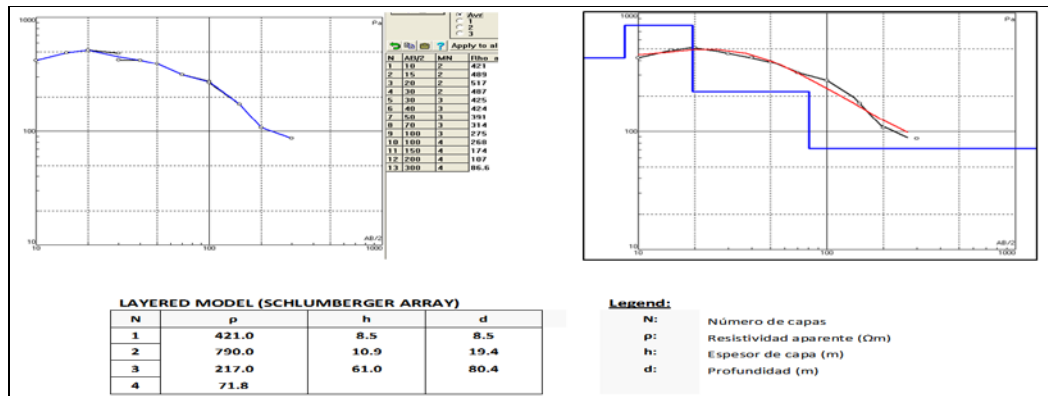


Figura N° 4: Salida de software IPI2win v3.0.1e

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 N° 1** muestra 5 estratos georesistivos identificado en toda la zona estudiada.

Cuadro N° 1: Cuadro de resultados de SEVs

N°	R1		R2		R3		R4		R5	
SEV	P1	Z1	P2	Z2	P3	Z3	p4	Z4	P5	Z5
1	800	1.6			240	16	4	50	210	
2	42	1.3	21	11			32/8	130		
3	85	1	26	4			45	50	168	
4	400	4			200	20			330	
5	30	1.6	19	12	140	39	23	70	68	
6	48	1.4	31	4	170	40	12			
7	190	1			360/180	7/23	38			
8	32	1.4	21	7			44/23	38/50	36	
9	50	1.2	33	5			68/38	14/130	250	
10	48	1	38	21			79/34	117		
11	70	3	11	38			50			
12	160	1.2	64	6	175	40	47			
13	130	3	65	18			18/64	36		
14	190	1	95	10			38/80	55		
15	550	1			110	20	26			
16	220	4					44			
17	70	2.2	28	17			74			
18	118	5	36	45					126	
19	11	2.2	44	118			58			
20	160	2.5	64	55			96			
21	18	1.4	63	35						
22	300	1	45	4			58/42	13/40	168	
23	22	1.6	33	48					126	
24	70	3.8	35	36			86			
25	95	3.4	29	41					135	
26	110	1	55	7					102	
27	34	1.4			340	160	73		440	
28	80	1.3			280/130	5/202			455	
29	40	1.5	80	8			27/40	108		
30	140	3.8	28	49			54			
31	65	2.3	52	16					186	
32	55	2	70	8					140	
33	130	1.5	55	75	125	12			300	
34	290	7			116	93			1200	
35	22	2.2	33	11					126	

Dónde: R(n) Estrato u horizonte geoesistivo, $\rho(n)$ Resistividad en (Ω -metro), Z(n) Espesor del estrato geoesistivo en metros y 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 Proyecto Inmaculada la geología está caracterizada por areniscas tobáceas 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 argilico, argilico piritoso y cuarzo caolín las cuales están en proceso de formar arcillas y también por minerales conductores de corriente eléctrica como la pirrotita, piritita, hematita, etc. Cuando las resistividades tienden a infinito, es indicador de la presencia de rocas cristalizadas o litificadas sin agua. Por este motivo importante es necesario definir el nivel freático con mayor precisión, se ha realizado el método de IP para medir la cargabilidad y determinar su variación a diferentes profundidades y correlacionar con las resistividades verdaderas y definir el nivel freático probable del acuífero fracturado.

3.4.3 Secciones Georesistivas (A-A', B-B', C-C' Y D-D')

En los **Mapas N° 04 y 05** se puede observar las secciones georesistivas previstas en la zona de estudio y dichos estratos geoelectricos se describen a continuación:

SECCIÓN GEORESISTIVA A-A'.- La sección A-A' tiene orientación SW a NE. Cruzando la Quebrada Patari y la Quebrada. Quellopata y termina en el Cerro Huarmapata como muestra la **Figura N° 5** e **Mapa N° 04**, tiene una longitud de 5000 metros donde se observa una homogénea distribución de los estratos georesistivos, excepto a la altura del SEV 18 donde se espera encontrar rocas con menos grado de alteración. A la altura de los SEV 17 y

18 la sección pasa por los componentes mineros, Plataforma 1 y el embalse de agua alternativa 01.

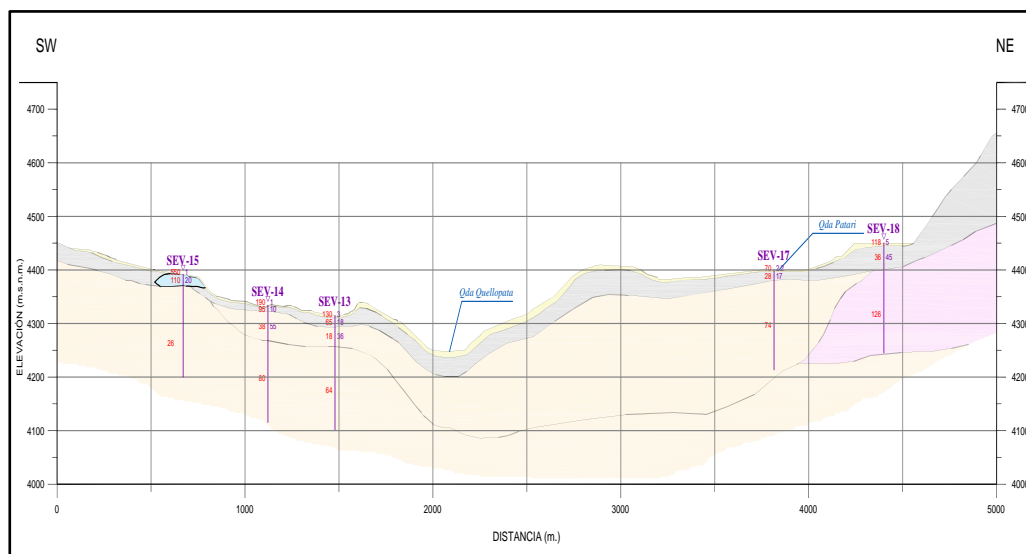


Figura N° 5: Sección geoelectrica A-A'

SECCIÓN GEORESISTIVA B-B'.- Se ha trazado paralela a la primera sección, aproximadamente a 2000 metros al NE; en su inicio cruza a la Quebrada. Quellopata también pasa por el Cerro del mismo nombre donde se encuentran los SEVs 23 y 33 como muestra la **Figura N° 6** y **Mapa N° 04**.

También pasa por la zona mineralizada del proyecto, en la parte final cruza uno de los depósitos de desmonte. La estratificación encontrada es similar a la sección A-A', con la diferencia que entre los SEV 23 y 28 se encuentra una anomalía georesistiva que tendría relación con alguna estructura geológica.

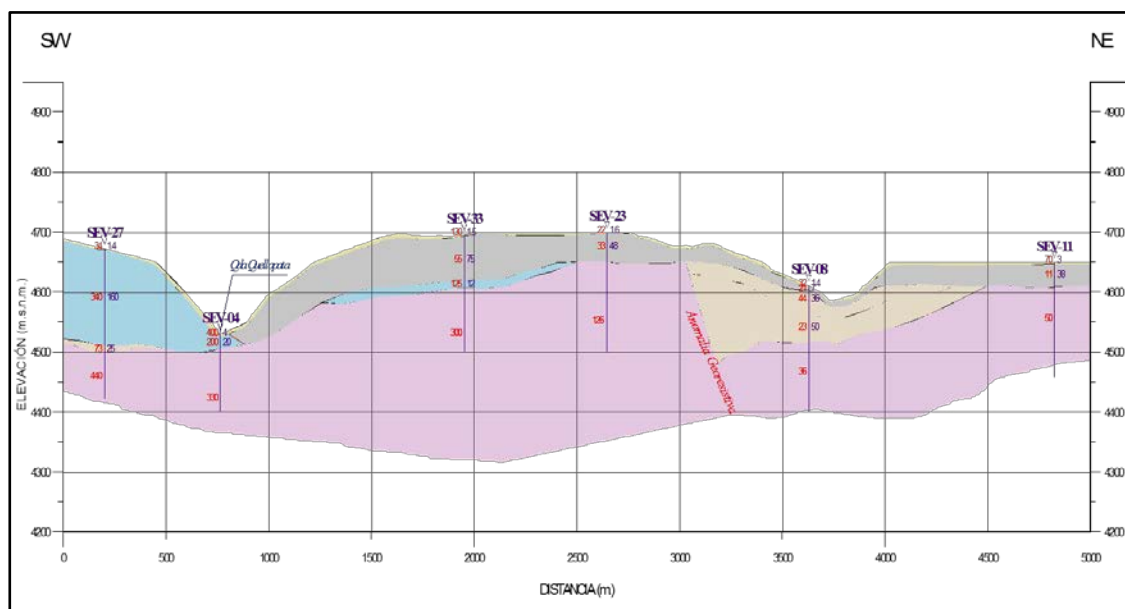


Figura N° 6: Sección geoelectrica B-B'

SECCIÓN GEOELÉCTRICA C-C'.- La sección C-C' pasa por la zona del proyecto en dirección de NW a SE, a la altura del SEV 16 cruza a la Quebrada. Patari y continúa por el borde del cerro Huarmapata, en dirección a las Lagunas del lugar, uniendo los SEVs 16, 18, 19, 20, 8 y 10. La **Figura N° 7** y el **Mapa N° 05** muestran la homogénea distribución de los estratos georesistivos, similar a las anteriores secciones. Para el presente caso, a la altura del SEV N° 18 para el estrato R5 se ha encontrado valor alto de resistividad, correlacionable con algún tipo de roca muy compacta, por esta razón la resistividad encontrada es de 126 ohmios metro.

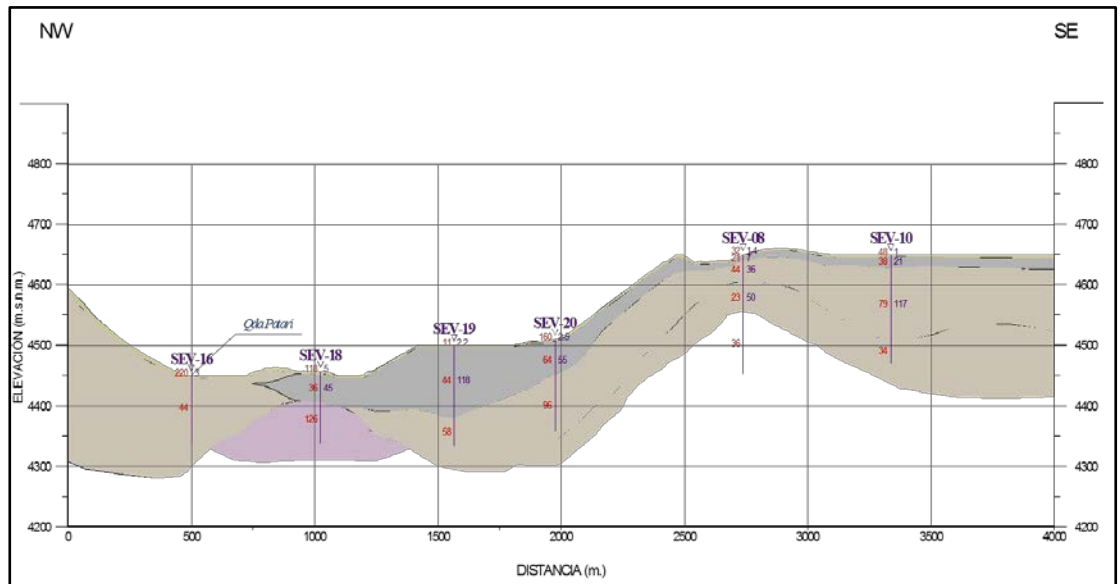


Figura N° 7: Sección geoelectrica C-C'

SECCIÓN GEOELÉCTRICA D-D'- Esta sección tiene orientación paralela a la sección C-C' y pasa a 3000 metros hacia el lado SW del mismo, con una longitud igual que las anteriores secciones. Por su orientación cruza varias quebradas observándose en la sección una topografía muy sinuosa. Lo relevante de ésta sección es el quinto estrato R5 encontrado a lo largo de toda la sección; es decir las rocas se encontrarían menos alteradas o con menor mineralización, se encuentra desde la Quebrada Quellopata hacia el Sur Oeste de la zona estudiada, ésta característica amerita ser investigada con mayor detalle, como se observa en la **Figura N° 8** y en el Mapa N° 05.

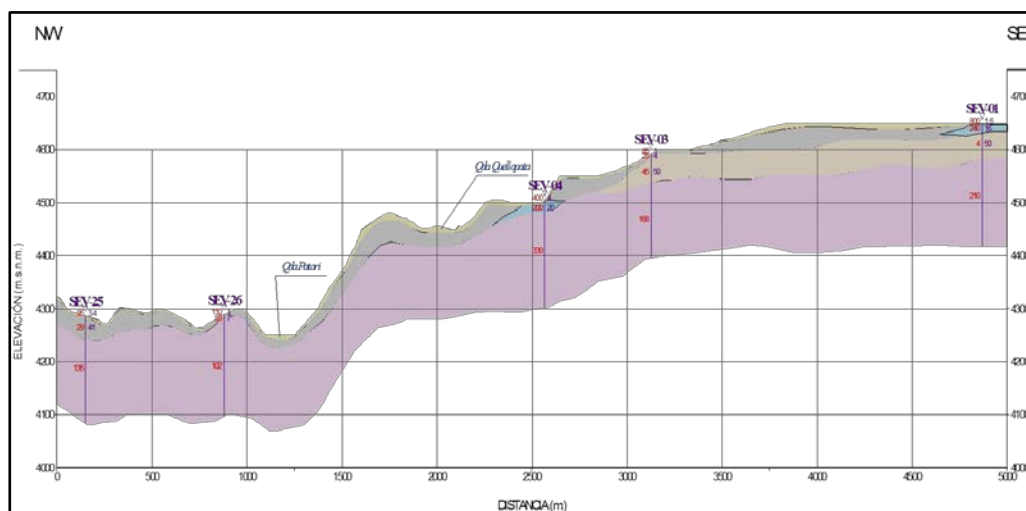


Figura N° 8: Sección geoelectrica D-D'

3.5 Prospección Geofísica por Refracción Sísmica

La propagación de la energía sísmica a través de las distintas capas del terreno se describe por las mismas reglas que rigen la propagación de los rayos de luz a través de un medio transparente. La ley fundamental que describe el fenómeno de la refracción de los rayos de luz es la ley de Snell, y ésta, junto con el fenómeno de incidencia crítica, constituye el fundamento físico de la sísmica de refracción.

Para la mejor interpretación sísmica de la geometría estratigráfica del proyecto Inmaculada, involucro la utilización de 3 programas: primero se utilizó el software SIPIK para la interpretación de las primeras llegadas, luego se utilizó el paquete SeisOpt® Imager obteniendo como resultando la construcción de dromócronas y la determinación de la velocidad de propagación de la señal sísmica en los diferentes estratos del subsuelo,

primero se utilizó el método tomographic inversión (inversión tomográfica) para conocer los contrastes de velocidad de forma gradual como se muestra en el **Figura N° 9**, pero por los inconvenientes que se presentaron en campo (ruidos de maquinarias, viento, otras fuentes) se adicono el método de tiempo de interceptación permitiendo una mejor fiabilidad en los resultados de la interpretación.

Finalmente la comparación de los resultados con el software del equipo SmartSeis programa SIPQC que utiliza el método Delay-time (tiempo de retraso) para su interpretación como se muestra en la **Figura N° 10** con lo que se mejoró en gran medida la predicción de los espesores de capas y geometría del estrato acuífero.

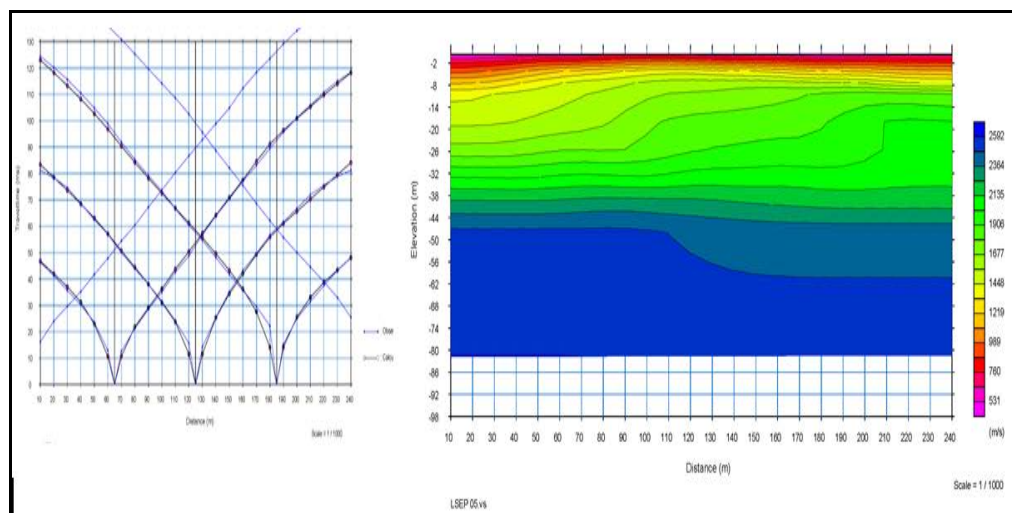


Figura N° 9: Salida de software método tomographic inversión (inversión tomográfica)

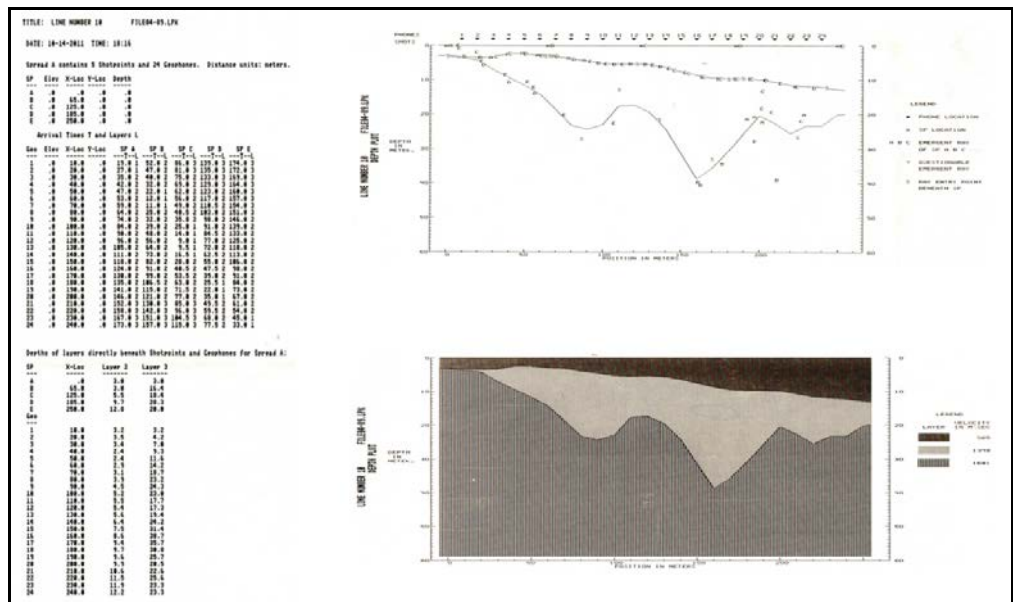


Figura N° 10: Salida de software SIPQC método Delay-time (tiempo de retraso)

En estas, el subsuelo se ha diferenciado según las velocidades de las ondas elásticas longitudinales V_p , en el **Cuadro N° 2** se muestra la ubicación de las líneas sísmicas.

Cuadro N° 2: Ubicación de líneas sísmicas

NRO	COD	UBICACIÓN	COORDENADAS (PSAD-56)			AZ.	VELOCIDAD DE ONDA (m/s)			
			ESTE	NORTE	COTA		CAPA 1	CAPA 2	CAPA 3	CAPA 4
1	LS-01	Laguna Quellopata	688198	8344971	4703	155°	---	795	1678	3105
2	LS-03	Depósito de Desmonte	688345	8347672	4421	198°	300	850	2050	2992
3	LS-04	Depósito de Relave	689911	8348457	4520	228°	300	710	1790	3012
4	LS-04B	Depósito de Relave	689868	8348527	4527	230°	---	890	1813	2961
5	LS-05	Qda. Huarhuahuaycco	689868	8346786	4681	291°	---	710	1800	2990
6	LS-07	Qda. Quellopata	686834	8346653	4243	306°	---	680	1834	3006
7	LS-08	Presa	688427	8347690	4415	226°	305	876	1740	2894
8	LS-08B	Presa	688537	8348186	4420	202°	300	630	1500	2190

Se han determinado de 3 a 4 estratos o capas con diferentes velocidades que varían de 300 a 3105 m/s que se describen a continuación:

- Estrato 01 con velocidades V_p bajas entre 300 a 378 m/s, estaría constituida por suelo de cobertura.
- Estrato 02 con velocidades V_p de 630 a 890 m/s. Estaría constituida por arenas, gravas, material morrenico, glaciofluviales.
- Estrato 03 con velocidades V_p de 1500 a 2050 m/s. Estaría constituida por rocas fracturadas con permeabilidad secundaria por fracturamiento.
- Estrato 04 con velocidades V_p mayores que 2990 m/s, que estaría constituido por basamento rocoso que es la roca impermeable.

En el **Mapa N° 03** se presenta la ubicación de las líneas sísmicas levantadas en la zona de estudio.

3.6 Pozos de Prueba y Piezómetros

En el Mapa **N° 18** se observa la ubicación de los pozos, piezómetros y los componentes mineros.

Los trabajos de perforación y construcción de los pozos hidrogeológicos de prueba (HP-INM-A, HP-INM-B y HP-INM-C) fueron realizados por la empresa Ruen Drilling Int. La perforación se realizó con antepozos de 16" de diámetro, fueron perforados en diámetros de 14 $\frac{3}{4}$ ", 11 $\frac{3}{4}$ " y 9 $\frac{3}{4}$ ".

Posterior a la perforación se habilitaron los pozos con tuberías de acero bajo en carbono de 8", Schedule 40 GR B, para tramos ciegos y ranurados con

espesor de 6.35 mm. La ubicación de los pozos de prueba se muestra en el **Cuadro N° 3**.

Cuadro N° 3: Ubicación de pozos de producción.

CÓDIGO	UBICACIÓN	COORDENADAS UTM (PSAD-56)			TIPO	OBSERVACIÓN
		ESTE (m)	NORTE (m)	ELEVACION (msnm)		
HP-INM-A	Veta Angela	686,691.28	8,346,239.76	4579.65	Hidrogeológico	Finalizado
HP-INM-B	Veta Angela	689,160.22	8,346,900.44	4697.13	Hidrogeológico	Finalizado
HP-INM-C	Veta Angela	689,969.95	8,347,400.61	4701.49	Hidrogeológico	Finalizado

Posterior a la perforación se habilitaron los pozos con tuberías de PVC de 2" y 1 1/2", Schedule 80, para tramos ciegos y ranurados con aberturas de 1 mm (slot 40).

Posterior a la perforación se realizó la instalación de piezómetros cementados en los pozos geomecánicos, donde se instalaron transductores de presión marca Geokon, modelos 4500S y 4500SH de 3 y 5 MPa, en cada los pozos para la medición de la presión que ejerce el acuífero en las inmediaciones de cada pozo, a una profundidad dada. La ubicación de los pozos de monitoreo se muestra en el **Cuadro N° 4**.

Cuadro N° 4: Ubicación de piezómetros

CÓDIGO	UBICACIÓN	COORDENADAS (PSAD-56)		ELEVACIÓN (m.s.n.m.)	TIPO	OBSERVACIÓN
		ESTE	NORTE			
HG-INM-A	Veta Angela	688,696.53	8,346,234.45	4,578.86	Hidrogeológico	Finalizado
HG-INM-B	Veta Angela	689,161.27	8,346,911.42	4,695.21	Hidrogeológico	Finalizado
HG-INM-C	Veta Angela	689,961.17	8,347,389.53	4,699.55	Hidrogeológico	Finalizado
HG-INM-D	Desmontera	688,000.00	8,347,466.98	4,368.98	Hidrogeológico	Finalizado
HG-INM-E	Desmontera	688,156.04	8,347,298.91	4,424.51	Hidrogeológico	Finalizado
HG-INM-F	Presa de Relaves	690,128.59	8,348,553.59	4,508.39	Hidrogeológico	Finalizado
HG-INM-G	Presa de Relaves	689,527.65	8,348,307.85	4,498.71	Hidrogeológico	Finalizado
HG-INM-I	Presa de Relaves	689,352.24	8,348,559.28	4,461.63	Hidrogeológico	Finalizado
AUS-INM-1	Veta Angela	690035.44	8347275.41	4,692.06	Geomecánico	Finalizado
AUS-INM-2	Veta Angela	689600.03	8347148.85	4,694.73	Geomecánico	Finalizado
AUS-INM-3	Veta Angela	689413.99	8346744.03	4,657.05	Geomecánico	Finalizado
AUS-INM-4	Veta Angela	689138.61	8346781.64	4,688.25	Geomecánico	Finalizado
AUS-INM-5	Veta Angela	688953.97	8346486.72	4,658.35	Geomecánico	Finalizado
AUS-INM-6	Veta Angela	688651.65	8346299.18	4,583.91	Geomecánico	Finalizado

3.7 Hidrología Superficial

3.7.1 Aspectos generales

El Proyecto Inmaculada se encuentra dentro del divortium aquarum de las microcuencas Patarí y Quellopata donde se encuentran ubicados sus componentes mineros, estas dos microcuencas están dentro de la microcuenca Huamancute, estas microcuencas están dentro de la cuenca Ocoña y está desemboca en el Océano Pacífico, también se realizó la delimitación de las microcuencas vecinas como Cancalla, Pascana, Cairallca y Huamancute, como se muestra en el Mapa N° 06.

Para realizar la delimitación de cuencas, se utilizó un modelo de elevación digital (DEM) generado por el USGS, con una resolución espacial de 30 m x

30 m; además de la información cartográfica que consta de Cartas Nacionales a escala 1/100,000 del IGN digitalizado bajo el entorno de GIS con equidistancia mínima de curvas de nivel de 50 m y la topografía base de la zona de proyecto Inmaculada a curvas de nivel de 25 m. Para realizar toda la integración y análisis de la cuenca se utilizó el programa WMS (Watershed Modelling System), el mismo que ejecuta estas actividades mediante sus diversos módulos incorporados. En la **Figura N° 11** se observa el modelo de elevación digital (DEM) utilizado para la zona de estudio; más adelante se observará el respectivo procesamiento con el software WMS específico en el análisis de las microcuencas.

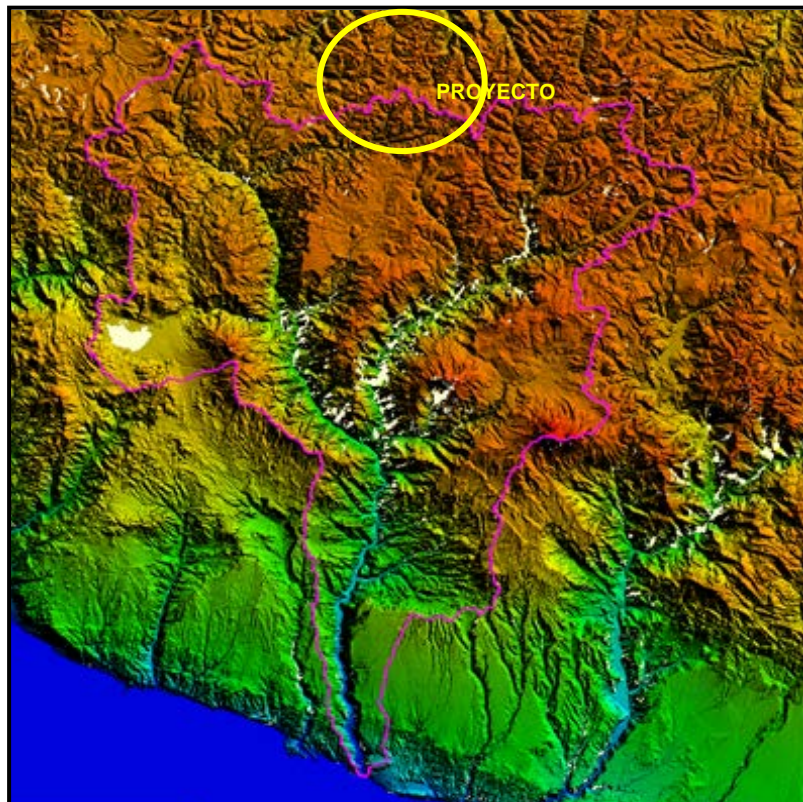


Figura N° 11: Modelo de elevación digital (DEM) de la zona de estudio

3.7.2 Sistema Hidrográfico

El Proyecto Inmaculada dentro del ámbito de estudio se encuentra ubicado en la parte alta de la cuenca del río Ocoña, subcuenca del río Marañón y en las microcuencas de Patari, Quellopata, Huamancute, Cairllaca, Pascana y Cancalla.

La cuenca del río Ocoña pertenece a la vertiente del Pacífico (Región hidrográfica del Pacífico), y está asignado con el código 136 (Código Autoridad Nacional del Agua-Ex INRENA). Hidrográficamente la cuenca del río Ocoña limita por él: Norte: La cuenca del río Pampas y Intercuenca Alto Apurímac, Sur : La cuenca del río Camana y el Océano Pacífico, Este : La cuenca del río Marañón, Oeste : Las cuencas del río Yauca, río Chaparra, río Chala, río Ático y río Caraveli.

MICROCUENCA PATARI

La quebrada Patari tiene una extensión superficial de 20.79 km² y se ubica en la margen derecha de la quebrada Huamancute, cuya naciente se encuentra en la parte alta de los cerros Coñacahua y Huarmapata; siendo sus principales afluentes por la margen derecha la quebrada Yurack Cucho y por la Margen Izquierda las quebradas Jarka Jarka Cucho y Laguiña, como se muestra en el Mapa **Nº 06**.

En esta microcuenca se ubican los siguientes componentes: El depósito de Relaves ubicado en la parte alta de la quebrada Laguiña (margen Izquierda de la quebrada Patari), con un área de 34.44 ha.; el depósito de Topsoil con

un área de 5.14 ha, la presa ubicada a 0.174 km aguas abajo luego de la confluencia de la quebrada Patarí y la quebrada Laguiña con área de almacenamiento de 4.98 ha y aguas abajo a 0.398 Km de la Presa a la margen izquierda se ubica el Botadero de Desmonte con una área de 4.82 ha., como se

Los parámetros geomorfológicos de la microcuenca Patarí son las siguientes:

Área de Cuenca (A)	= 20.79 km ² .
Perímetro (P)	= 27.49 km.
Elevación media (m.s.n.m)	= 4597.9 m.s.n.m
Coefficiente de Compacidad (Kc)	= 1.688.
Factor de Forma (Kf)	= 0.517.
R.E (Longitud Mayor)	= 9.80 km.
R.E (Longitud Menor)	= 2.12 km.
Longitud del Cauce Principal	= 6.342 km.
Longitud Total del Cauce	= 10.827 km.
Orden de Ríos	= 2do Orden.
Densidad de Drenaje	= 0.50 km/km ² .
Altitud Máxima del Cauce	= 4900 m.s.n.m.
Altitud Mínima del Cauce	= 4140 m.s.n.m.
Pendiente Media del Cauce Principal	= 0.12 m/m
Extensión Media de Escurrimiento	= 819.89 m
Coefficiente de Torrencialidad	= 0.19 ríos/km ²

MICROCUEENCA QUELLOPATA

Esta quebrada se ubica en la margen izquierda de la quebrada Huamancute, cuya nacientes se encuentran en el cerro Quellopata, siendo su fuente principal de alimentación la laguna Quellopata. Esta microcuenca tiene una extensión superficial de 8.051 km² como muestra en el Mapa **Nº 06**.

En la parte alta de esta microcuenca se encuentran ubicado la planta de procesos con un área de influencia de 0.1771 km² y la veta Ángela con un área influencia de 0.3611 km².

Los parámetros geomorfológicos de la microcuenca Quellopata son las siguientes:

Área de Cuenca (A)	= 8.0510 km ² .
Perímetro (P)	= 17.869 km.
Elevación Media (m.s.n.m)	= 4610.9 m.s.n.m.
Coefficiente de Compacidad (Kc)	= 1.763.
Factor de Forma (Kf)	= 0.327.
R.E (Longitud Mayor)	= 5.300 km.
R.E (Longitud Menor)	= 1.519 km.
Longitud del Cauce Principal	= 4.961 km
Longitud Total del Cauce	= 4.961 km.
Orden de Ríos	= 1ro Orden.
Densidad de Drenaje	= 0.6 km/km ² .
Altitud Máxima del Cauce	= 4700 m.s.n.m.
Altitud Mínima del Cauce	= 4140 m.s.n.m.
Pendiente Media del Cauce Principal	= 0.11 m/m
Extensión Media de Escurrimiento	= 405.71 m
Coefficiente de Torrencialidad	= 0.12 ríos/km ²

MICROCUEENCA HUAMANCUTE

Esta microcuenca posee un área total de 52.126 Km², dentro de la cual se incluyen las microcuencas de la quebrada Patari con 20.79 Km², que representa el 39.9 % del área total y la microcuenca de la quebrada Quellopata con 8.05 Km² que representa el 15.4 %, como se muestra en el **Mapa N° 06**.

Los parámetros geomorfológicos de la microcuenca Huamancute son las siguientes:

Área de Cuenca (A)	= 52.126 km ² .
Perímetro (P)	= 55.220 km.
Elevación Media (m.s.n.m)	= 4357.0 m.s.n.m.
Coefficiente de Compacidad (Kc)	= 2.142.
Factor de Forma (Kf)	= 0.178.
R.E (Longitud Mayor)	= 11.50 km.
R.E (Longitud Menor)	= 4.53 km.
Longitud del Cauce Principal	= 17.113 km
Longitud Total del Cauce	= 29.425 km.
Orden de Ríos	= 2do Orden.
Densidad de Drenaje	= 0.6 km/km ² .
Altitud Máxima del Cauce	= 4900 m.s.n.m.
Altitud Mínima del Cauce	= 2580 m.s.n.m.
Pendiente Media del Cauce Principal	= 0.14 m/m
Extensión Media de Escurrimiento	= 761.50 m
Coefficiente de Torrencialidad	= 0.12 ríos/km ²

MICROCUEENCA CAIRALLCA

La quebrada Cairallca se ubica en la zona de amortiguamiento, con una extensión superficial de 17.00 km²; siendo su principal afluente de alimentación por la margen derecha la quebrada Viscachane y tiene como límite a la quebrada Pascana, como se muestra en el Mapa **Nº 06**.

Los parámetros geomorfológicos de la microcuenca Cairallca son las siguientes:

Área de Cuenca (A)	= 17.00 km ² .
Perímetro (P)	= 28.962 km.
Elevación Media (m.s.n.m)	= 4589.1 m.s.n.m.
Coefficiente de Compacidad (Kc)	= 1.967.
Factor de Forma (Kf)	= 0.379.
R.E (Longitud Mayor)	= 7.050 km.
R.E (Longitud Menor)	= 2.411 km.
Longitud del Cauce Principal	= 6.694 km
Longitud Total del Cauce	= 15.526 km.
Orden de Ríos	= 2do Orden.
Densidad de Drenaje	= 0.9 km/km ² .
Altitud Máxima del Cauce	= 4700 m.s.n.m.
Altitud Mínima del Cauce	= 4500 m.s.n.m.
Pendiente Media del Cauce Principal	= 0.03 m/m
Extensión Media de Escurrimiento	= 634.93 m
Coefficiente de Torrencialidad	= 0.18 ríos/km ²

MICROCUENCA PASCANA

La quebrada Pascana se encuentra ubicada en la zona de amortiguamiento, posee una extensión superficial de 28.23 km², cuyas aguas nacen en las partes altas en las Lagunas de Panuiracocha y Yuracocha, como se muestra en el Mapa **Nº 06**.

Los parámetros geomorfológicos de la microcuenca Pascana son las siguientes:

Área de Cuenca (A)	= 28.231 km ² .
Perímetro (P)	= 40.143 km.
Elevación Media (m.s.n.m)	= 4621.8 m.s.n.m.
Coefficiente de Compacidad (Kc)	= 2.115.
Factor de Forma (Kf)	= 0.445.
R.E (Longitud Mayor)	= 12.500 km.
R.E (Longitud Menor)	= 2.259 km.
Longitud del Cauce Principal	= 7.969 km
Longitud Total del Cauce	= 13.671 km.
Orden de Ríos	= 2do Orden.
Densidad de Drenaje	= 0.5 km/km ² .
Altitud Máxima del Cauce	= 4750 m.s.n.m.
Altitud Mínima del Cauce	= 4520 m.s.n.m.
Pendiente Media del Cauce Principal	= 0.03 m/m
Extensión Media de Escurrimiento	= 885.69 m
Coefficiente de Torrencialidad	= 0.07 ríos/km ²

MICROCUENCA CANCELLA

La quebrada Cancalla se ubica en la zona de amortiguamiento con una extensión superficial de 16.48 km², tiene como límites por el oeste la quebrada de Huamancute y por el sur la quebrada de Pascana, como se muestra en el Mapa **Nº 06**.

Los parámetros geomorfológicos de la microcuenca Cancalla son las siguientes:

Área de Cuenca (A)	= 16.4850 km ² .
Perímetro (P)	= 28.513 km.
Elevación Media (m.s.n.m)	= 4660.1 m.s.n.m.
Coefficiente de Compacidad (Kc)	= 1.966.
Factor de Forma (Kf)	= 0.366.
R.E (Longitud Mayor)	= 10.800 km.
R.E (Longitud Menor)	= 1.526 km.
Longitud del Cauce Principal	= 6.714 km
Longitud Total del Cauce	= 7.712 km.
Orden de Ríos	= 2do Orden.
Densidad de Drenaje	= 0.5 km/km ² .
Altitud Máxima del Cauce	= 4800 m.s.n.m.
Altitud Mínima del Cauce	= 4580 m.s.n.m.
Pendiente Media del Cauce Principal	= 0.03 m/m
Extensión Media de Escurrimiento	= 613.83 m
Coefficiente de Torrencialidad	= 0.12 ríos/km ²

3.7.3 Climatología

El estudio climatológico se ha basado en el análisis de la información meteorológica existente y de un amplio reconocimiento de campo. El presente capítulo están referidos a los aspectos hidrológicos que comprende el análisis de los principales parámetros climatológicos como son: La precipitación, temperatura, humedad relativa, y velocidad de viento en la zona del proyecto.

Para la interpretación hidrológica se realizó en base a la información de datos históricos de las estaciones meteorológicas; se procedió al análisis de información existente de las estaciones cercanas y aledañas a la zona de proyecto en cuanto a la altitud y su comportamiento climático. Después de un exhaustivo análisis se ha utilizado la información de una estación meteorológica (Coracora) y 04 estaciones pluviométricas (Chinchayllapa, Orcopampa, Urayhuma y Pulhuay), todas controladas y operadas por el Senamhi, la cuales cubren todo el ámbito de la zona de estudio, como se observa en **Cuadro N° 5** e **Mapa N° 07**.

Cuadro N° 5: Ubicación geográfica de las estaciones meteorológicas.

N°	Estación	Coordenadas DATUM (PSAD-56)		Cota Terreno msnm.	Ubicación Política			Periodo de Registros
		Este	Norte		Región	Provincia	Distrito	
1	Chinchayllapa	743843	8349629	4 100	Arequipa	La Unión	Huaynocotas	1980/87 – 1990/2009
2	Orcopampa	786452	8312248	3 779	Arequipa	Castilla	Orcopampa	1980 - 2010
3	Urayhuma	654397	8385409	4 170	Ayacucho	Parinacochas	Upahuacho	1964 - 1979
4	Cora Cora	630804	8339451	3 172	Ayacucho	Parinacochas	Coracora	1964/84 – 1991/2009
5	Pulhuay	739994	8323841	3 455	Arequipa	La Unión	Alca	1984/1988 – 1991/2010

Fuente. SENAMHI

Con el objeto de determinar el régimen pluviométrico en el ámbito del estudio, se empleó información de las estaciones meteorológicas indicadas en el **Cuadro N° 5** cuyos registros fueron previamente analizados para evaluar su consistencia. En base al cual se ha determinado el modelo de regresión lineal simple que relaciona la variación de la precipitación media anual con la altitud, como se muestra en la **Figura N° 12**. Cabe resaltar que para la relación altitud vs precipitación no se tomó en cuenta la estación Orcopampa, pero nos sirvió para la completación y extensión de los datos.

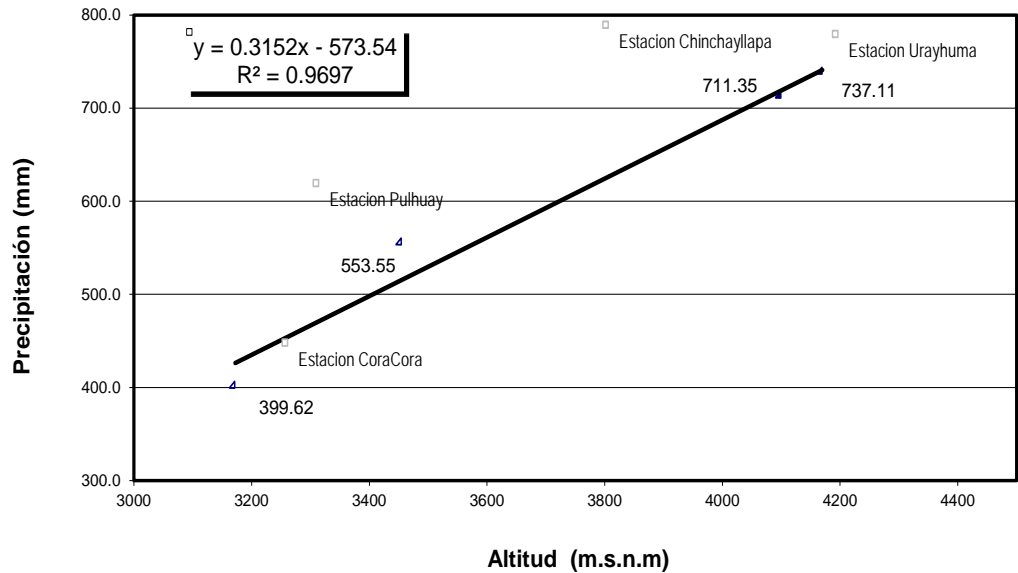


Figura N° 12: Relación altitud vs precipitación

Con esta relación de precipitación – altitud, nos permitirá generar los valores de precipitación media a la altura de la zona del proyecto, como se muestra en la **Figura N° 13**.

Como resultado se obtiene la ecuación lineal: $P = 0.3152 * (\text{Altitud}) - 573.54$

$R^2 = 0.9697$, reemplazando los datos correspondientes se obtiene lo siguiente:

La altura media de la ubicación del Proyecto 4,580 msnm y Precipitación 870.07 mm/año.

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
MEDIA	206.34	213.25	186.57	56.37	9.96	5.89	4.92	16.48	17.27	27.77	34.72	90.53	870.07
MÁXIMA	487.91	387.86	439.84	218.33	62.62	45.13	45.01	188.97	68.25	116.69	162.80	266.76	487.91
MÍNIMA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DESV. EST.	146.86	104.17	110.71	52.73	15.58	9.83	11.23	35.78	21.25	31.93	41.62	72.48	326.53

Fuente: Generado

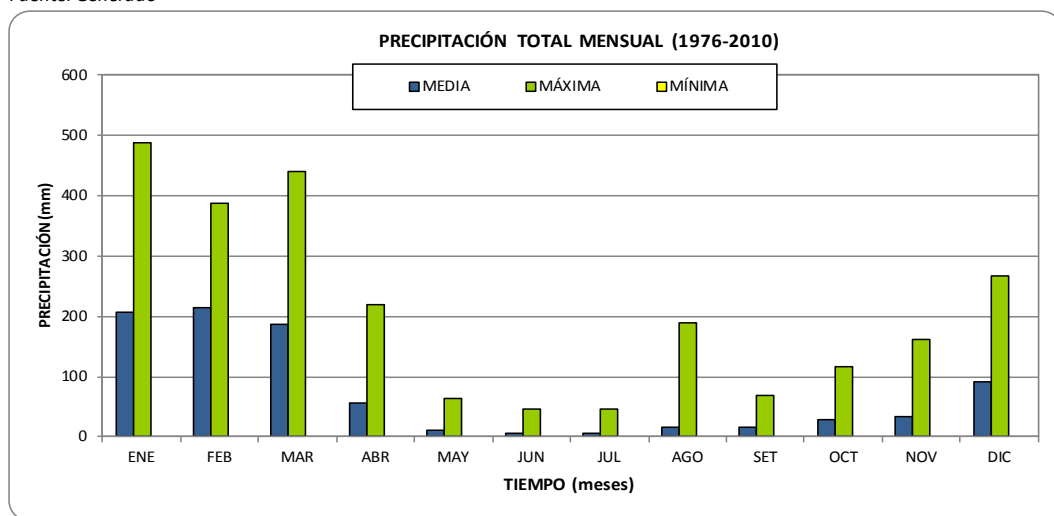


Figura N° 13: Precipitación típica anual generada estación Quellopata

PRECIPITACIÓN

Las precipitaciones en los sectores andinos presentan un régimen pluvial netamente de verano, ya que las lluvias tienen sus inicios en los meses primaverales y van cobrando mayor intensidad en los meses de Enero y Febrero, para luego decrecer casi bruscamente durante el mes de Abril, en que se inicia un periodo de estiaje que se caracteriza por la ocurrencia de precipitaciones muy escasas o por la ausencia definitiva de estas en algunos meses, especialmente durante los meses más fríos de Junio y Agosto.

En la **Figura N° 14** se muestra la comparación de las precipitaciones medias mensuales de las estaciones meteorológicas del área de estudio.

ESTACIONES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
Chinchayllapa	168.70	174.35	152.53	46.09	8.14	4.82	4.02	13.48	14.12	22.71	28.39	74.01	711.35
Orcopampa	100.77	98.68	82.64	26.29	3.41	0.26	2.03	4.73	6.81	12.47	23.30	49.49	410.88
Urayhuma	115.03	151.66	178.14	45.31	13.47	3.56	7.36	10.37	46.32	30.11	66.96	68.82	737.11
Coracora	100.82	120.61	103.47	18.42	1.28	0.91	1.40	2.11	5.12	6.23	9.49	29.76	399.62
Pulhuay	136.99	157.65	135.74	23.86	2.20	2.70	2.20	7.07	4.31	10.24	15.44	55.17	553.55
Quellopata (*)	206.34	213.25	186.57	56.37	9.96	5.89	4.92	16.48	17.27	27.77	34.72	90.53	870.07

Fuente: SENAMHI (*) Generado

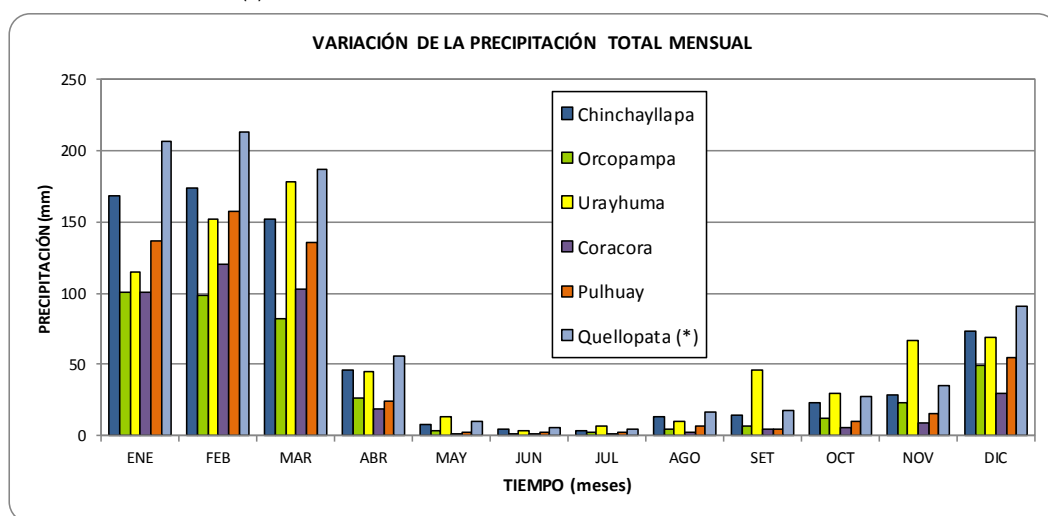


Figura N° 14: Comparación de la variación de precipitación por estaciones

Para el presente estudio se tomó como referencia la Estación Chinchayllapa que cuenta con registros de precipitación total mensual, correspondiente a los periodos de registros históricos (1980/1987 – 1990/2009), la cual fue completada y extendida del periodo 1976-2010. Se puede observar que la estación tiene una precipitación media anual de 711.35 mm, con una mínima mensual de 0.0 mm, y una máxima mensual de 398.90 mm, como se muestran en la **Figura N° 15**.

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
MEDIA	168.70	174.35	152.53	46.09	8.14	4.82	4.02	13.48	14.12	22.71	28.39	74.01	711.35
MÁXIMA	398.90	317.10	359.60	178.50	51.20	36.90	36.80	154.50	55.80	95.40	133.10	218.10	398.90
MÍNIMA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DESV. EST.	120.07	85.17	90.52	43.11	12.74	8.03	9.18	29.25	17.37	26.11	34.03	59.26	266.96

Fuente: SENAMHI

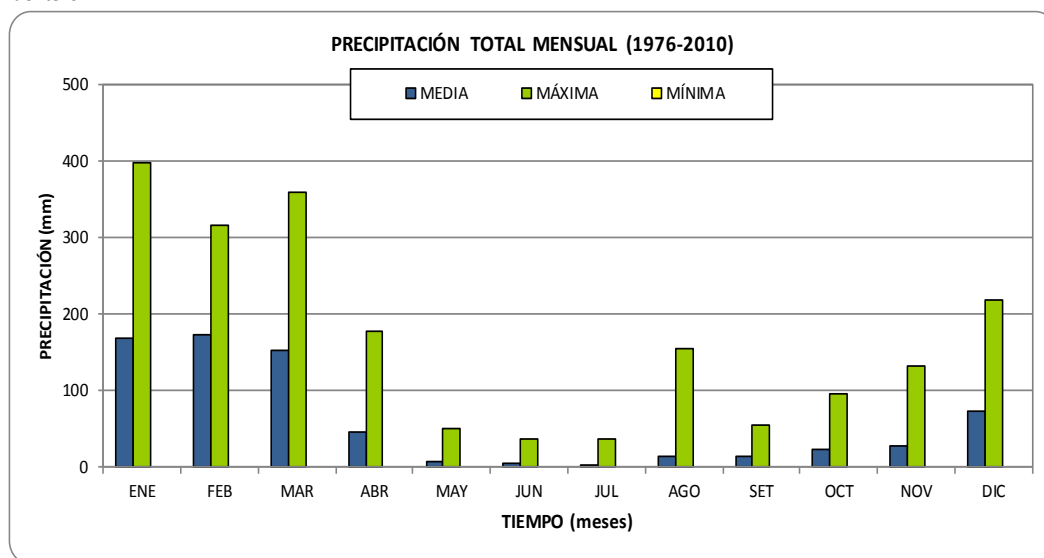


Figura N° 15: Variación de precipitación total mensual estación Chinchayllapa

TEMPERATURA

Para determinar la temperatura en la estación Quellopata se ha considerado los datos de temperatura registrados en la estación Coracora y de una Isoterma que da a conocer el comportamiento y la distribución de la temperatura en función de la altitud, calculada en el estudio “Evaluación de los recursos hídricos de la cuenca del río Ocoña – ESTUDIO HIDROLOGICO” (realizado por la Autoridad Nacional del Agua); en dicho estudio se observa la isoterma con su ecuación y se presenta en la **Figura N° 16**. Con esta información se ha generado la temperatura promedio en la estación

Quellopata, como se muestra en la **Figura N° 17**, con un valor de temperatura promedio mensual de 6.12°C.

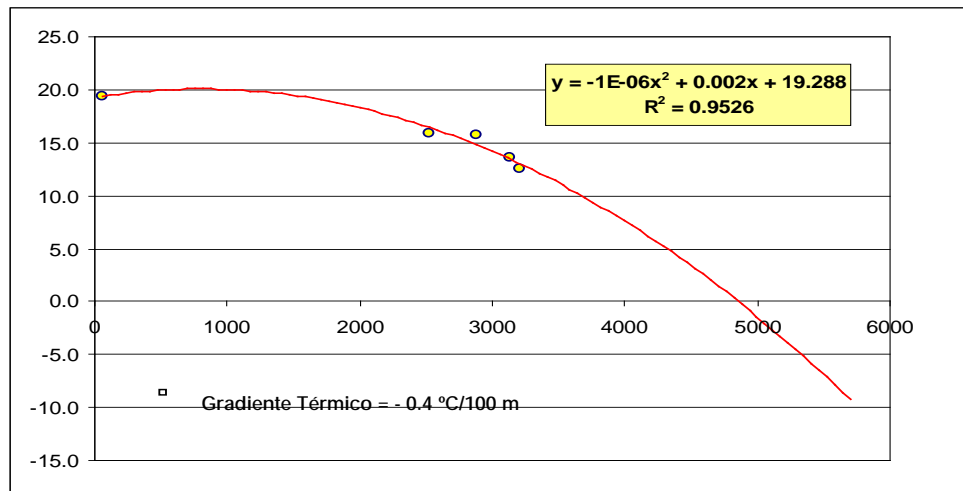


Figura N° 16: Relación Temperatura media anual vs altitud

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
MEDIA	6.56	6.45	6.27	6.21	5.33	4.67	4.51	5.37	6.21	7.12	7.45	7.27	6.12
MÁXIMA	8.35	8.95	9.65	7.75	6.55	6.05	5.85	6.05	7.25	8.25	8.45	8.65	9.65
MÍNIMA	4.45	4.75	5.15	5.25	4.15	3.35	3.35	4.85	5.15	5.75	5.95	6.15	3.35
DESV. EST.	0.93	1.07	1.05	0.61	0.62	0.74	0.67	0.39	0.63	0.71	0.65	0.73	0.39

Fuente: Generado

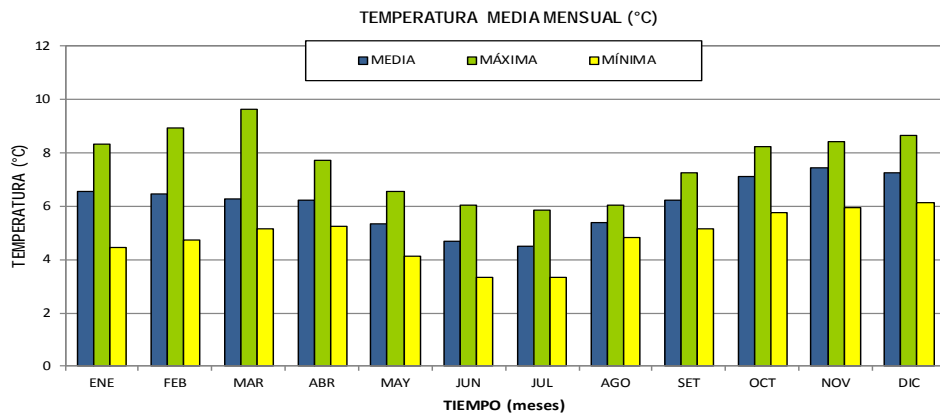


Figura N° 17: Variación de la temperatura estación Quellopata

HUMEDAD RELATIVA

Para el siguiente parámetro se ha tomado en cuenta los valores de la Estación Coracora, en la cual se presenta una Humedad Relativa mínima registrada de 28.0 %, la humedad promedio registrada es de 58.6 % y la humedad relativa máxima registrada es de 92.2 %, esta variación es mostrada a continuación en la **Figura N° 18**.

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
MEDIA	73.16	78.05	75.61	66.53	52.43	46.52	46.58	46.57	48.48	52.13	53.72	63.33	58.59
MÁXIMA	86.80	92.20	84.50	81.20	79.00	65.80	70.50	77.70	74.90	80.80	81.30	82.40	92.20
MÍNIMA	57.80	65.30	66.60	52.30	34.90	28.00	31.90	30.00	36.10	37.00	40.10	47.50	28.00
DESV. EST.	7.82	7.13	4.66	7.62	13.03	11.87	11.74	12.97	11.29	12.83	11.08	7.93	7.89

Fuente: SENAMHI

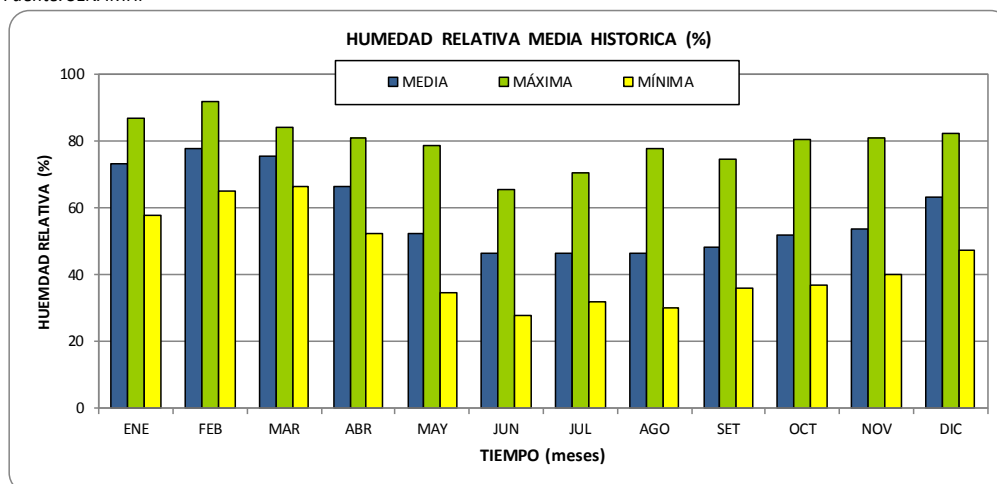


Figura N° 18: Variación de la humedad relativa estación Coracora

VELOCIDAD DE VIENTO

Para el desarrollo de este parámetro se ha tomado en consideración la velocidad y dirección del viento, registrado en la estación de Coracora. En general para un año promedio, la distribución de la velocidad media del viento varía entre 1.8 a 2.1 m/s, con una dirección preferente de S y W; presentados

en el **Figura N° 19**, como su respectivo grafico de variación mensual en m/s.

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
MEDIA	1.8	1.9	2.0	2.1	1.9	2.0	1.9	1.9	1.8	1.9	1.8	1.8	1.9
MÁXIMA	3.6	3.6	4.6	4.3	3.0	4.4	4.1	4.3	3.6	4.6	3.8	4.6	4.6
MÍNIMA	1.0	0.8	0.6	1.0	1.1	1.2	1.2	1.2	1.1	0.9	1.0	1.2	0.6

Fuente: SENAMHI

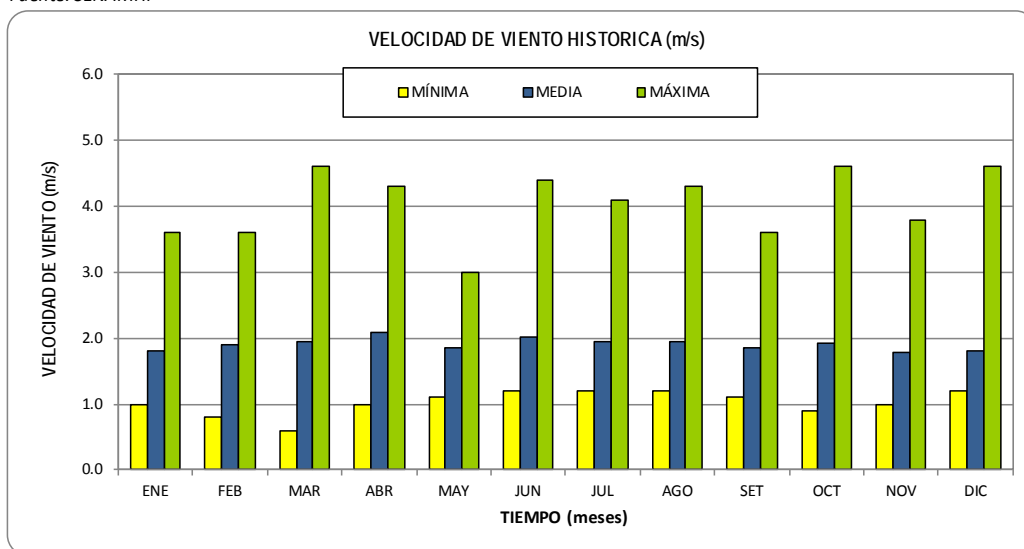


Figura N° 19: Variación de la Velocidad de Viento (m/s) estación Coracora

CLIMOGRAMA DE LA MICROCUENCA

Para definir el clima en la zona de estudio se elaboró el climograma, con datos de precipitación y temperatura generados en la estación de Quellopata. La escala de precipitaciones es siempre el doble que la de temperaturas ya que según el índice de Gausson el período de aridez está definido por: $Precipitaciones = Temperaturas \times 2$. En la **Figura N° 20** se muestra el climograma de la zona del proyecto del cual se concluye que existe una relación casi paralela entre la temperatura y la precipitación, quiere decir que

en los primeros meses del año a mayor precipitación la temperatura se mantiene constante y en los meses que baja la precipitación la temperatura disminuye, lo cual indica que mantiene un comportamiento paralelo.

VARIABLES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
PREC (mm)(*)	206.34	213.25	186.57	56.37	9.96	5.89	4.92	16.48	17.27	27.77	34.72	90.53	870.07
TEMP. (°C)(*)	6.56	6.45	6.27	6.21	5.33	4.67	4.51	5.37	6.21	7.12	7.45	7.27	6.12

(*) Generado

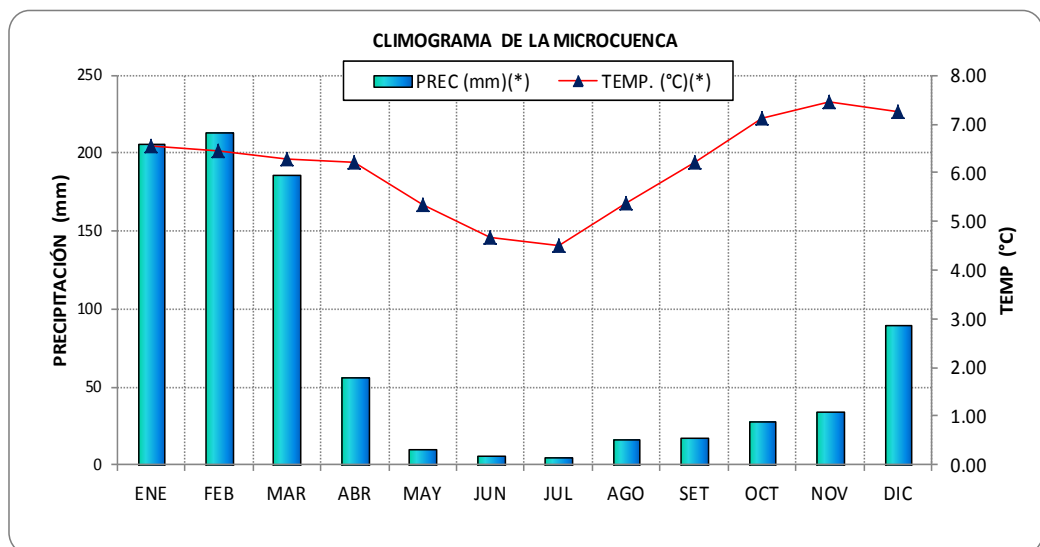


Figura N° 20: Climograma de la microcuenca Quellopata

Por tanto en términos generales el clima en la zona de estudio y en base al mapa de clasificación climática del Perú elaborado por el SENAMHI (1988) desarrollado según el método de Thornthwaite, se presenta las siguientes características climáticas.

- Clima semi-seco frío C (o,i,p) C' H2, se caracteriza como una zona semi-seca fría, por estar comprendida entre los 3000 y 4000 m.s.n.m., aproximadamente, además se caracteriza por deficiencias de lluvias en las estaciones de otoño, invierno y primavera, con una humedad relativa

calificada como húmeda.

- Clima lluvioso semi-frío B (o,i) D' H3, es la zona comprendida entre los 4000 a 5000 m.s.n.m., aproximadamente, se caracteriza por la presencia de lluvias abundantes que superan los 800 mm/año, con una humedad relativa calificada como húmeda.

3.7.4 Precipitación

En la zona de estudio, las lluvias son originadas básicamente por traslado de masas de aire provenientes de la zona amazónica y elevada a la altura por la barrera orográfica de la Cordillera de los Andes, denominándose por ello como lluvias orográficas.

En la zona de estudio no existen estaciones de precipitación adecuadas que permitan cuantificar la precipitación pluvial en forma directa. Por tal motivo para determinar el comportamiento de la precipitación en el ámbito de las microcuencas se ha considerado la información registrada en las estaciones de: Chinchayllapa (1980/1987-1990/2009); Orcopampa (1980/2010), Urayhuma (1964 -1979), Coracora (1964/1984 – 1991/2009), y Pulhuay (1984/1988 – 1991/2010) todas operadas por el Senamhi; la ubicación y sus características principales de estas estaciones meteorológicas se muestran en el **Cuadro Nº 5** y en el **Mapa Nº 07**. Cabe indicar que las mencionadas estaciones son las más cercanas al área de estudio y representan las características de la zona en la que se ubica el proyecto Inmaculada.

3.7.4.1 Análisis de Consistencia

Para el análisis de consistencia se ha utilizado Método del Vector Regional (MVR) del programa Hydraccess, que es modelo simple orientado al análisis de la información pluviométrica de una región y a la síntesis de esa información. Este método fue desarrollado por el IRD (Instituto de investigación para el desarrollo) en los años 70 con el objetivo de homogeneizar los datos pluviométricos.

A continuación se presenta en la **Figura N° 21** el análisis de consistencia de las estaciones por el **Método de MVR** donde se grafican los valores acumulados de las distintas estaciones. Se observa en el grafico que existe una buena consistencia entre las estaciones.

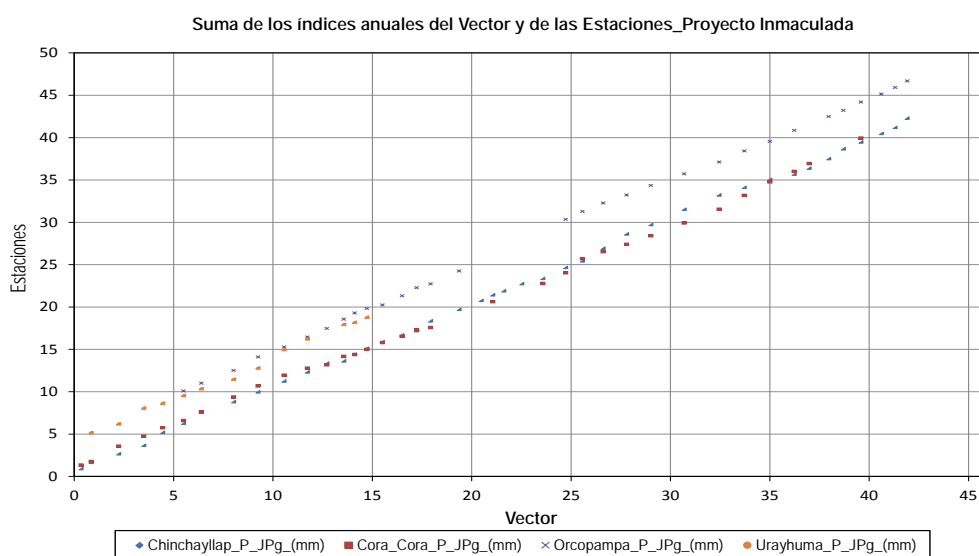


Figura N° 21: Curva de dobles acumulados de las estaciones

3.7.4.2 Complementación y Extensión de la Información

Una vez realizada la consistencia se realizará el análisis pluviométrico debido a que las estaciones presentan registros incompletos, las cuales se completarán y extenderán. Las estaciones seleccionadas presentan registros incompletos, cuya información pluviométrica fue completada y extendida para el período 1976-2010, empleando el software HEC-4, el cual se basa en un análisis de regresión lineal múltiple. Los registros pluviométricos completados y extendidos para el periodo indicado, se muestran en la **Figura N° 22**. El análisis de año tipo se muestra en la **Figura N° 23**.

ESTACIONES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
Chinchayllapa	168.70	174.35	152.53	46.09	8.14	4.82	4.02	13.48	14.12	22.71	28.39	74.01	711.35
Orcopampa	100.77	98.68	82.64	26.29	3.41	0.26	2.03	4.73	6.81	12.47	23.30	49.49	410.88
Urayhuma	115.03	151.66	178.14	45.31	13.47	3.56	7.36	10.37	46.32	30.11	66.96	68.82	737.11
Coracora	100.82	120.61	103.47	18.42	1.28	0.91	1.40	2.11	5.12	6.23	9.49	29.76	399.62
Pulhuay	136.99	157.65	135.74	23.86	2.20	2.70	2.20	7.07	4.31	10.24	15.44	55.17	553.55
Quellopata (*)	206.34	213.25	186.57	56.37	9.96	5.89	4.92	16.48	17.27	27.77	34.72	90.53	870.07

Fuente: SENAMHI (*) Generado

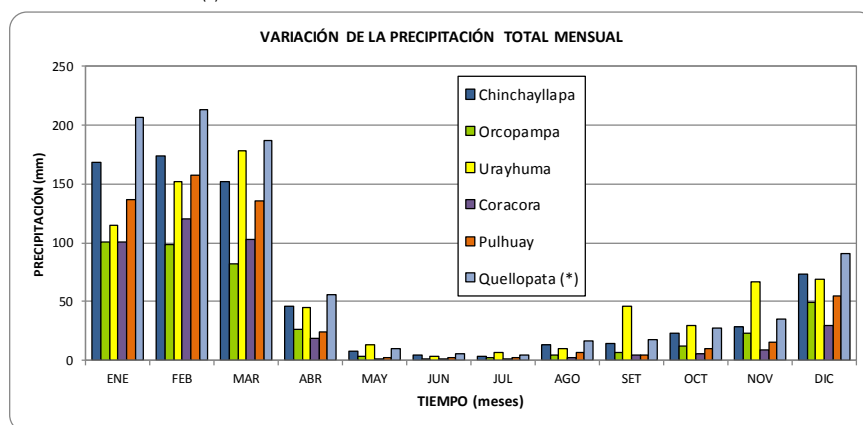


Figura N° 22: Estaciones meteorológicas completadas y extendidas

Cuadro N° 6: Análisis de Precipitación Año Tipo.

AÑO	TOTAL	AÑO TIPO	AÑO	TOTAL	AÑO TIPO
1976	794.5	Medio	1996	1063.6	Medio
1977	609.9	Medio	1997	1438.3	Húmedo
1978	448.6	Seco	1998	1204.1	Húmedo
1979	917.5	Medio	1999	1406.8	Húmedo
1980	449.1	Seco	2000	968.3	Medio
1981	888.1	Medio	2001	946.0	Medio
1982	726.5	Medio	2002	930.2	Medio
1983	231.5	Seco	2003	590.5	Medio
1984	1239.9	Húmedo	2004	548.3	Medio
1985	1249.6	Húmedo	2005	679.9	Medio
1986	1530.3	Húmedo	2006	941.6	Medio
1987	676.8	Medio	2007	978.6	Medio
1988	1308.5	Húmedo	2008	662.9	Medio
1989	930.4	Medio	2009	846.5	Medio
1990	407.8	Seco	2010	607.2	Medio
1991	708.8	Medio	MEDIA	870.07	
1992	345.5	Seco	MÁXIMA	1530.26	
1993	1137.3	Medio	MÍNIMA	231.54	
1994	1191.3	Medio	DESV. EST.	326.53	
1995	847.6	Medio			

Los años tipos seleccionados según el análisis del año hidrológico fue 1978 para un Año Seco, 2009 para un Año Medio y 1984 para un Año Húmedo, la cual constituyen la base para el balance hídrico de los componentes mineros del proyecto Inmaculada en la **Figura N° 24** se muestra los registros para los años tipos para realizar el balance hídrico.

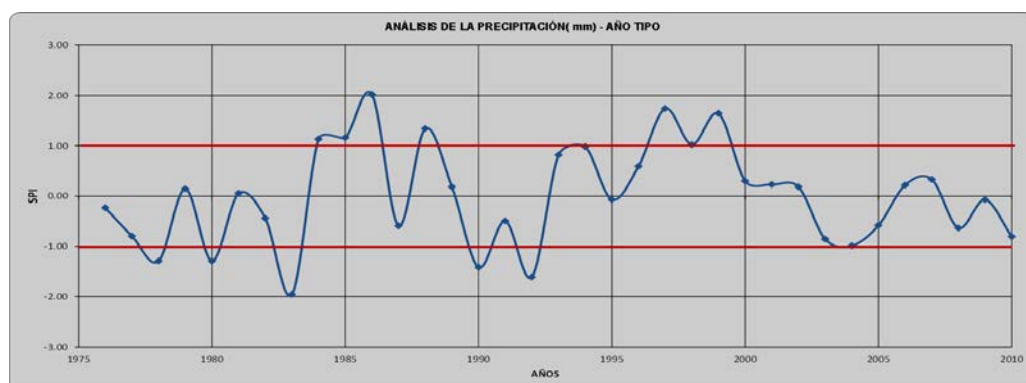


Figura N° 23: Análisis de Precipitación - Año Tipo

AÑO TIPO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
SECA	114.72	245.25	21.09	7.16	0.07	4.07	0.70	0.95	3.46	25.98	15.17	9.97	448.58
MEDIA	213.07	349.33	133.20	24.10	0.00	0.00	18.47	0.00	19.81	26.54	35.84	26.18	846.53
HÚMEDA	224.93	357.77	212.58	28.25	13.21	0.00	0.00	9.05	22.63	98.22	117.18	156.07	1239.89

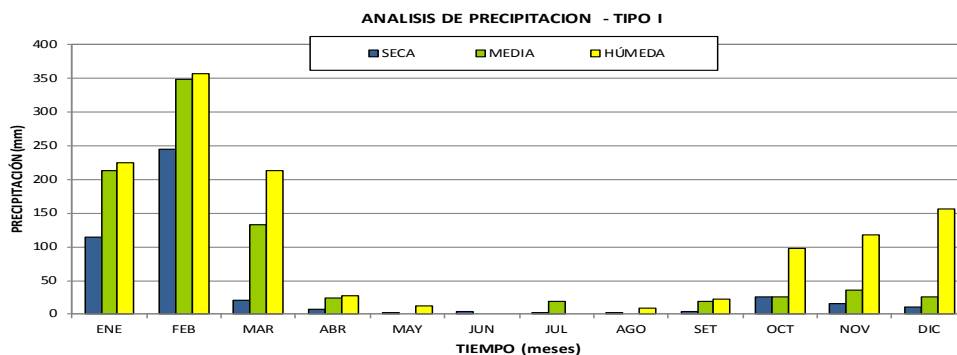


Figura N° 24: Años tipos seleccionados de los registros de la estación Quellopata

3.7.4.3 Variabilidad Espacial y Temporal de la Precipitación Media Anual

Para este análisis se ha establecido una ecuación de correlación entre precipitación total anual y altitud descritas anteriormente, luego de un análisis de ajuste lineal de la información se ha obtenido una ecuación característica y su correspondiente coeficiente de correlación siendo un valor aceptable para el ajuste lineal de la ecuación. Donde la precipitación media generada en la estación Quellopata es de 870.07 mm anuales.

En la zona del proyecto las precipitaciones son intensas presentándose un régimen estacional bien marcado, observándose que en los meses de mayo a octubre representa las épocas secas y en los meses de noviembre a abril las épocas lluviosas; como se muestran en la **Figura N° 25** y en el Mapa **N° 08**.

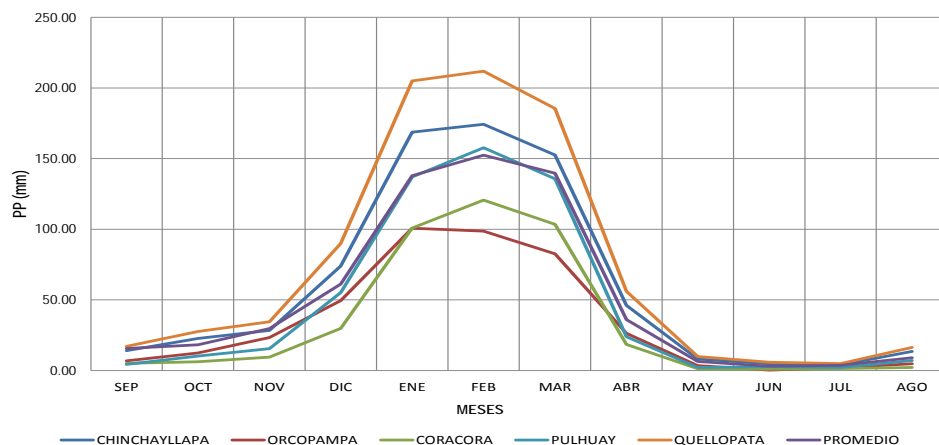


Figura N° 25: Variabilidad Temporal de las estaciones

3.7.4.4 Precipitación Máxima Diaria

Para el análisis de la precipitación máxima diaria se determinó a partir de registros de lluvia máxima de 24 horas de la estación Chinchayllapa por estar cercana a la zona del proyecto. De esta estación se generó la estación de Quellopata que cuenta con registros de 45 años para los siguientes periodos de registros (1964-1988 y 1991-2009), presentando una precipitación máxima diaria de 56 mm, una mínima de 0.0 mm y una media de 15.4 mm, como se muestra en la **Figura N° 26** la variación de la precipitación máxima diaria mensual y **Figura N° 27** la variación anual en la zona de estudio.

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
MEDIA	20.53	21.14	17.94	10.81	3.83	2.71	3.29	5.55	6.55	7.78	7.34	14.33	10.15
MÁXIMA	56.22	38.34	35.53	22.26	11.69	13.27	28.67	22.49	19.45	18.10	29.91	30.36	56.22
MÍNIMA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DESV. EST.	12.86	9.53	8.51	5.82	3.77	3.45	5.25	6.18	4.89	5.07	6.52	8.28	9.32

Fuente: Generado

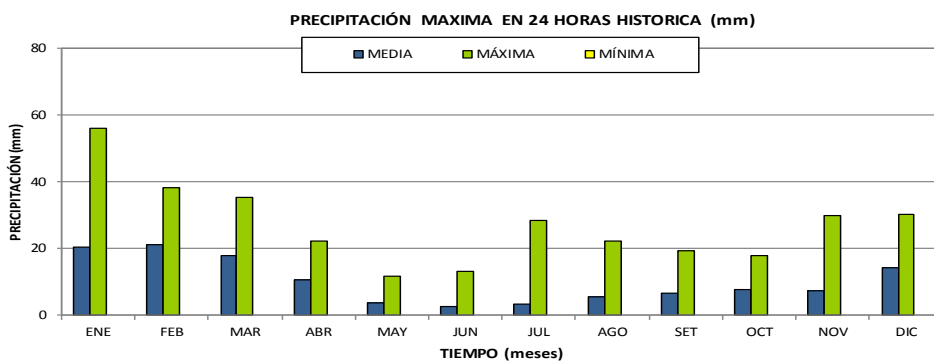


Figura N° 26: Precipitación máxima en 24 horas en la estación Quellopata

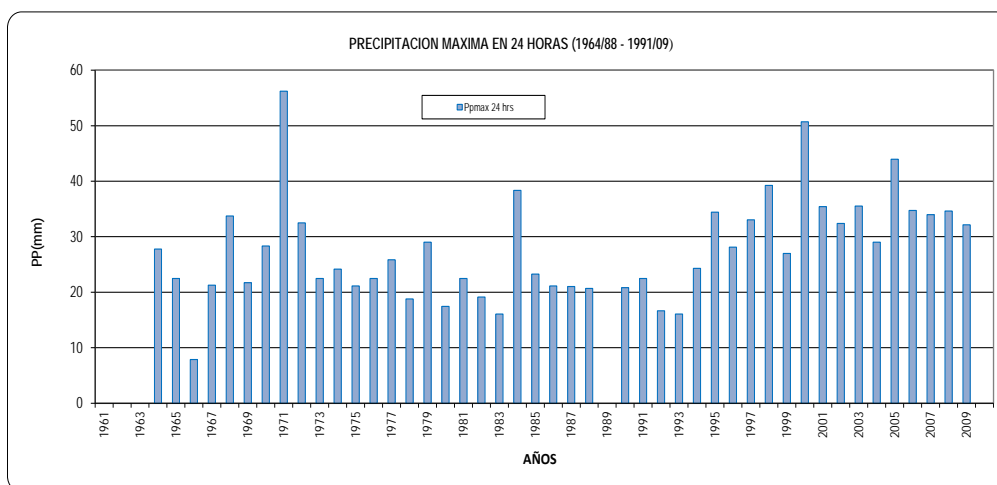


Figura N° 27: Precipitación máxima en 24 horas en la estación Quellopata

En la **Figura N° 28** se muestra la distribución de frecuencias de la estación Quellopata, aplicando el software Smada 6.0.

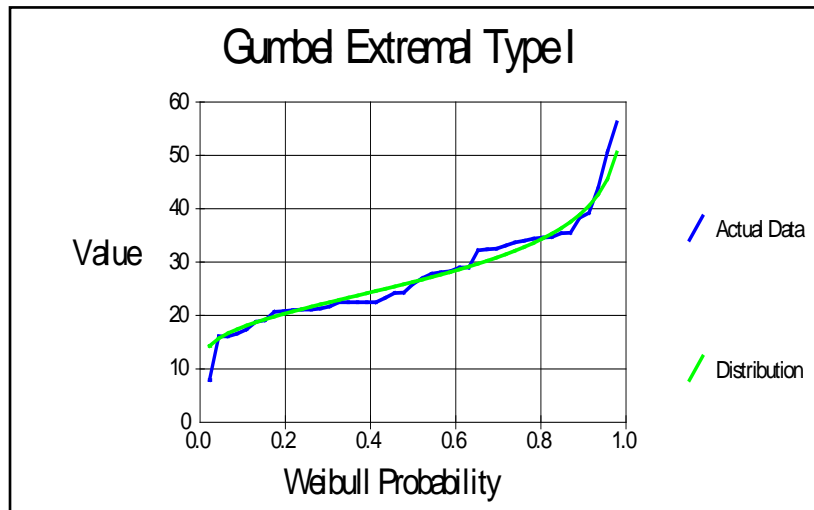


Figura N° 28: Distribución de frecuencias Gumbel- Estación Quellopata

3.7.4.5 Intensidades de Lluvia

Existen varios modelos para estimar la intensidad a partir de la precipitación máxima en 24 horas. Uno de ellos es el modelo de Frederick Bell que permite calcular la lluvia máxima en función del período de retorno, la duración de la tormenta en minutos y la precipitación máxima de una hora de duración y periodo de retorno de 10 años.

En el **Cuadro N° 7** se presenta las intensidades máximas calculadas y en la **Figura N° 29** la curva I-D-F para la estación Quellopata.

Cuadro N° 7: Intensidades máximas - Estación Quellopata.

Duración (t) (minutos)	Periodo de Retorno (T) en años												
	2	5	10	20	25	50	100	200	300	400	500	1000	10000
5	31.53	37.65	43.05	49.22	51.40	58.77	67.20	76.84	83.11	87.86	91.74	104.90	163.75
10	21.88	26.12	29.87	34.16	35.66	40.78	46.63	53.32	57.67	60.97	63.66	72.79	113.63
20	15.18	18.13	20.73	23.70	24.75	28.30	32.36	37.00	40.02	42.31	44.17	50.51	78.85
30	12.26	14.64	16.74	19.14	19.99	22.85	26.13	29.88	32.32	34.17	35.67	40.79	63.67
40	10.54	12.58	14.38	16.45	17.17	19.64	22.45	25.68	27.77	29.36	30.65	35.05	54.71
50	9.37	11.18	12.79	14.62	15.27	17.46	19.96	22.83	24.69	26.10	27.25	31.16	48.64
60	8.51	10.16	11.62	13.28	13.87	15.86	18.13	20.73	22.43	23.71	24.75	28.31	44.19
70	7.85	9.37	10.71	12.25	12.79	14.62	16.72	19.12	20.68	21.86	22.82	26.10	40.74
80	7.31	8.73	9.98	11.41	11.92	13.63	15.58	17.82	19.27	20.37	21.27	24.32	37.97
90	6.87	8.20	9.38	10.73	11.20	12.81	14.64	16.74	18.11	19.15	19.99	22.86	35.68
100	6.50	7.76	8.87	10.15	10.59	12.11	13.85	15.84	17.13	18.11	18.91	21.62	33.75
110	6.18	7.38	8.44	9.65	10.08	11.52	13.17	15.06	16.29	17.22	17.98	20.56	32.10
120	5.90	7.05	8.06	9.22	9.62	11.00	12.58	14.39	15.56	16.45	17.18	19.64	30.66

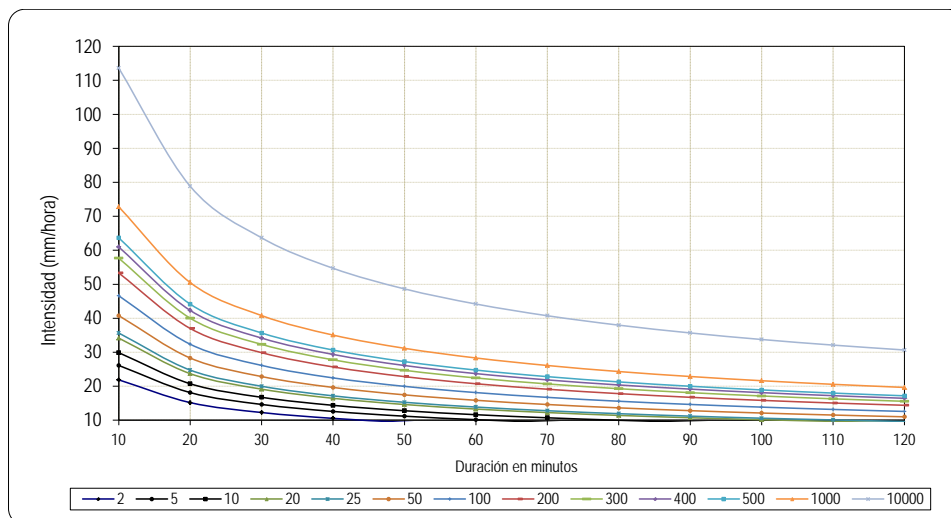


Figura N° 29: Curva I-D-F de la Estación Quellopata

3.7.4.6 Evapotranspiración

Se ha realizado el cálculo de la evaporación potencial mensual por el método de Thornthwaite, con la serie de datos de la temperatura mensual de la Estación Quellopata, como se muestra en el **Cuadro N° 8**.

Cuadro N° 8: ETP - Estación Quellopata.

Indice térmico anual (I) = 16.4364 Exponente (a) = 0.7691								
Mes	Temperatura	Indice	ETo	Factor f	ETr mensual	ETr diaria (mm)		
Ene	6.56	1.509	46.39	1.12	51.957	1.68	30	50.40
Feb	6.45	1.47	45.79	0.98	44.875	1.6	28	44.80
Mar	6.27	1.409	44.804	1.05	47.045	1.52	31	47.12
Abr	6.21	1.388	44.474	0.98	43.585	1.45	30	43.50
May	5.33	1.102	39.543	0.98	38.752	1.25	31	38.75
Jun	4.67	0.902	35.72	0.94	33.577	1.12	30	33.60
Jul	4.51	0.855	34.775	0.97	33.732	1.09	31	33.79
Ago	5.37	1.114	39.771	1	39.771	1.28	31	39.68
Set	6.21	1.388	44.474	1	44.474	1.48	30	44.40
Oct	7.12	1.708	49.407	1.07	52.865	1.71	31	53.01
Nov	7.45	1.829	51.158	1.07	54.74	1.82	30	54.60
Dic	7.27	1.762	50.205	1.12	56.23	1.81	31	56.11

3.7.4.7 Análisis de Descargas

La información básica disponible para este análisis son las series históricas de la estación de aforo Puente Ocoña que cuenta con registros mensuales, todas operadas por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI). En el **Cuadro N° 9** se muestra sus características principales como ubicación, coordenadas geográficas y el periodo de registros.

Cuadro N° 9: Estación Hidrométrica Puente Ocoña.

Estación	Cuenca	Área Colectora Km ²	Latitud Sur (°)	Longitud Oeste (°)	Altitud msnm	Periodo de Registros	GESTION
Puente Ocoña	Río Ocoña	15998,12	16.42	73.1	23	1983/84-2007/08	SENAMHI

En la estación Ocoña, contamos con un registro histórico de caudales medios mensuales para el periodo 1983/84-2007/08. Debido a que no contamos con otras estaciones dentro de la cuenca hemos decidido utilizar los registros de caudales de las cuencas más próximas, de la cuenca del río Acari (estación

de aforro Bella Unión) y cuenca del río Camana (estación Puente Carretera) para el análisis de consistencia.

De los resultados de este análisis de consistencia se concluye que los registros de la serie de caudales cumplen con la hipótesis de pseudo-proporcionalidad presentando la relación Correl./Vector valores altos lo cual indica que existe una buena consistencia y calidad de sus datos, como se puede observar en la **Figura N° 30** y finalmente en el **Cuadro N° 10** se muestra los principales parámetros estadísticos de consistencia para cada estación.

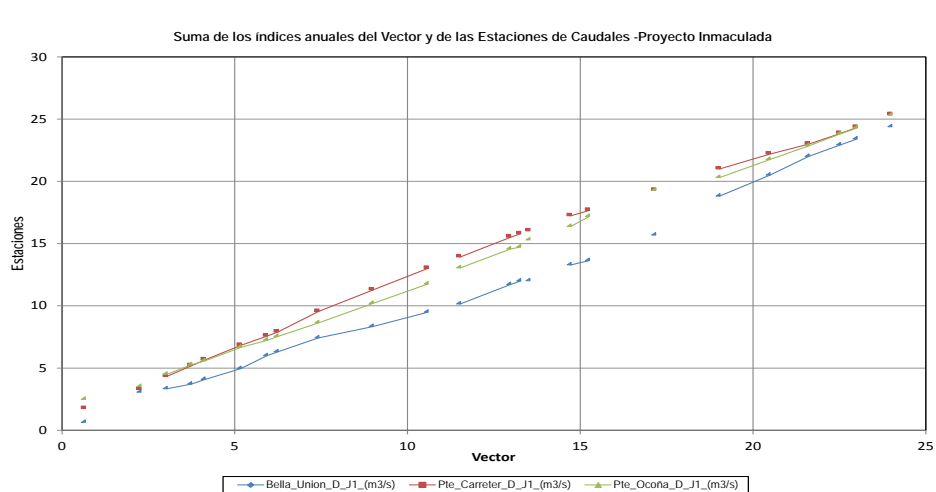


Figura N° 30: Análisis de consistencia estación Ocoña

Cuadro N° 10: Relación Correl. / Vector estaciones hidrométricas

Id Estación	D.E. Obs.	Coef. Variación	Media Obs.	Media Calculada	D.E. Desvíos	Correl. /Vector
Bella_Union	8	0.74	10.7	10.6	0.395	0.867
Pte_Carretera	30.4	0.494	61.6	60.7	0.174	0.938
Puente Ocoña	42.5	0.452	94	96.9	0.256	0.857

Con la información histórica de la estación hidrométrica Puente Ocoña se determinó los caudales medios como se presenta en la **Figura N° 31**; a partir del cual se determinó la disponibilidad media hídrica en la microcuenca de Huamancute mediante una relación caudal – área (área colectora), cuyos resultados se muestra en el **Cuadro N° 11**; la cual nos servirá como punto de partida para la calibración del modelo hidrológico en la zona del proyecto.

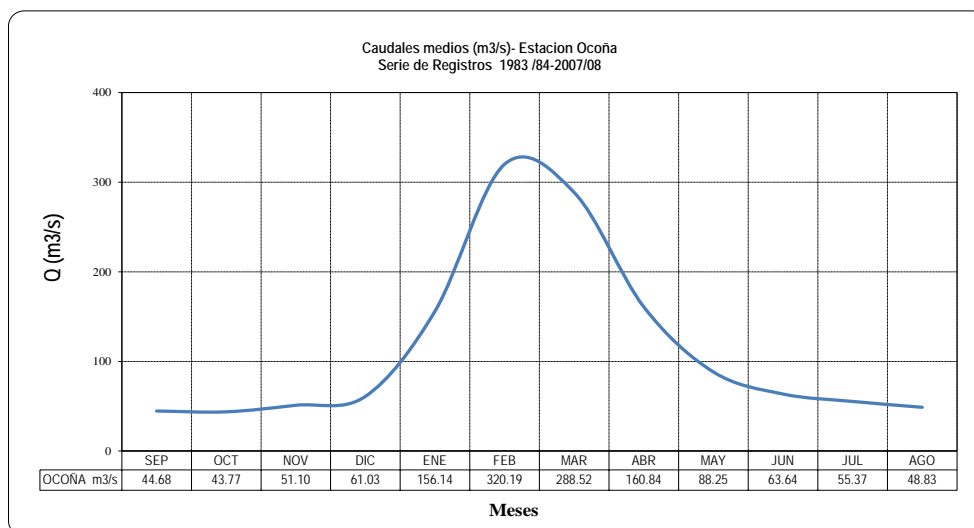


Figura N° 31: Caudales medios estación Hidrométrica Ocoña

Cuadro N° 11: Caudal generado en la microcuenca Huamancute

ESTACIONES	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	PROM.
OCOÑA (Aforado) m³/s	44.68	43.77	51.10	61.03	156.14	320.19	288.52	160.84	88.25	63.64	55.37	48.83	115.20
HUAMANCUTE (Generado) m³/s	0.15	0.15	0.17	0.20	0.52	1.07	0.97	0.54	0.30	0.21	0.19	0.16	0.39
HUAMANCUTE (Generado) l/s	149.81	146.74	171.32	204.61	523.51	1073.56	967.36	539.29	295.91	213.37	185.65	163.72	386.24

3.7.4.8 Cálculo del Excedente Hídrico y Recarga al Sistema

El cálculo del excedente hídrico se realizará para todos los componentes mineros proyectados y también para los tres años tipo: año medio, año seco y

año húmedo, a continuación se muestran los resultados de dicho cálculo en el **Cuadro N° 12.**

Cuadro N° 12: Cálculo del excedente hídrico anual - año tipo.

EXCEDENTE HÍDRICO CLIMÁTICO

Zona de Estudio	Excedente Hídrico Anual- Año Medio (mm)	Excedente Hídrico Anual- Año Seco (mm)	Excedente Hídrico Anual- Año Húmedo (mm)	Área (ha)	Excedente Hídrico Anual- Año Medio (MMC)	Excedente Hídrico Anual- Año Seco (MMC)	Excedente Hídrico Anual- Año Húmedo (MMC)
Depósito de Relaves	551.72	263.14	859.03	34.44	0.190	0.091	0.296
Deposito de Topsoil	551.72	263.14	859.03	5.14	0.028	0.014	0.044
Boladero de Desmonte	501.72	213.14	809.03	4.82	0.024	0.010	0.039
Presa de Agua	551.72	263.14	859.03	4.98	0.027	0.013	0.043
Infraestructuras de la Mina	526.72	238.14	834.03	23.04	0.121	0.055	0.192
Cuerpos de Agua	551.72	263.14	859.03	3.49	0.019	0.009	0.030
Accesos	526.72	238.14	834.03	7.92	0.042	0.019	0.066
Microcuenca Quellopata	501.72	213.14	809.03	805.00	4.039	1.716	6.513
Microcuenca Patari	526.72	238.14	834.03	2079.00	10.950	4.951	17.340

CÁLCULOS DE RECARGA AL SISTEMA

Zona de Estudio	Factor por Topografía	Factor Suelo	Factor de Vegetación	Factor de Infiltración	Recarga Anual- Año Medio (mm/año)	Recarga Anual- Año Seco (mm/año)	Recarga Anual- Año Húmedo (mm/año)
Depósito de Relaves	0.10	0.15	0.05	0.30	165.52	78.94	257.71
Deposito de Topsoil	0.10	0.15	0.05	0.30	165.52	78.94	257.71
Boladero de Desmonte	0.10	0.30	0.10	0.50	250.86	106.57	404.52
Presa de Agua	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Infraestructuras de la Mina	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cuerpos de Agua	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Accesos	0.30	0.30	0.10	0.70	368.70	166.70	583.82
Microcuenca Quellopata	0.05	0.03	0.02	0.09	46.16	19.61	74.43
Microcuenca Patari	0.05	0.03	0.02	0.09	48.98	22.15	77.57

3.7.4.9 Cálculo del Escurrimiento e Infiltración

El cálculo del escurrimiento y la infiltración se realizarán para todos los componentes mineros y para los 3 tipos de año; año medio, año seco y año húmedo; a continuación se muestra el **Cuadro N° 13** los resultados de los

cálculos realizados.

Cuadro N° 13: Cálculo del escurrimiento anual y recarga profunda.

CÁLCULO DEL ESCURRIMIENTO ANUAL-AÑO MEDIO Y RECARGA PROFUNDA

Zona de Estudio	Área (ha)	EXCEDENTE DE AGUA (AÑO MEDIO)			Factor de Escurrimiento	ESCORRENTÍA			RECARGA AL SISTEMA			Factor de Terreno	RECARGA PROFUNDA			FILTRACIÓN DESDE LA BASE		
		mm	m³	l/s		mm	m³	l/s	mm	m³	l/s		mm	m³	l/s	mm	m³	l/s
Deposito de Relaves	34.44	551.72	190,011.64	6.03	0.70	386.20	133,008.15	4.22	165.52	57,003.49	1.81	0.30	49.65	17,101.05	0.54	115.86	39,902.44	1.27
Deposito de Topsoil	5.14	551.72	28,350.58	0.90	0.70	386.20	19,845.40	0.63	165.52	8,505.17	0.27	0.30	49.65	2,551.55	0.08	115.86	5,953.62	0.19
Boladero de Desmonte	4.82	501.72	24,182.80	0.77	0.50	250.86	12,091.40	0.38	250.86	12,091.40	0.38	0.40	100.34	4,836.56	0.15	150.52	7,254.84	0.23
Presa de Agua	4.98	551.72	27,475.55	0.87	1.00	551.72	27,475.55	0.87	0.00	0.00	0.00	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Infraestructuras de la Mina	23.04	526.72	121,355.80	3.85	1.00	526.72	121,355.80	3.85	0.00	0.00	0.00	0.43	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cuerpos de Agua	3.49	551.72	19,227.92	0.61	1.00	551.72	19,227.92	0.61	0.00	0.00	0.00	0.43	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Accesos	7.92	526.72	41,725.70	1.32	0.30	158.02	12,517.71	0.40	368.70	29,207.99	0.93	0.10	36.87	2,920.80	0.09	331.83	26,287.19	0.83
Microcuenca Quellopata	805.00	501.72	4,038,829.03	128.07	0.70	351.20	2,827,180.32	89.65	150.52	1,211,648.71	38.42	0.40	60.21	484,659.48	15.37	90.31	726,989.23	23.05
Microcuenca Patari	2,079.00	526.72	10,950,464.97	347.24	0.70	368.70	7,665,325.48	243.07	158.02	3,285,139.49	104.17	0.40	63.21	1,314,055.80	41.67	94.81	1,971,083.69	62.50

CÁLCULO DEL ESCURRIMIENTO ANUAL-AÑO SECO Y RECARGA PROFUNDA

Zona de Estudio	Área (ha)	EXCEDENTE DE AGUA (AÑO SECO)			Factor de Escurrimiento	ESCORRENTÍA			RECARGA AL SISTEMA			Factor de Terreno	RECARGA PROFUNDA			FILTRACIÓN DESDE LA BASE		
		mm	m³	l/s		mm	m³	l/s	mm	m³	l/s		mm	m³	l/s	mm	m³	l/s
Deposito de Relaves	34.44	263.14	90,623.90	2.87	0.70	184.19	63,436.73	2.01	78.94	27,187.17	0.86	0.30	23.68	8,156.15	0.26	55.26	19,031.02	0.60
Deposito de Topsoil	5.14	263.14	13,521.49	0.43	0.70	184.19	9,465.04	0.30	78.94	4,056.45	0.13	0.30	23.68	1,216.93	0.04	55.26	2,839.51	0.09
Boladero de Desmonte	4.82	213.14	10,273.14	0.33	0.50	106.57	5,136.57	0.16	106.57	5,136.57	0.16	0.40	42.63	2,054.63	0.07	63.94	3,081.94	0.10
Presa de Agua	4.98	263.14	13,104.15	0.42	1.00	263.14	13,104.15	0.42	0.00	0.00	0.00	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Infraestructuras de la Mina	23.04	238.14	54,866.44	1.74	1.00	238.14	54,866.44	1.74	0.00	0.00	0.00	0.43	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cuerpos de Agua	3.49	263.14	9,170.54	0.29	1.00	263.14	9,170.54	0.29	0.00	0.00	0.00	0.43	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Accesos	7.92	238.14	18,864.97	0.60	0.30	71.44	5,659.49	0.18	166.70	13,205.48	0.42	0.10	16.67	1,320.55	0.04	150.03	11,884.93	0.38
Microcuenca Quellopata	805.00	213.14	1,715,741.62	54.41	0.70	149.19	1,201,019.13	38.08	63.94	514,722.48	16.32	0.40	25.58	205,888.99	6.53	38.36	308,833.49	9.79
Microcuenca Patari	2,079.00	238.14	4,950,839.22	156.99	0.70	166.69	3,465,587.45	109.89	71.44	1,485,251.76	47.10	0.40	28.58	594,100.71	18.84	42.86	891,151.06	28.26

CÁLCULO DEL ESCURRIMIENTO ANUAL-AÑO HÚMEDO Y RECARGA PROFUNDA

Zona de Estudio	Área (ha)	EXCEDENTE DE AGUA (AÑO HÚMEDO)			Factor de Escurrimiento	ESCORRENTÍA			RECARGA AL SISTEMA			Factor de Terreno	RECARGA PROFUNDA			FILTRACIÓN DESDE LA BASE		
		mm	m³	l/s		mm	m³	l/s	mm	m³	l/s		mm	m³	l/s	mm	m³	l/s
Deposito de Relaves	34.44	859.03	295,851.02	9.38	0.70	601.32	207,095.71	6.57	257.71	88,755.31	2.81	0.30	77.31	26,626.59	0.84	180.40	62,128.71	1.97
Deposito de Topsoil	5.14	859.03	44,142.28	1.40	0.70	601.32	30,899.59	0.98	257.71	13,242.68	0.42	0.30	77.31	3,972.80	0.13	180.40	9,269.88	0.29
Boladero de Desmonte	4.82	809.03	38,995.40	1.24	0.50	404.52	19,497.70	0.62	404.52	19,497.70	0.62	0.40	161.81	7,799.08	0.25	242.71	11,698.62	0.37
Presa de Agua	4.98	859.03	42,779.85	1.36	1.00	859.03	42,779.85	1.36	0.00	0.00	0.00	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Infraestructuras de la Mina	23.04	834.03	192,161.24	6.09	1.00	834.03	192,161.24	6.09	0.00	0.00	0.00	0.43	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cuerpos de Agua	3.49	859.03	29,938.16	0.95	1.00	859.03	29,938.16	0.95	0.00	0.00	0.00	0.43	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Accesos	7.92	834.03	66,070.19	2.10	0.30	250.21	19,821.06	0.63	583.82	46,249.13	1.47	0.10	58.38	4,624.91	0.15	525.44	41,624.22	1.32
Microcuenca Quellopata	805.00	809.03	6,512,716.86	206.52	0.70	566.32	4,558,901.80	144.56	242.71	1,953,815.06	61.96	0.40	97.08	781,526.02	24.78	145.63	1,172,289.04	37.17
Microcuenca Patari	2,079.00	834.03	17,339,549.20	549.83	0.70	583.82	12,137,684.44	384.88	250.21	5,201,864.76	164.95	0.40	100.08	2,080,745.90	65.98	150.13	3,121,118.86	98.97

3.7.4.10 Caudal de Diseño

Mediante el método de Hidrograma Unitario Sintético de forma Triangular, se calculó la escorrentía superficial, a fin de establecer el dimensionamiento de las obras lineales y no lineales, se calcularon para diferentes periodos de retorno, asumiendo un riesgo de falla de 10% y una vida útil del sistema de drenaje de 50 años.

En el **Cuadro N° 14** se muestra el caudal máximo de diseño para cada microcuenca aplicando el método de Hidrograma Unitario Sintético de forma Triangular.

Cuadro N° 14: Caudal diseño para periodos de retorno

Nombre	Area A (km ²)	Tiempo de concentración tc (horas)	Tiempo de retraso tr (horas)	Tiempo de pico tp (horas)	Tiempo base tb (horas)	Caudal Unitario qp (m ³ /s/mm)	Número de curva N	Caudal Máximo (m ³ /s)								
								T=2	T=5	T=10	T=25	T=50	T=100	T=200	T=500	T=1000
1 Quebrada Patari	20.80	1.40	0.84	1.54	4.11	2.81	75	2.61	8.26	13.38	21.10	27.62	34.70	42.23	52.86	61.34
2 Quebrada Quellopata	8.05	1.19	0.72	1.31	3.50	1.28	74	0.93	3.26	5.41	8.74	11.56	14.64	17.93	22.60	26.34
3 Quebrada Huamancute	52.13	3.09	1.85	3.40	9.08	3.19	78	5.45	13.81	20.89	31.26	39.81	48.93	58.54	71.90	82.53
4 Quebrada Cairilaca	17.00	2.02	1.21	2.23	5.95	1.59	78	2.72	6.88	10.41	15.58	19.84	24.39	29.18	35.84	41.13
5 Quebrada Pascana	28.23	2.32	1.39	2.55	6.81	2.30	75	2.14	6.76	10.95	17.27	22.61	28.41	34.57	43.26	50.21
6 Quebrada Cancalla	16.49	1.99	1.19	2.19	5.85	1.56	77	2.22	5.97	9.22	14.04	18.02	22.29	26.83	33.15	38.19

3.7.4.11 Análisis de Eventos de Tormentas (Modelo Hec-Hms)

Para el análisis de eventos de tormentas se aplicó el programa de HEC-HMS, es un modelo hidrológico desarrollado por el Centro de Ingeniería Hidrológica (HEC), del Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos, que simula el proceso de precipitación-escorrentía sobre la superficie de la cuenca; representando la cuenca como un sistema interconectado de componentes hidrológicos e hidráulicos. Para este modelamiento se

empleó precipitaciones máximas con una mejor distribución espacial a en la zona de estudio como se presenta en la **Figura N° 32**, **Figura N° 33** y en el Mapa **N° 09**.

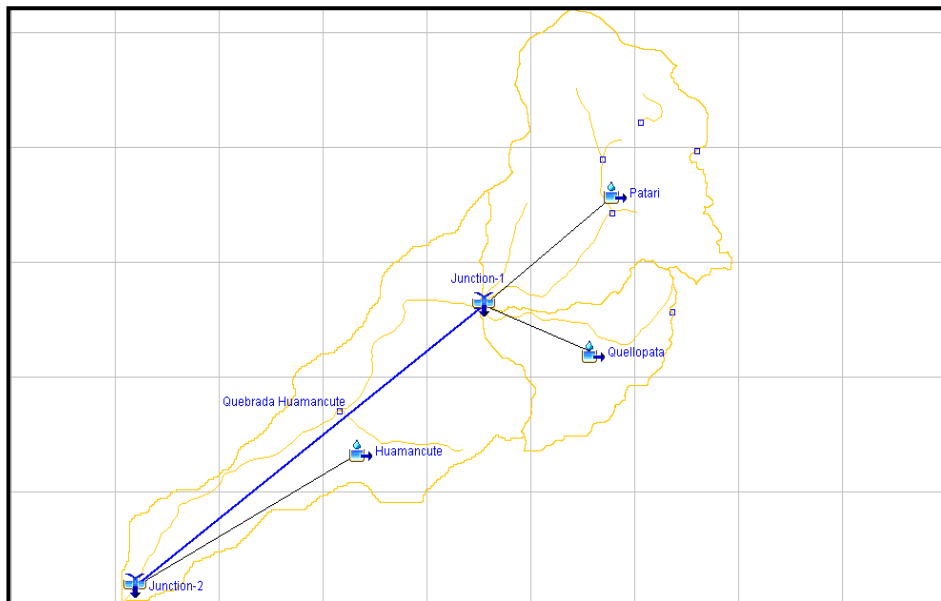


Figura N° 32: Esquema de modelo de cuenca

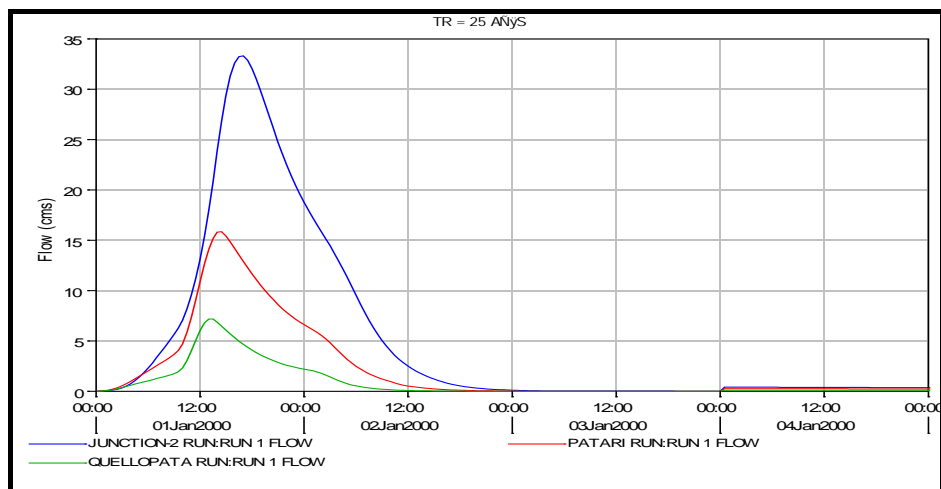


Figura N° 33: Caudales Obtenidos

A continuación se muestra en el **Cuadro N° 15** el resumen de los hidrogramas de salida para los diferentes periodos de retorno con el programa HEC-HMS.

Cuadro N° 15: Análisis de Tormentas para periodos de retorno

A	MICROCUEENCA EN ESTUDIO						
	TR	25 años	50 años	100 años	200 años	500 años	1000 años
UNIDADES		m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s
Patari		15.8	17.8	19.7	21.9	24.6	26.7
Quellopata		7.2	8.0	8.9	9.8	11.0	12.0
Huamancute(Juntion-2)		33.3	37.7	41.9	46.6	52.8	57.4

3.8 Hidrogeoquímica

3.8.1 Para Agua Subterránea

Se ha recopilado muestras de agua superficial en 21 puntos de monitoreo para la primera etapa de campo realizada en marzo del 2011 (época de lluvia), para la segunda etapa se recopiló 24 muestras en junio del 2011 (época seca) y tercera etapa en febrero del 2012 con 21 muestras recolectadas véase el Mapa N° 11 con el fin de conocer: la calidad del agua en cada punto de investigación, su evolución y variación en el tiempo.

Para aguas subterráneas se recolecto 2 muestras en agosto del 2011 (época seca) de 2 piezómetros de observación y 3 muestras en noviembre del 2011 (época de lluvia) de pozos de prueba.

De los resultados obtenidos, el valor de conductividad eléctrica más elevado lo encontramos en la parte baja de la presa de relaves con 1592 μ s/cm, mientras que en el segundo punto de muestreo correspondiente al

embalse de agua, se registra 395 $\mu\text{s}/\text{cm}$. En comparación con los estándares de calidad de agua, en la **Figura N° 34** se observa que ambos resultados se encuentran por debajo del nivel permitido.

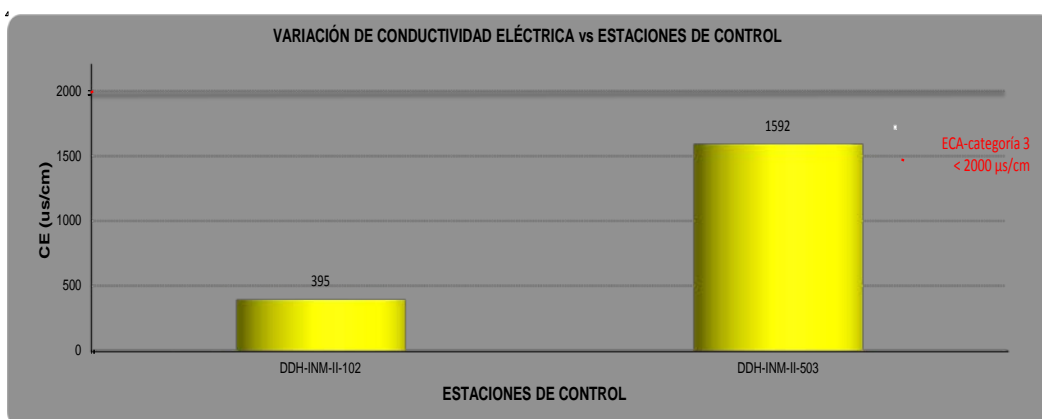


Figura N° 34: Variación de la CE del agua subterránea

Las muestras obtenidas de los puntos de control en el mes de noviembre indican que todos los resultados se encuentran por debajo del nivel permitido.

De las muestras analizadas en campo para este parámetro químico, se ha obtenido el valor más elevado en la parte baja de la presa de relaves con un valor de pH de 8.69 mientras que en la presa de agua se obtuvo un valor de pH de 8.44, correspondiente a las muestras del mes de agosto. Las muestras obtenidas en el mes de noviembre se encuentran dentro de los límites permisibles según los estándares de calidad Ambiental ECA 3 donde el valor máximo es de 8.34 unidad de pH y el valor mínimo es de 7.33 unidades de pH. En la **Figura N° 35** se observan las muestras del mes de agosto, son de tipo básico y superan el nivel permitido por los

estándares de calidad de agua (8.4). En la **Figura N° 36** se observa que los 3 puntos de monitoreo correspondientes al mes de noviembre se encuentran dentro de los rangos permitidos.

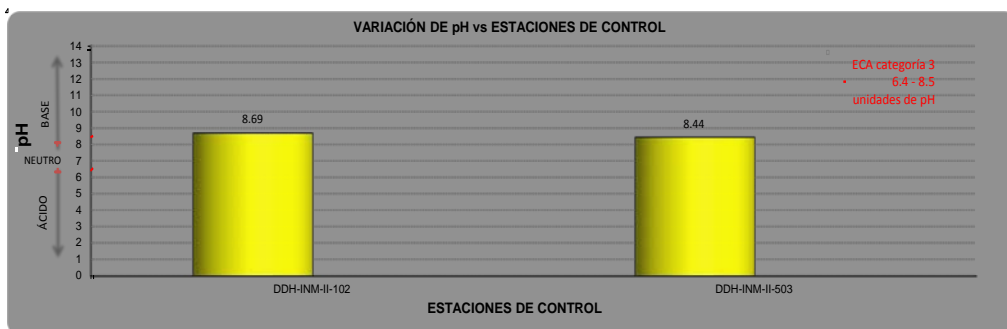


Figura N° 35: Variación de pH del agua subterránea

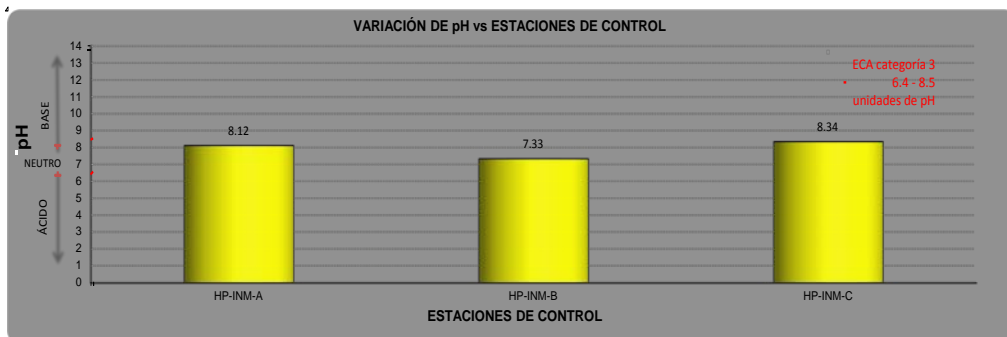


Figura N° 36: Variación de pH del agua subterránea

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. El conocimiento de los procesos que ocurren en los ambientes acuáticos es fundamental para caracterizar y planear el manejo del recurso y en

particular, para planear su aprovechamiento o su remediación.

En el presente estudio se hace un análisis detallado de los resultados de la hidroquímica haciendo uso de los diferentes programas especializados como: RockWorks/14 v.2009.2.5 y AquaChem v.3.7, en este capítulo se hace una descripción de los resultados de los diagramas de Piper y Stiff procesados.

3.8.1.1 Diagrama de Piper

La gráfica trilinear de Piper da información caracterizando las aguas por los % mili equivalentes de los iones mayoritarios (Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Cl^- , HCO_3^- y SO_4^{2-}). En el triángulo de la izquierda aumentan los % meq en el sentido de las agujas del reloj, en el triángulo de la derecha en sentido contrario. El diagrama fue elaborado en Rockworks v2009 y permite ver similitudes y diferencias. Se puede delimitar las aguas según sus composiciones y así distinguir los diversos tipos de agua de diferentes unidades geológicas e hidrológicas.

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 – Cállicas y/o Magnésicas. **Figura**

N° 37.

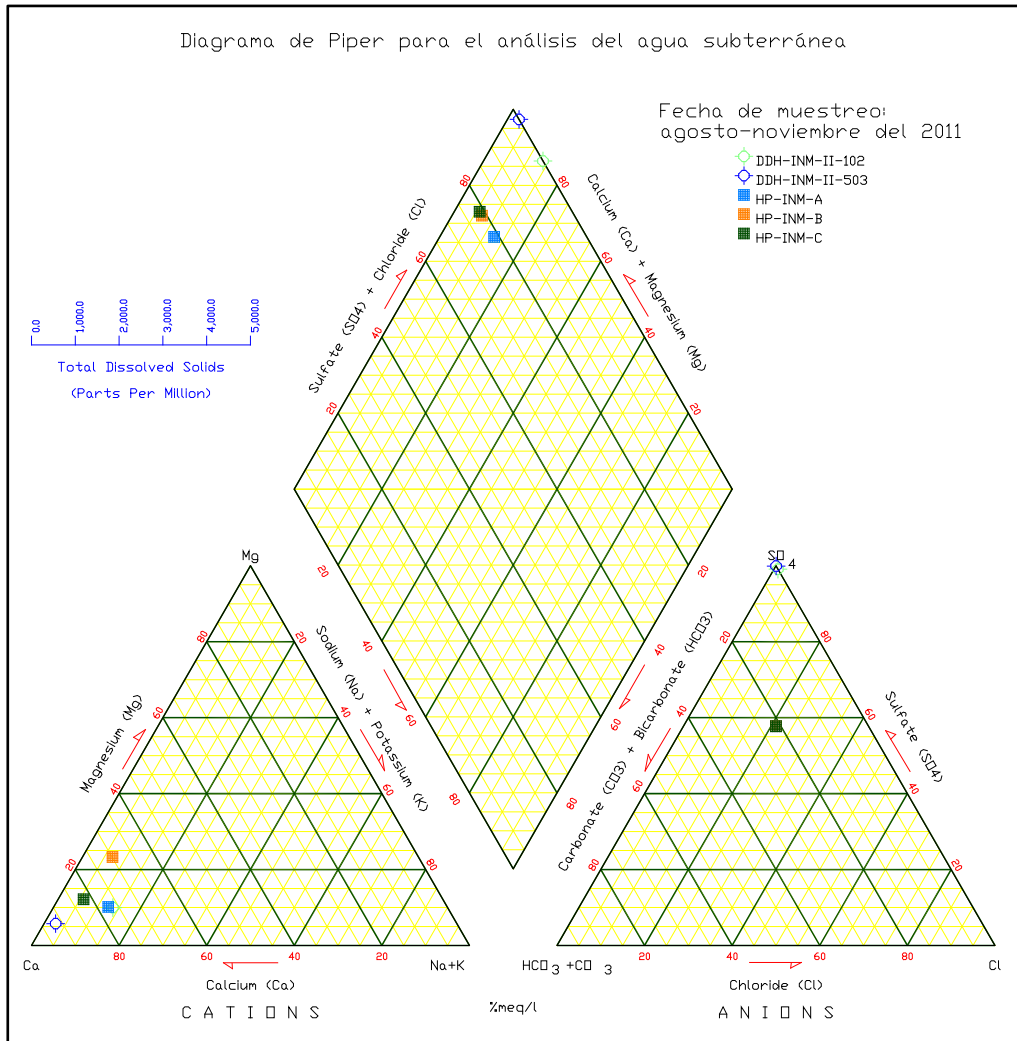


Figura N° 37: Diagrama de Piper

3.8.1.2 Diagrama de Stiff

Un segundo tipo de presentación gráfica de la química es el diseño Stiff, un polígono que muestra los miliequivalentes 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 del mapa.

En el Diagrama de Stiff de la **Figura N° 38**, 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 ($\text{SO}_4^{=}$) 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.

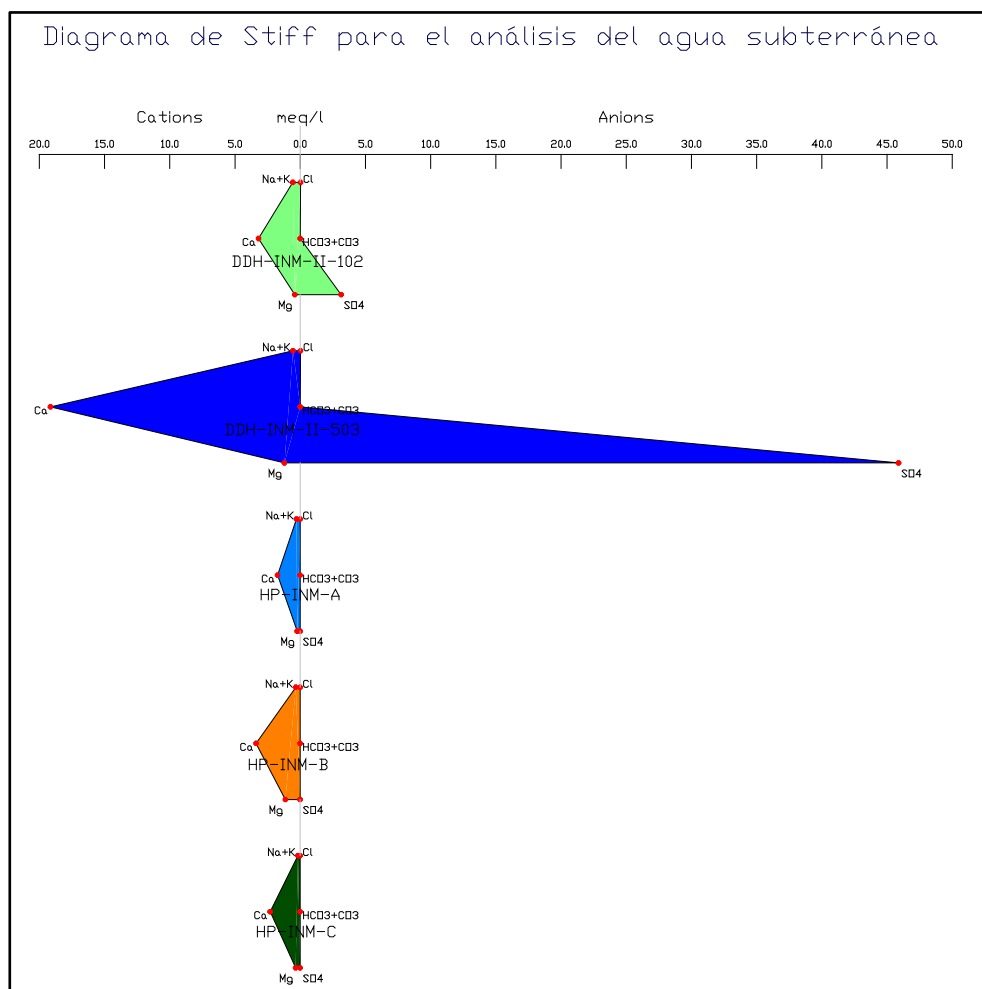


Figura N° 38: Diagrama de Stiff

3.8.2 Para Aguas Superficiales

Las estaciones de control químico de agua superficial (ríos, riachuelos manantiales y lagunas) dentro de todo el ámbito del proyecto Inmaculada y alrededores son en total 24, de donde se recolectó 21 muestras en marzo del 2011, 24 muestras en junio del 2011 y 21 de febrero del 2012.

De los valores obtenidos en campo correspondientes a este parámetro, se

tiene un valor máximo de 665 $\mu\text{s}/\text{cm}$ para el punto de muestreo ZA-8, ubicado en la quebrada s/n 3, obtenido en el mes de marzo y un valor mínimo de 12 $\mu\text{s}/\text{cm}$ correspondiente al punto de muestreo ZA-10 obtenido en el mes de junio, ubicado en la Quebrada de Concalla, la **Figura N° 39** muestra la variación de la conductividad eléctrica del muestreo realizado en marzo y junio del 2011.

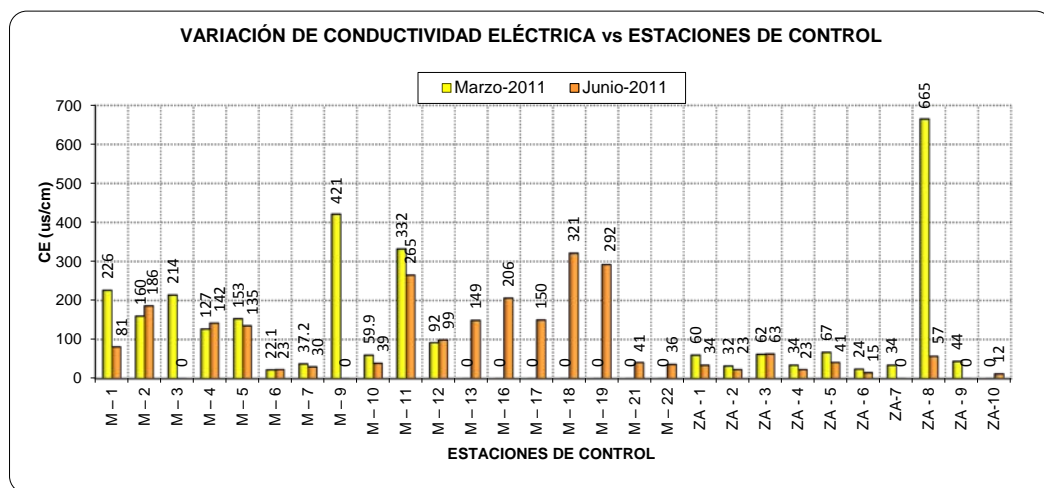


Figura N° 39: Variación CE de agua superficial

De las muestras analizadas en campo para este parámetro químico, se ha obtenido un valor máximo de 9.72 para el punto de muestreo ZA-5 correspondiente a la muestra tomada en la Laguna s/n 3 en el mes de junio, y un valor mínimo de 3.28 para el punto de muestreo m-18 correspondiente a la Quebrada Laguiña en el mes de junio, como se observa en la **Figura N° 40** y en las **Mapas N° 11**.

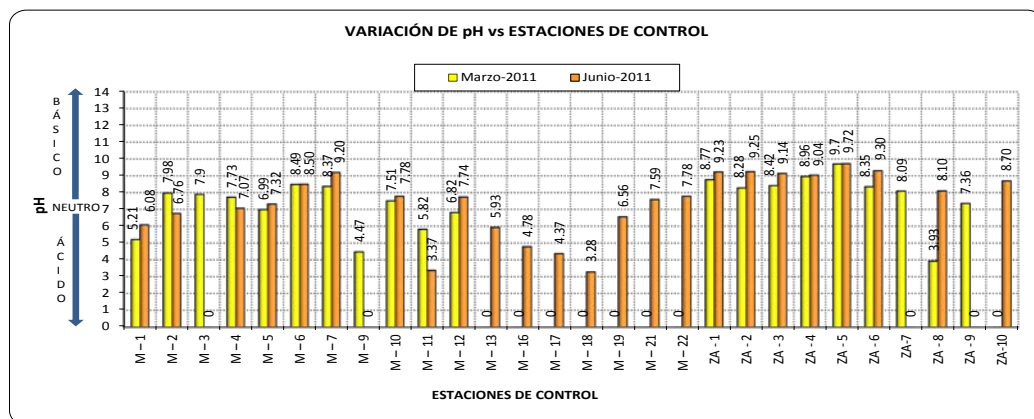


Figura N° 40: Variación de pH de agua superficial

3.8.2.1 Diagrama de Piper

La gráfica trilinear de Piper da información caracterizando las aguas por los % mili equivalentes de los iones mayoritarios (Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Cl^- , HCO_3^- y SO_4^{2-}). En el triángulo de la izquierda aumentan los % meq en el sentido de las agujas del reloj, en el triángulo de la derecha en sentido contrario. El diagrama fue elaborado en Rockworks v2009 y permite ver similitudes y diferencias. Se puede delimitar las aguas según sus composiciones y así distinguir los diversos tipos de agua de diferentes unidades geológicas e hidrológicas.

En la **Figura N° 41**, se muestra el diagrama de Piper para los puntos de monitoreo de agua superficial perteneciente al muestreo realizado en el mes de febrero de 2012. Se observa que todas las muestras de agua superficial, pertenecen a la familia Sulfatada y/o Clorada – Cálcidas y/o Magnésicas.

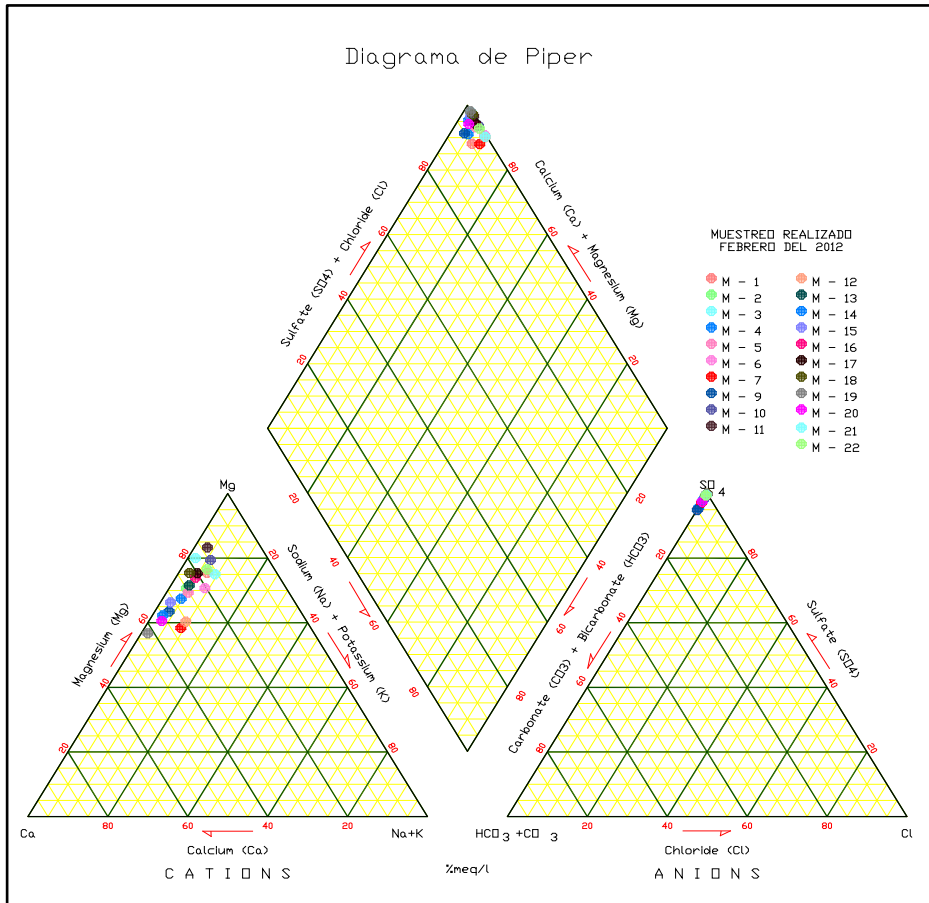


Figura N° 41: Diagrama de Piper – febrero del 2012

3.8.2.2 Diagrama de Stiff

Un segundo tipo de presentación gráfica de la química es el diseño Stiff, un polígono que muestra los miliequivalentes 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 del mapa. En la **Figura N° 42**, se muestra el diagrama de Stiff para las muestras tomadas en febrero del 2012. Se observa que el catión predominante en todas las muestras es el magnesio (Mg^{2+}), mientras que el anión predominante absolutamente es el sulfato (SO_4^{2-}).

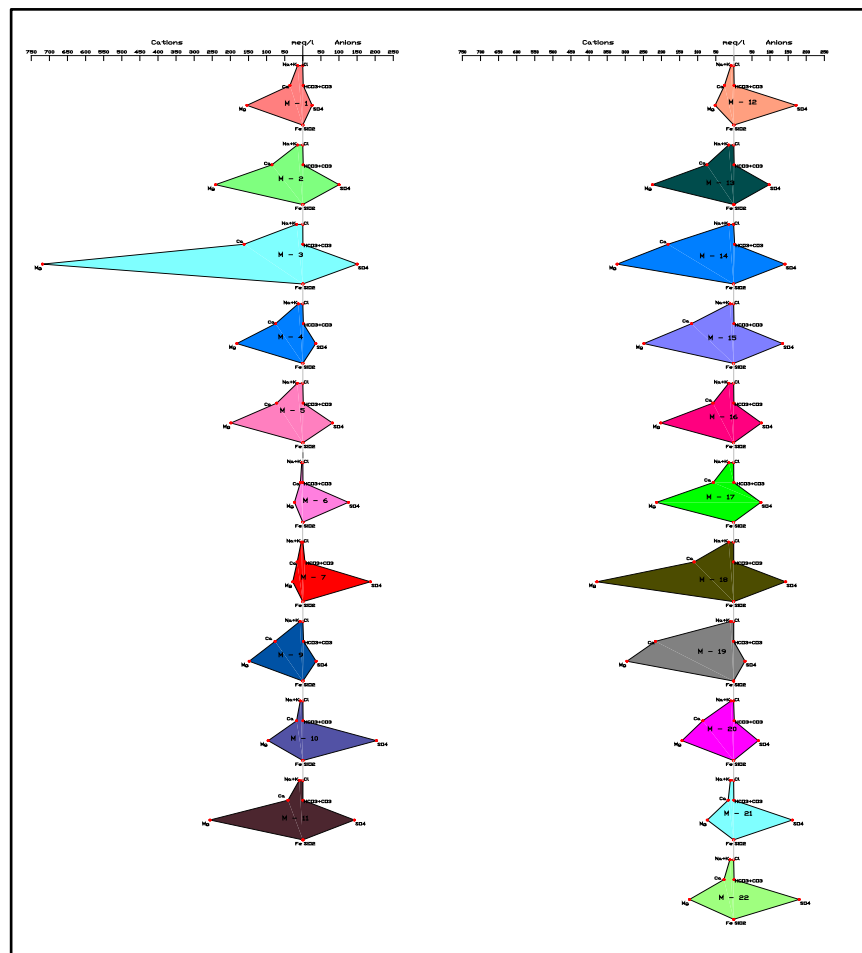


Figura N° 42: Diagramas de Stiff – febrero del 2012

3.9 Hidrogeología

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 del proyecto Inmaculada es en medio fisurado y detrítico, con dos sistema de recarga, el primero producido por la precipitaciones estacionales y el segundo por los 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.

Mediante la descripción del presente capítulo se definirá el Modelo Hidrogeológico Conceptual, el cual definirá el comportamiento del movimiento de flujo, la interrelación agua superficial – agua subterránea, composición química y volúmenes de aguas subterráneas que atraviesa al medio fisurado y detrítico.

Para definir las características hidrogeológicas y el acuífero, se elaboró secciones hidrogeológicas en base a la geología de la zona, geofísica de

superficie realizada por los métodos de SEVs e IP, perforaciones diamantinas tal como se muestran en las **Mapas N° 20, 21, 22 y 23**.

3.9.1 Geometría del Reservorio Acuífero

Existe un marcado control en reservorios acuíferos de este tipo, como son los macizos rocosos; un papel esencial juegan 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 y refracción sísmica), se ha definido la forma y límites del acuífero en la zona del proyecto.

Las secciones sísmicas 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 sí a la profundidad a la que se encuentra que

varía de 15 a 25 m.

3.9.2 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, cartas geológicas, ha sido posible determinar la litología del acuífero.

- **Riolita.-** Se les clasifica como riolitas blanco amarillenta, con textura fluidal, porfírica a afírica, los constituyentes mineralógicos son: cuarzo 5-0% plagioclasas 5%, hornblenda 5-0%, biotita 5-0% y otros 5%. Los fenos alcanzan tamaños hasta de 2 mm. englobados por una pasta 85-90% de pequeños cristales irregulares de sílice-feldespatos con fuerte tinción, los máficos están alterados, la pasta presenta bandas sílico-feldespáticas con feldespatos potásico-silíceos.
- **Lava Andesítica.-** se presenta de color verde pálido de textura porfírica; los componentes mineralógicos son: Plagioclasa 15%, hornblenda 30%, biotita 10%, otros 5%. El tamaño de los fenos alcanza 4 mm. en las plagioclasas, 1 mm. en la hornblenda, 1.2 mm. en la biotita, englobados por una pasta, 40%, de pequeños e irregulares cristales de plagioclasas-sílice. Las plagioclasas se encuentran sericitizadas por las líneas de macla, la hornblenda está cloritizada y la biotita tiene fuerte cloritización y actinolitización.

- **Debris Flow - Brechas Andesíticas.-** Son brechas que consisten de fragmentos de andesitas porfíricas sericitizadas y argilizadas; la matriz es de color gris verdoso y violáceo, de textura porfírica con clastos andesíticos ligeramente argilizados, esporádico vetilleo de calcita. El contacto con la zona de sílice la silicificación varía desde moderada a débil.
- **Depósitos Morrenicos (Qpl-mo) y Glaciofluviales (Qpl-glf).-** Estos depósitos se encuentran sobre los 4000 m.s.n.m. como se observa en el mapa geológico constituyendo llanuras a lomadas, ambos depósitos tienen origen glaciario 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 deglaciación 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 también para el glaciofluvial.

3.9.3 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.

Se ha definido como acuífero a la zona fracturada que tiene espesores variables de acuerdo a las secciones hidrogeológicas elaboradas (ver **Mapas N° 20, 21, 22 y 23**), la zona fracturada está conformada por roca andesita de la Formación Aniso. En el proyecto Inmaculada se ha identificado como medio tipo acuífugo a la roca andesita que se encuentra a diferentes profundidades de acuerdo a las secciones hidrogeológicas (ver **Mapas N° 20, 21, 22 y 23**) la roca compacta está conformada por la roca andesita de la Formación Aniso.

El estrato fracturado que se muestran en los **Mapas N° 20, 21, 22 y 23**, del proyecto Inmaculada se ha considerado como acuífero libre, ya que no se ha identificado ningún estrato confinante. Como referencia podemos mencionar que un mismo acuífero puede ser libre, confinado y semiconfinado según sectores, así como se muestra en la **Figura N° 43**.

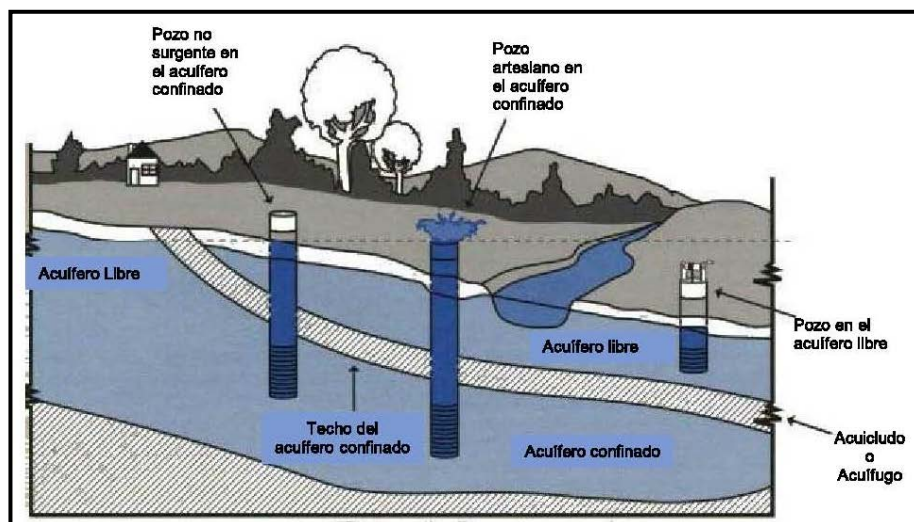


Figura N° 43: Clases de acuíferos

3.9.7 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 sólo fue determinado en época seca. En el **Cuadro N° 16** 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 (**Ver Mapas N° 20, 21, 22, 23 y 26**).

3.9.8 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 y flujo subterráneo (**Ver Mapa N° 26**) que se ha basado en las medidas de la profundidad del nivel del agua en reposo de piezómetros y pozos efectuados en el mes Julio del 2011 y a las cotas topográficas de los piezómetros medidos y a las secciones hidrogeológicas elaboradas.

Cuadro N° 16: Medidas de la profundidad del nivel de agua

COD.	UBICACIÓN	COORDENADAS (PSAD-56)			NIVELES DE AGUA						OBSERVACIONES
		ESTE (m)	NORTE (m)	COTA (m.s.n.m)	NIVEL ESTÁTICO						
					Fecha de medición	PROF. (m) (*)	Fecha de medición	PROF. (m) (*)	Fecha de medición	PROF. (m) (**)	
HP-INM-A	Veta Ángela	688,691	8,346,240	4580	-	-	26/09/2011	16.24	18/02/2012	12.85	Pozo de Producción
HP-INM-B	Veta Ángela	689,169	8,346,893	4697	-	-	26/09/2011	99.9	18/02/2012	78.75	Pozo de Producción
HP-INM-C	Veta Ángela	689,970	8,347,382	4699	28/08/2011	7.7	29/09/2011	18.69	19/02/2012	1.75	Pozo de Producción
HG-INM-A	Veta Ángela	688,697	8,346,234	4579	22/10/2011	14.970	-	-	18/02/2012	13.32	Piezómetro de observación
HG-INM-B	Veta Ángela	689,161	8,346,911	4695	26/09/2011	94.500	-	-	18/02/2012	75.17	Piezómetro de observación
HG-INM-C	Veta Ángela	689,961	8,347,390	4700	29/10/2011	15.080	-	-	19/02/2012	2.27	Piezómetro de observación
HG-INM-D	Depósito de desmonte	688,000	8,347,467	4369	19/10/2011	9.470	-	-	18/02/2012	-	Piezómetro de observación
HG-INM-E	Depósito de desmonte	688,156	8,347,299	4425	26/09/2011	27.600	-	-	18/02/2012	29.68	Piezómetro de observación
HG-INM-F	Presa de relaves	690,129	8,348,554	4508	02/11/2011	0.280	-	-	20/02/2012	-	Piezómetro de observación
HG-INM-G	Presa de relaves	689,528	8,348,308	4499	21/10/2011	11.740	-	-	19/02/2012	-	Piezómetro de observación
HG-INM-I	Presa de relaves	689,352	8,348,559	4462	14/11/2011	0.000	-	-	19/02/2012	-	Piezómetro de observación
AUS_INM_1	Veta Ángela	690,035	8,347,275	4692	12/11/2011	27.52	-	-	19/02/2012	-	Piezómetro geotécnico eléctrico
AUS_INM_2	Veta Ángela	689,600	8,347,149	4695	12/11/2011	65.64	-	-	20/02/2012	-	Piezómetro geotécnico eléctrico
AUS_INM_3	Veta Ángela	689,414	8,346,744	4657	15/11/2011	78.33	-	-	21/02/2012	-	Piezómetro geotécnico eléctrico
AUS_INM_4	Veta Ángela	689,139	8,346,782	4688	12/11/2011	52.22	-	-	22/02/2012	-	Piezómetro geotécnico eléctrico
AUS_INM_5	Veta Ángela	688,954	8,346,487	4658	15/11/2011	83.35	-	-	23/02/2012	-	Piezómetro geotécnico eléctrico
AUS_INM_6	Veta Ángela	688,652	8,346,299	4584	04/11/2011	77.72	-	-	24/02/2012	-	Piezómetro geotécnico eléctrico
DDH-INM-II-106	Depósito de desmonte	689,217	8,348,695	4501	-	-	-	-	20/02/2012	27.89	Piezómetro de observación
DDH-INM-II-105	Depósito de relaves	689,545	8,348,528	4510	-	-	-	-	20/02/2012	63.53	Piezómetro de observación
DDH-INM-II-102	Depósito de relaves	689,542	8,348,465	4477	28/08/2011	6.58	-	-	20/02/2012	4.89	Piezómetro instalado con PVC
DDH-INM-II-103	Presa de relaves	689,520	8,348,645	4503	-	-	-	-	20/02/2012	15.69	Piezómetro instalado con PVC
DDH-INM-II-201	Depósito de desmonte	688,124	8,347,493	4385	-	-	-	-	20/02/2012	1.5	Piezómetro instalado con PVC
DDH-INM-II-202	Depósito de desmonte	688,019	8,347,407	4401	-	-	-	-	18/02/2012	15.7	Piezómetro instalado con PVC
DDH-INM-II-203	Depósito de desmonte	688,131	8,347,397	4416	-	-	-	-	20/02/2012	16.71	Piezómetro instalado con PVC
DDH-INM-II-503	Embalse de agua	688,563	8,348,082	4350	-	-	-	-	-	-	Piezómetro surgente sellado con concreto
NN 4 (***)	Depósito de relaves	689,222	8,348,395	4499	-	-	-	-	19/02/2012	0	Piezómetro instalado con PVC
NN 3 (***)	Depósito de relaves	689,201	8,348,507	4473	-	-	-	-	19/02/2012	2.8	Piezómetro instalado con PVC
NN 2 (***)	Depósito de relaves	689,026	8,348,581	4459	-	-	-	-	20/02/2012	0.46	Piezómetro instalado con PVC

(*) Información proporcionada por AUSENCO PERU S.A.C

(**) Información propia

(***) código propio

3.9.9 Profundidad del Techo de la Napa

La profundidad del nivel estático en el área de estudio mayormente fluctúa entre 5.30 m en el piezómetro 104 y 55.05 m en el piezómetro HG-INM-E, ubicados en la zona del botadero y en la presa de relaves en el **Cuadro N° 16** 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 Julio del 2011. Las isoprofundidades de la napa freática se muestran en la **Figura N° 44**.

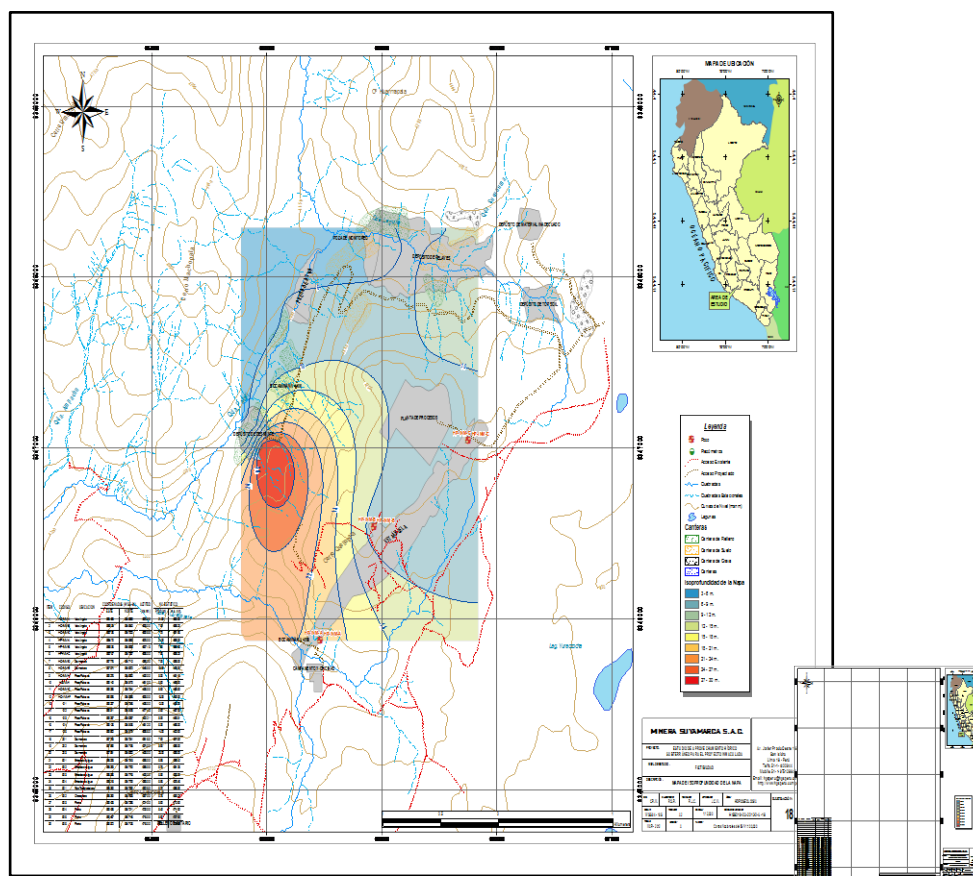


Figura N° 44: Isoprofundidades de la napa freática

3.9.10 Zonas de Recarga y Descarga

El relieve topográfico juega un papel importante en la recarga del acuífero, las áreas de las microcuencas Quellopata, Patari y Pascana 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, otro proceso de recarga es 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 en general fluctúa, el acuífero 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 Patari 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 **Mapa N° 16**.

3.9.11 Dirección del Flujo Subterráneo

El Mapa N° 26 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 esta microcuenca es el botadero de desmonte cuya dirección de flujo es de sureste a noroeste, todas estas direcciones de flujo confluyen hacia el río Patarí.

La dirección de flujo en la zona de la veta Ángela de noreste a suroeste, hacia el río Patarí.

Estas direcciones de flujo se han determinado antes de la construcción de los componentes mineros mencionados anteriormente, estas direcciones de flujo pueden cambiar y variar después de la construcción de estos componentes. Las hidroisohipsas y flujo subterráneo se muestran en la **Figura N° 45**.

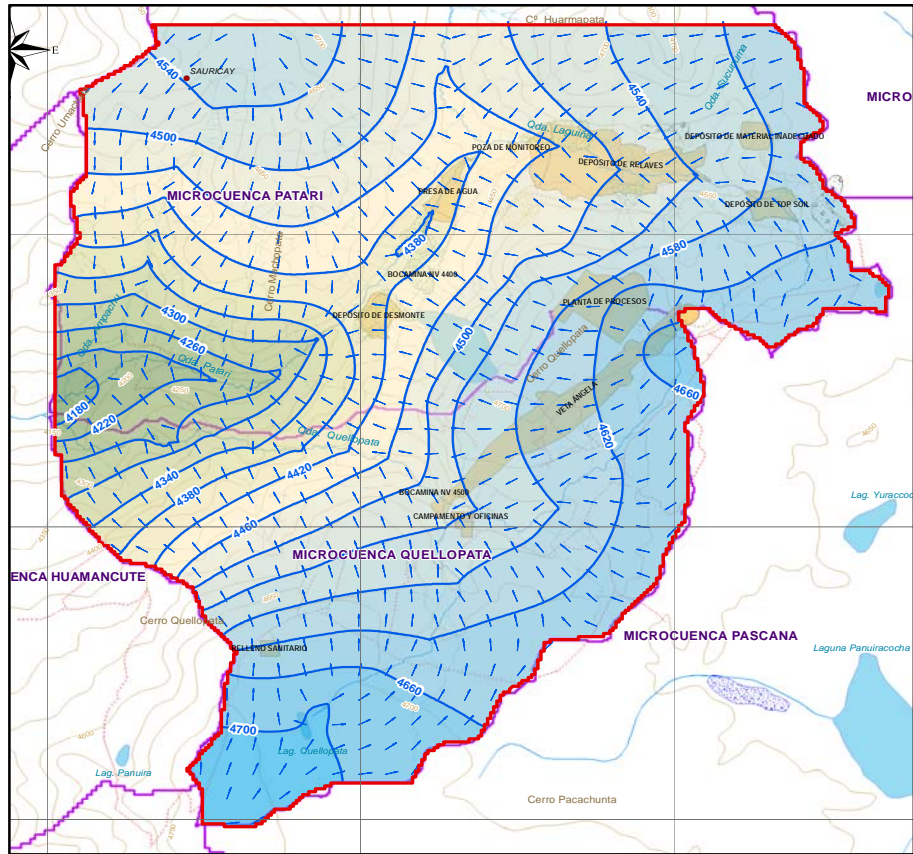


Figura N° 45: Hidroisohipsas y flujo subterráneo

IV.RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Modelacion Hidrológica

4.1.1 El Modelo WEAP

El proceso de modelamiento hidrológico del proyecto Inmaculada se ha realizado, usando el programa de computo WEAP (Water Evaluation and Planning System).

Basado en el principio de contabilidad del balance de agua, WEAP es aplicable a sistemas de agua potable y sistemas agrícolas, cuencas individuales, o sistemas complejos. WEAP tiene capacidad para tratar un amplio rango de temas, incluyendo análisis de demanda sectorial, conservación de agua, derechos de agua y a locación de prioridades, precipitación-escorrentía y flujos mínimos. A continuación se muestra en la **Figura N° 46** el esquema del modelo hidrológico WEAP y sus parámetros.

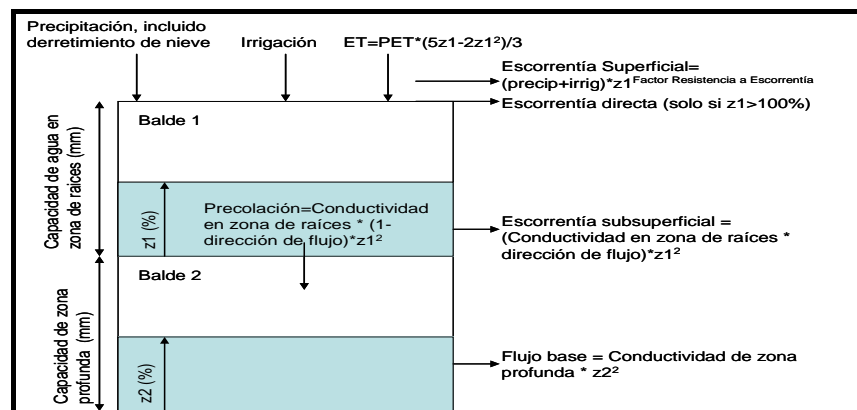


Figura N° 46: Esquema del modelo hidrológico WEAP

4.1.2 Caracterización de las Microcuencas

En esta etapa se procesaron los datos del modelo de elevación digital (DEM) para obtener bandas de elevación y las capas de cobertura vegetal que representa los tipos de cobertura más representativos de la microcuenca las cuales fueron identificadas como Matorral arbustivo abierto y Pradera en zona de clima frío. A continuación se muestra en la **Figura N° 47** el DEM y en la **Figura N° 48** la Cobertura Vegetal de las microcuencas en estudio.

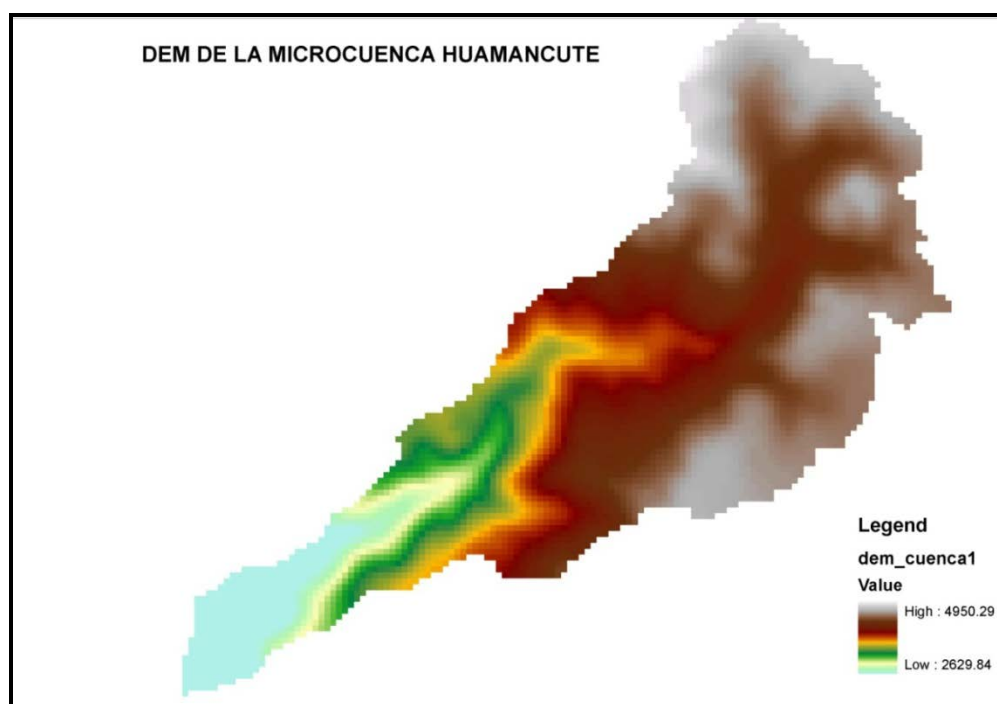


Figura N° 47: Representación del modelo de elevación digital

4.1.3 Datos de Clima

El procesamiento de datos climáticos se inició con el procesamiento de datos de las estaciones de medición de precipitación, temperatura, viento y humedad relativa. Los datos de precipitación y temperatura deben ser lo suficientemente detallados como para tener series de tiempo en el centroide de cada catchment (bandas de elevación) como se muestra en la **Figura N° 48**. Los datos de humedad relativa y viento pueden ser generalizados siendo una serie de tiempo anual suficiente para representar toda la cuenca. Los datos de precipitación se obtuvieron con base en series de tiempo mensuales de estaciones pluviométricas y de la ecuación altitud-precipitación.

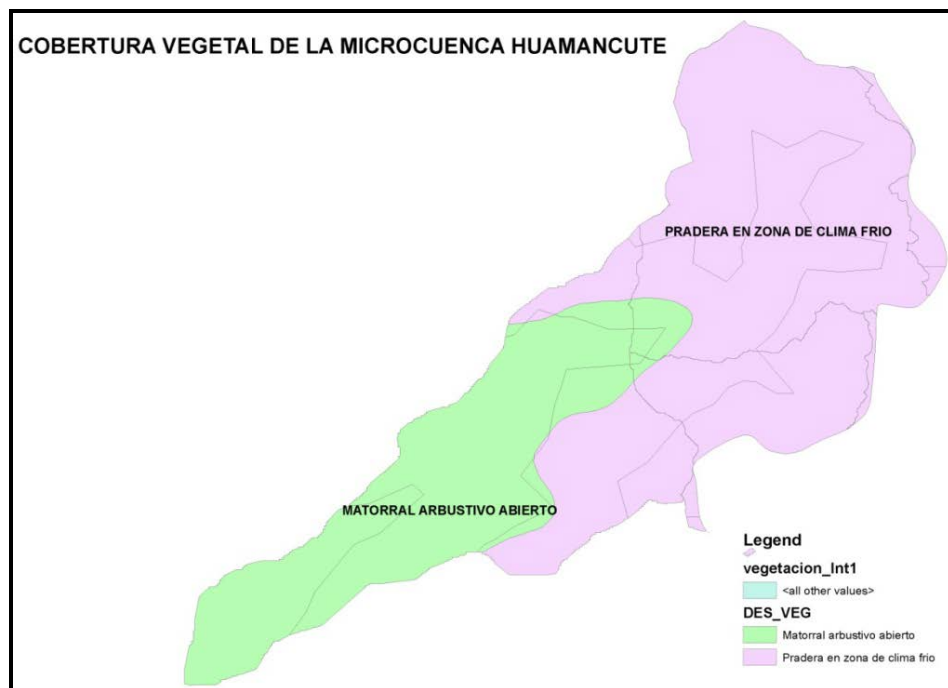


Figura N° 48: Representación de la cobertura vegetal

La temperatura fue generada para las bandas empleando una ecuación lineal de interpolación utilizando un gradiente de $-0.4\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ a partir de los datos de la estación Coracora.

4.1.4 Calibración del Modelo

La calibración del modelo se realizó manualmente con el objetivo de que los caudales simulados por el modelo WEAP siguieran el comportamiento de los caudales generados para la microcuenca Huamancute con la estación hidrométrica Ocoña indicadas en el ítem 7.9 y con los aforos realizados en campo en ambos periodos seco y húmedo, como se muestra en la **Figura N° 49**. Siendo el periodo de calibración los años 1976-2010. Además se presenta la performance de la calibración del modelo, donde se puede observar que se tiene una buena correlación entre el caudal simulado y generado ($R^2=0.93$) en la microcuenca Huamancute, lo cual podemos concluir que el modelo hidrológico reproduce bien los caudales en las microcuencas en estudio como se muestra en la **Figura N° 50**.

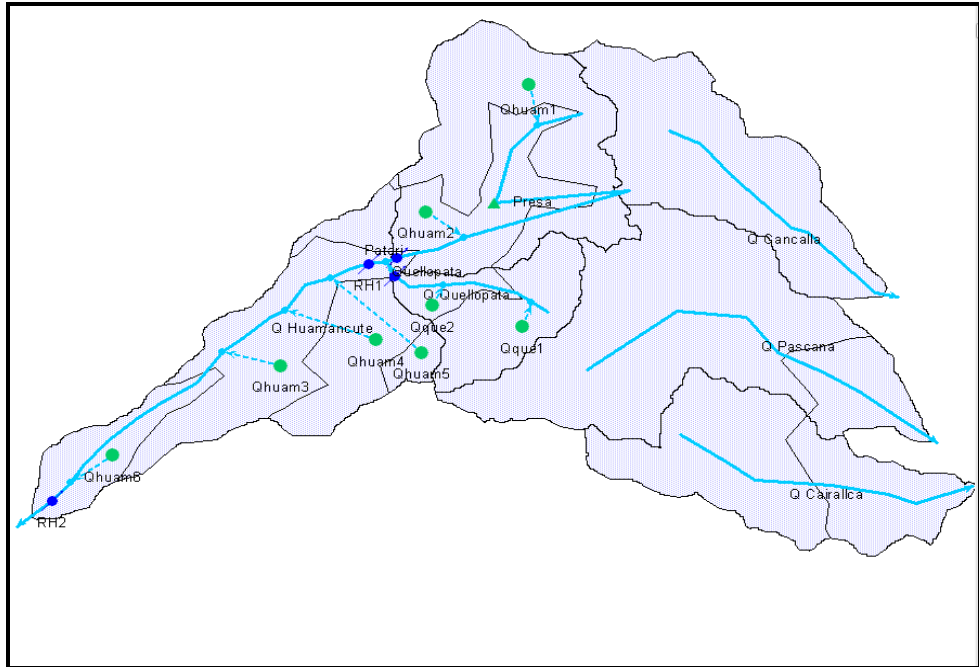


Figura N° 49: Representación topológica de las microcuencas

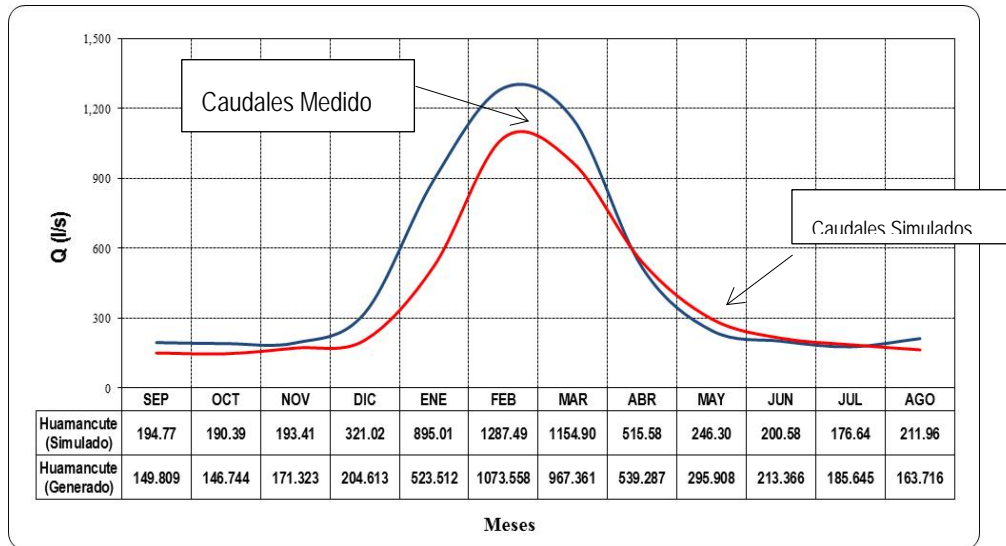


Figura N° 50: Calibración del modelo hidrológico de la microcuenca

Huamancute

MES	Q. Generado-medido	Q. Simulado
SEP	149.8	194.77
OCT	146.7	190.39
NOV	171.3	193.41
DIC	204.6	321.02
ENE	523.5	895.01
FEB	1073.6	1287.49
MAR	967.4	1154.90
ABR	539.3	515.58
MAY	295.9	246.30
JUN	213.4	200.58
JUL	185.6	176.64
AGO	163.7	211.96

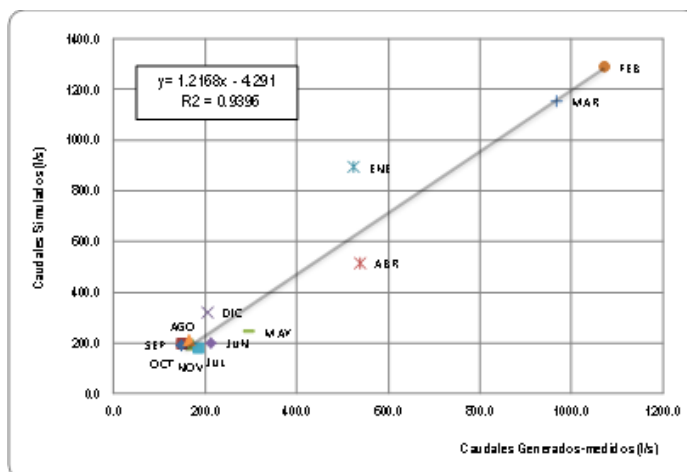


Figura N° 51: Comparación de los caudales

De igual forma se realizó la relación caudal – área que es una metodología usada para determinar la confiabilidad de los datos de los caudales para determinar la relación de tendencia que mejor se ajuste.

Realizado este análisis se determinó una línea de tendencia, siendo una ecuación lineal la que se ajusta mejor ($R^2=0.98$), lo cual indica que existe una buena correlación y buena confiabilidad de sus datos, como se muestra en la **Figura N° 51 y 52**.

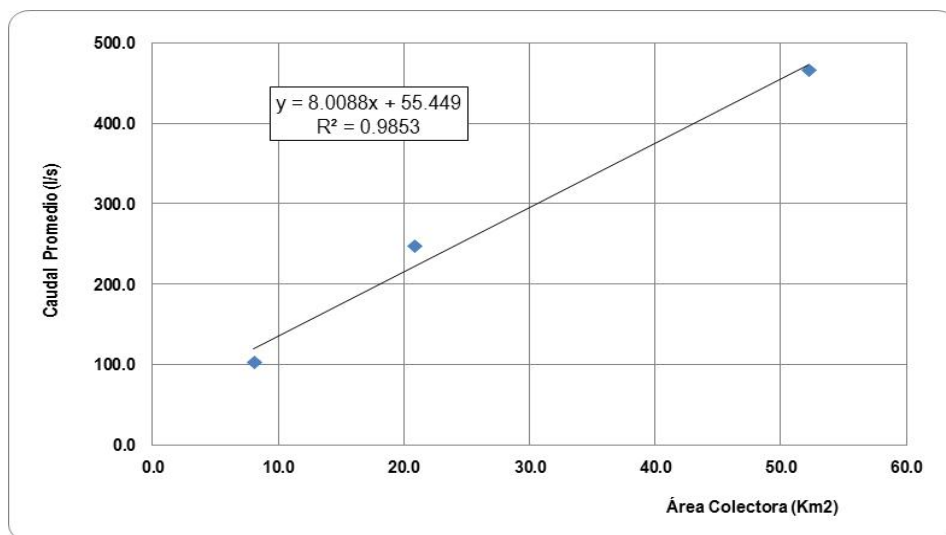


Figura N° 52: Comparación de caudal promedio simulado (l/s) y área colectora (km2)

4.1.5 Análisis de Escenarios

4.1.5.1 Situación Actual

El caudal superficial está representado por numerosos cauces de escorrentía natural, ubicados en forma dispersa dentro de las microcuencas. El modelamiento hidrológico en las quebradas Patari, Quellopata y Huamancute ha sido por la necesidad de contar con información hidrológica en puntos específicos de la zona de estudio ya que en la realidad en dichos puntos no existe información medida de caudales.

Se ha utilizado el modelo hidrológico WEAP para generar caudales medios mensuales en los puntos interés de cada microcuenca en estudio, como se muestra en la **Figura N° 53** los resultados de la simulación hidrológica.

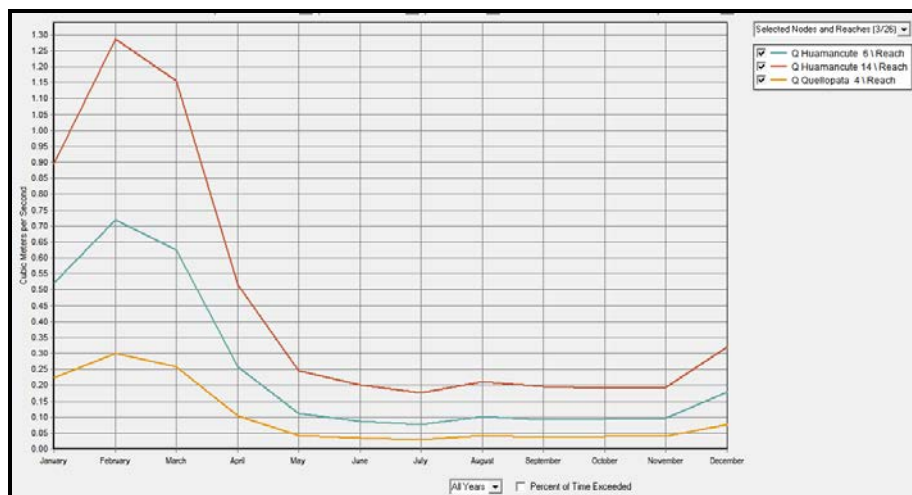


Figura N° 53: Resultado de las Salidas de WEAP

De los resultados obtenidos la disponibilidad hídrica mostrada en el **Cuadro N° 17** y **Figura N° 54** corresponde al área de drenaje de la quebrada Patari, el cual está ubicado aguas arriba en la margen derecha de la quebrada Huamancute. Observándose un caudal máximo promedio en el mes de febrero con 718.40 l/s y un caudal mínimo promedio en el mes de julio con 77.60 l/s.

Cuadro N° 17: Caudales (l/s) – microcuenca Patari.

MES	MEDIO	MÍNIMO	MÁXIMO	PROMEDIO	DESV. ESTAND.	COEF. VARIAC
SEP	92.98	29.01	246.83	122.94	111.96	91.07
OCT	93.40	30.45	220.64	114.83	96.89	84.38
NOV	96.13	26.83	183.49	102.15	78.50	76.85
DIC	178.08	23.97	516.00	239.35	251.67	105.15
ENE	520.22	30.11	1276.39	608.91	627.86	103.11
FEB	718.40	37.55	1405.90	720.62	684.18	94.94
MAR	625.92	31.19	1335.61	664.24	653.06	98.32
ABR	259.06	48.07	638.93	315.35	299.42	94.95
MAY	110.46	21.29	206.93	112.89	92.84	82.24
JUN	87.02	28.73	149.46	88.40	60.38	68.30
JUL	77.60	25.22	154.92	85.91	65.25	75.95
AGO	102.89	41.61	490.92	211.80	243.65	115.04
PROMEDIO	246.85	31.17	568.84			
DESVIACIÓN ESTANDAR	235.32	7.69	491.25			
COEFICIENTE DE VARIACIÓN	0.95	0.25	0.86			

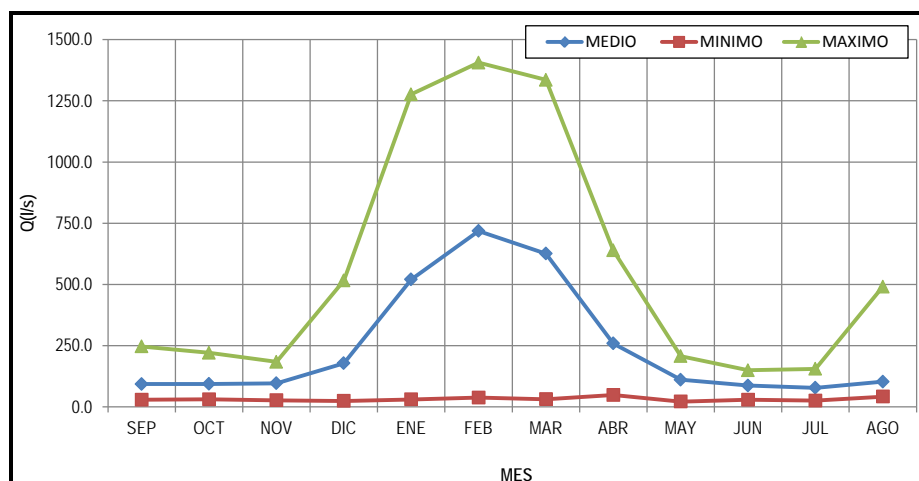


Figura N° 54: Caudales mensuales(l/s) – microcuenca Patari

La disponibilidad hídrica mostrada en el **Cuadro N° 18** y **Figura N° 55** corresponde al área de drenaje de la quebrada Quellopata, el cual está ubicado aguas arriba en la margen izquierda de la quebrada Huamancute. Observándose un caudal máximo promedio en el mes febrero con 299.68 l/s y un caudal mínimo promedio en el mes de julio con 30.38 l/s.

Cuadro N° 18: Caudales (l/s) – microcuenca Quellopata.

MES	MEDIO	MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	DESV. ESTAND.	COEF. VARIAC
SEP	37.83	12.12	104.20	51.39	47.51	92.46
OCT	38.76	12.09	94.76	48.53	42.19	86.93
NOV	40.18	10.70	79.93	43.61	34.74	79.67
DIC	77.27	9.68	222.92	103.29	108.98	105.51
ENE	223.25	12.85	535.50	257.20	262.98	102.25
FEB	299.68	16.40	564.29	293.46	274.00	93.37
MAR	256.94	13.53	541.99	270.82	264.51	97.67
ABR	103.87	21.76	263.50	129.71	122.93	94.77
MAY	42.83	8.55	85.47	45.62	38.53	84.47
JUN	33.64	12.26	60.22	35.37	24.03	67.93
JUL	30.38	10.59	63.63	34.87	26.80	76.87
AGO	42.03	16.05	212.41	90.16	106.66	118.30
PROMEDIO	102.22	13.05	235.74			
DESVIACIÓN ESTANDAR	98.74	3.59	199.44			
COEFICIENTE DE VARIACIÓN	0.97	0.28	0.85			

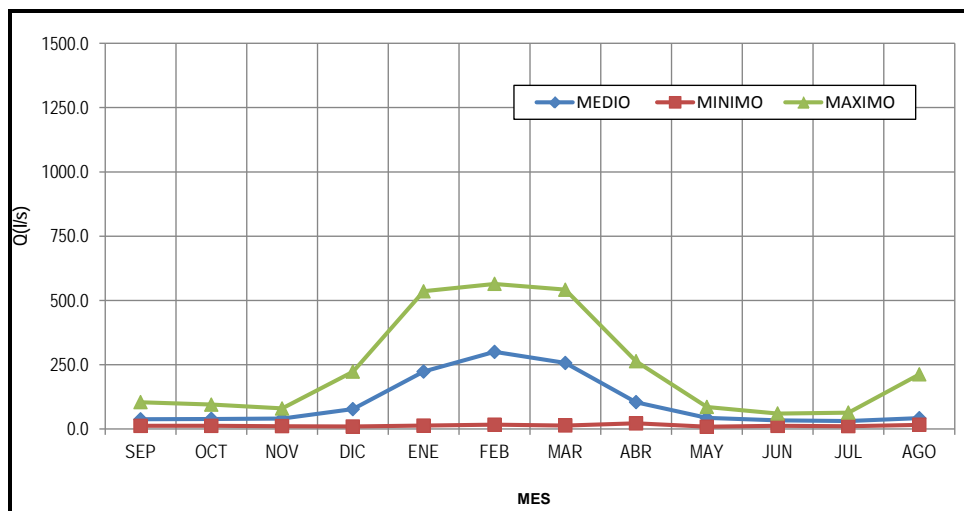


Figura N° 55: Caudales (l/s) – microcuena Quellopata

Finalmente la disponibilidad hídrica mostrada en el **Cuadro N° 19** y **Figura N° 56** corresponde al área de drenaje de la quebrada Huamancute. Observándose un caudal máximo promedio en el mes febrero con 1287.49 l/s y un caudal mínimo promedio en el mes de julio con 176.64 l/s.

Cuadro N° 19: Caudales (l/s) – microcuena Huamancute.

MES	MEDIO	MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	DESV. ESTANT	COEF. VARIAC
SEP	194.77	60.70	461.94	239.14	204.26	85.42
OCT	190.39	68.90	421.48	226.93	179.11	78.93
NOV	193.41	58.65	314.64	188.90	128.06	67.79
DIC	321.02	54.42	852.81	409.41	406.47	99.28
ENE	895.01	62.68	2326.88	1094.86	1145.25	104.60
FEB	1287.49	75.28	2912.72	1425.16	1423.72	99.90
MAR	1154.90	63.50	2774.63	1331.01	1364.12	102.49
ABR	515.58	89.85	1135.07	580.16	525.60	90.59
MAY	246.30	48.31	415.00	236.54	183.54	77.59
JUN	200.58	59.76	346.22	202.19	143.24	70.84
JUL	176.64	53.66	316.32	182.21	131.42	72.13
AGO	211.96	95.41	841.24	382.87	401.21	104.79
PROMEDIO	465.67	65.93	1093.25			
DESVIACIÓN ESTANDAR	409.85	14.35	993.62			
COEFICIENTE DE VARIACIÓN	0.88	0.22	0.91			

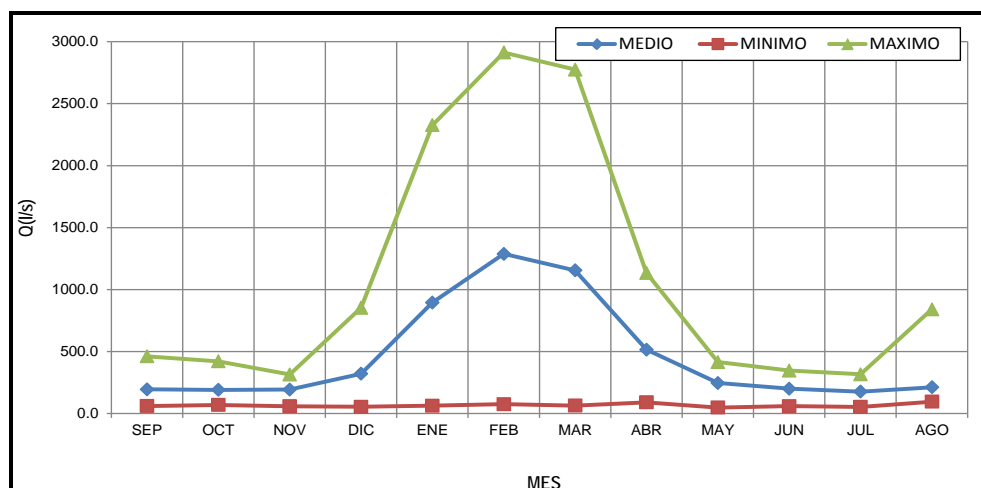


Figura N° 56: Caudales mensuales microcuencas Huamancute

4.1.5.2 Situación Actual y Demanda Hídrica

En vista que actualmente no hay un uso directo de las aguas en la zona de estudio; se ha planteado captar las aguas de la quebrada Patari con fines de uso minero principalmente para satisfacer los requerimientos de consumo de los diferentes procesos que realiza la planta de producción. Esta demanda se ha determinado en función a la producción de la planta por lo que se ha estimado un valor promedio de 40 l/s de agua fresca lo que asciende a un total de 1.26 MMC la misma que se muestran en el **Cuadro N° 20**.

Cuadro N° 20: Disponibilidad y demanda hídrica (l/s).

BALANCE	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO
Disponibilidad Hídrica (Q. Patari)	92.98	93.40	96.13	178.08	520.22	718.40	625.92	259.06	110.46	87.02	77.60	102.89
Demanda Hídrica (Planta Operación)	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00

En la **Figura N° 57**, se observa que no presenta déficit en ningún mes del año, debido a que la demanda hídrica de la planta es menor hasta en los meses más críticos del año.

4.1.5.3 Situación Actual e Inclusión de la Presa

De acuerdo al balance hídrico se observa que las necesidades hídricas de la planta de producción son satisfechas en todos los meses del año, por lo que no es necesaria la construcción de un embalse de regulación. Sin embargo para demandas futuras, se plantea una presa que se tiene proyectada en la zona de estudio, la cual está ubicada en la confluencia de las quebradas Patari y Laguiña con un volumen de almacenamiento de 0.592 MMC, como se muestra en el **Cuadro N° 21**.

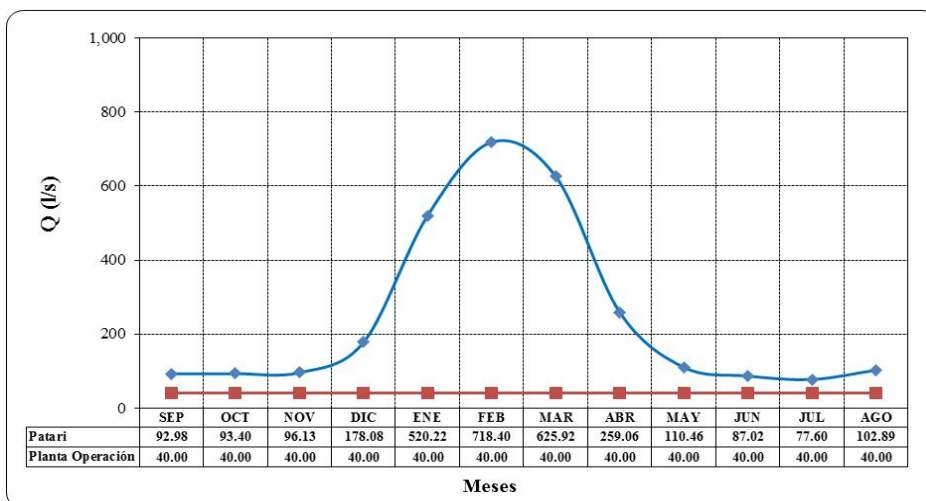


Figura N° 57: Balance hídrico de la planta de Operación

Cuadro N° 21: Características hidrológicas de la presa.

Altura (m)	Cota (msnm)	Área (m ²)	Volumen (m ³)	Volumen (MMC)
0	4390	0.00	0.00	0.000
2	4392	59087.31	118174.63	0.118
4	4394	59114.22	236456.88	0.236
6	4396	59141.13	354846.76	0.355
8	4398	59168.03	473344.27	0.473
10	4400	59194.94	591949.4	0.592

En La **Figura N° 58** se muestra una simulación hidrológica con inclusión de la presa la cual indica el comportamiento y operación de la presa en función de la demanda hídrica, observándose que su llenado es en el primer año y manteniéndose lleno en los demás años.

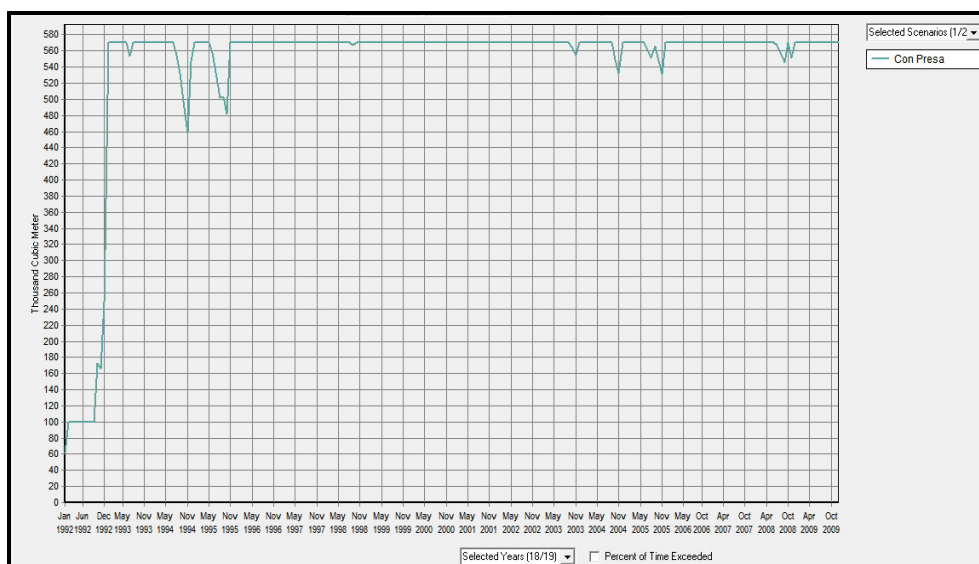


Figura N° 58: Comportamiento hidrológico de la presa-Modelo WEAP

4.1.5.4 Caudal Ecológico

En este estudio se define caudal ecológico como “el caudal mínimo que velará por la preservación de la naturaleza y el medio ambiente”. A continuación se muestra en los **Cuadros N° 22, 23, 24** y en las **Figuras N° 59, 60, 61**, los resultados de los diferentes métodos calculados de caudales ecológicos para las microcuencas Patari, Quellopata y Huamancute respectivamente.

Cuadro N° 22: Caudales ecológicos (l/s) – microcuenca Patari.

MES	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO
0.10 QMA	24.68	24.68	24.68	24.68	24.68	24.68	24.68	24.68	24.68	24.68	24.68	24.68
Tennant aceptable	9.30	9.34	28.84	53.42	156.07	215.52	187.78	77.72	11.05	8.70	7.76	10.29
Tennant bueno	18.60	18.68	38.45	71.23	208.09	287.36	250.37	103.62	22.09	17.40	15.52	20.58
Tennant excelente	27.89	28.02	48.07	89.04	260.11	359.20	312.96	129.53	33.14	26.11	23.28	30.87
Caudal medio base	77.60	77.60	77.60	77.60	77.60	77.60	77.60	77.60	77.60	77.60	77.60	77.60
Rafael Heras	12.35	12.35	12.35	12.35	12.35	12.35	12.35	12.35	12.35	12.35	12.35	12.35

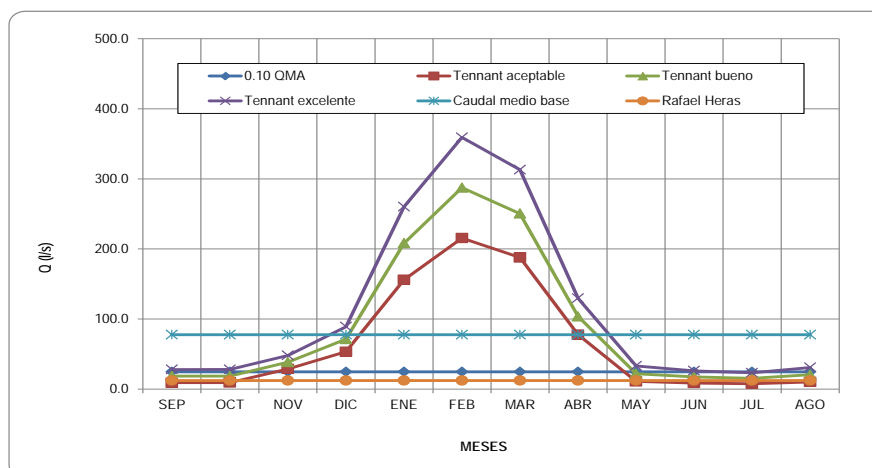


Figura N° 59: Caudales ecológicos (l/s) – microcuenca Patari

Cuadro N° 23: Caudales ecológicos (l/s) – microcuenca Quellopata

MES	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO
0.10 QMA	10.22	10.22	10.22	10.22	10.22	10.22	10.22	10.22	10.22	10.22	10.22	10.22
Tennant aceptable	3.78	3.88	12.05	23.18	66.97	89.90	77.08	31.16	4.28	3.36	3.04	4.20
Tennant bueno	7.57	7.75	16.07	30.91	89.30	119.87	102.78	41.55	8.57	6.73	6.08	8.41
Tennant excelente	11.35	11.63	20.09	38.64	111.62	149.84	128.47	51.94	12.85	10.09	9.11	12.61
Caudal medio base	30.38	30.38	30.38	30.38	30.38	30.38	30.38	30.38	30.38	30.38	30.38	30.38
Rafael Heras	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80

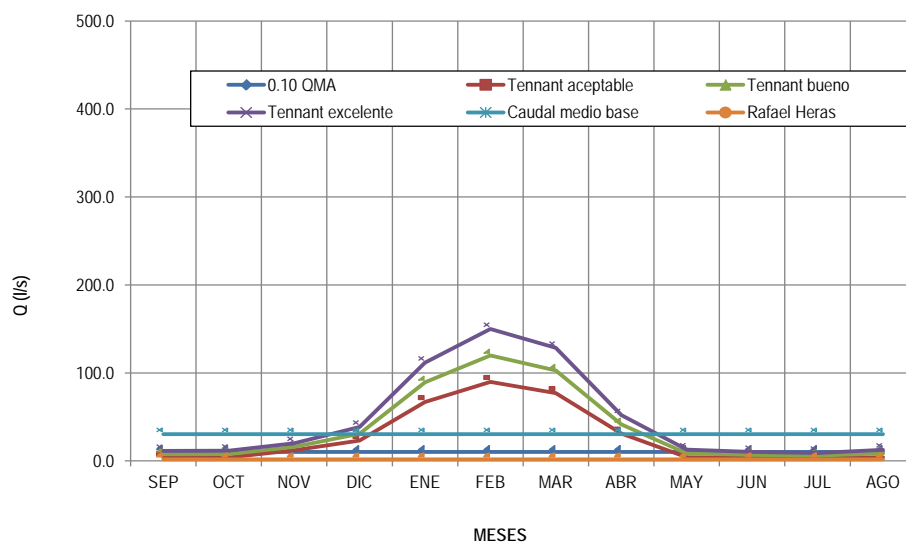


Figura N° 60: Caudales ecológicos (l/s) – microcuenca Quellopata

Cuadro N° 24: Caudales ecológicos (l/s) – microcuenca Huamancute

MES	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO
0.10 QMA	46.56	46.56	46.56	46.56	46.56	46.56	46.56	46.56	46.56	46.56	46.56	46.56
Tennant aceptable	19.48	19.04	58.02	96.31	268.50	386.25	346.47	154.67	24.63	20.06	17.66	21.20
Tennant bueno	19.48	19.04	77.36	128.41	268.50	386.25	346.47	154.67	24.63	20.06	17.66	21.20
Tennant excelente	58.43	57.12	96.70	160.51	447.50	643.75	577.45	257.79	73.89	60.17	52.99	63.59
Caudal medio base	176.64	176.64	176.64	176.64	176.64	176.64	176.64	176.64	176.64	176.64	176.64	176.64
Rafael Heras	15.84	15.84	15.84	15.84	15.84	15.84	15.84	15.84	15.84	15.84	15.84	15.84

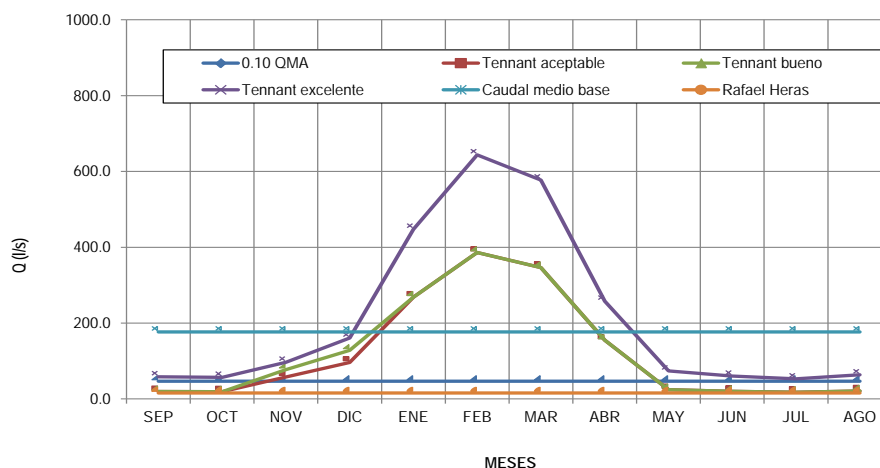


Figura N° 61: Caudales ecológicos (l/s) – microcuenca Huamancute

4.1.5.5 Estimacion del Caudal Base

Para la obtención de la caudal base se han empleado dos métodos, el Método de Chapman y el Método de Eckhardt, con objeto de contrastar sus resultados y facilitar la detección de posibles errores o imprecisiones. Los resultados obtenidos se incluyen en los **Cuadros 25 al 27** y los **Figuras N° 62 al 64**.

Cuadro N° 25: Metodo de Eckhardt microcuenca Patari

MESES	Qpatari (m3/s)	Incremento de Caudal bt-1	Coef. de Recesión α	Max. indice de Caudal BFImax	bt	Eckhardt Flujo Base (m3/s)
Enero	0.55	0.55	0.95	0.50	0.19	0.10
Febrero	0.76	1.31	0.95	0.50	0.53	0.27
Marzo	0.66	1.97	0.95	0.50	0.72	0.36
Abril	0.27	2.23	0.93	0.50	0.59	0.29
Mayo	0.11	2.34	0.93	0.50	0.24	0.12
Junio	0.09	2.43	0.95	0.50	0.11	0.05
Julio	0.08	2.51	0.95	0.50	0.08	0.04
Agosto	0.10	2.62	0.95	0.50	0.08	0.04
Septiembre	0.10	2.71	0.95	0.50	0.10	0.05
Octubre	0.10	2.81	0.95	0.50	0.09	0.05
Noviembre	0.10	2.90	0.95	0.50	0.09	0.05
Diciembre	0.18	3.09	0.95	0.50	0.10	0.05

El caudal base total anual calculado por el método de Eckhardt, es de 1.45 m³/s, el cual en la **Figura 62** se muestra la comparación entre el caudal medio mensual y el caudal base para la microcuenca Patari.

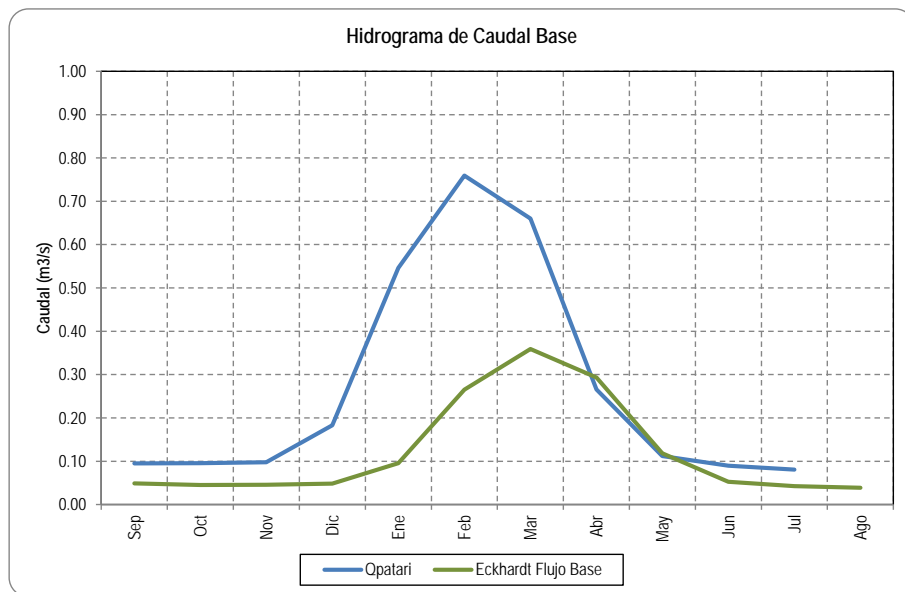


Figura N° 62: Hidrograma de caudal base

Para la quebrada Quellopata el flujo base anual por el método de Eckhardt es de 0.54 m³/s.

Cuadro N° 26: Metodo de Eckhardt microcuenca Quellopata

MESES	Qquellopata (m3/s)	Incremento de Caudal bt-1	Coef. De Recesión α	Max. indice de Caudal BFImax	bt	Eckhardt Flujo Base (m3/s)
Enero	0.21	0.21	0.95	0.50	0.07	0.04
Febrero	0.29	0.50	0.95	0.50	0.21	0.10
Marzo	0.25	0.76	0.95	0.50	0.28	0.14
Abril	0.10	0.86	0.93	0.50	0.23	0.11
Mayo	0.04	0.89	0.93	0.50	0.09	0.04
Junio	0.03	0.92	0.95	0.50	0.04	0.02
Julio	0.03	0.95	0.95	0.50	0.03	0.01
Agosto	0.04	0.98	0.95	0.50	0.03	0.01
Septiembre	0.03	1.02	0.95	0.50	0.03	0.02
Octubre	0.03	1.05	0.95	0.50	0.03	0.02
Noviembre	0.03	1.08	0.95	0.50	0.03	0.02
Diciembre	0.07	1.15	0.95	0.50	0.03	0.02

En la **Figura 63** se muestra la comparación entre el caudal mensual y el caudal base de Quellopata.

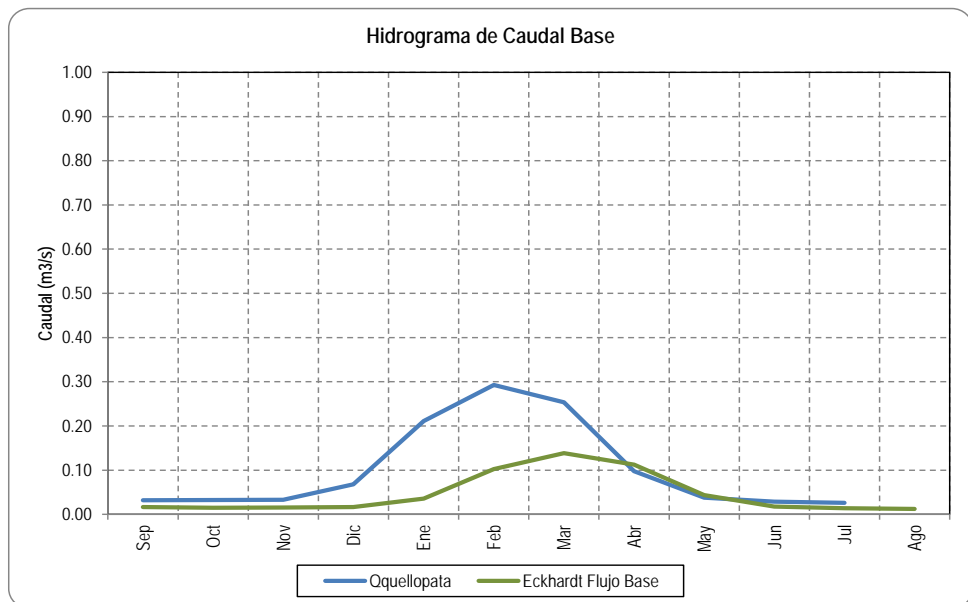


Figura N° 63: Hidrograma de caudal base

Para la quebrada Huamancute el flujo base anual por el método de Eckhardt es de 2.41 m³/s.

Cuadro N° 27: Metodo de Eckhardt microcuencia Huamancute

MESES	Ohuamancute (m3/s)	Incremento de Caudal bt-1	Coef. De Recesión α	Max. indice de Caudal BFImax	bt	Eckhardt Flujo Base (m3/s)
Enero	0.92	0.92	0.95	0.50	0.32	0.16
Febrero	1.28	2.19	0.95	0.50	0.89	0.45
Marzo	1.11	3.30	0.95	0.50	1.21	0.60
Abril	0.44	3.74	0.93	0.50	0.98	0.49
Mayo	0.18	3.92	0.93	0.50	0.39	0.20
Junio	0.14	4.06	0.95	0.50	0.17	0.08
Julio	0.13	4.19	0.95	0.50	0.13	0.07
Agosto	0.17	4.36	0.95	0.50	0.12	0.06
Septiembre	0.15	4.51	0.95	0.50	0.16	0.08
Octubre	0.15	4.66	0.95	0.50	0.15	0.07
Noviembre	0.16	4.82	0.95	0.50	0.15	0.07
Diciembre	0.30	5.13	0.95	0.50	0.16	0.08

En la **Figura 64** se muestra la comparación entre el caudal mensual y el caudal base de Quellopata.

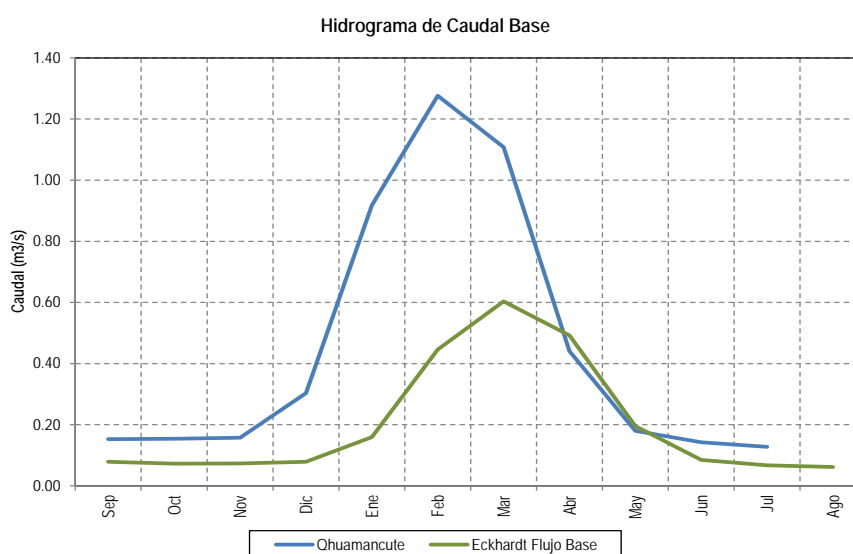


Figura N° 64: Hidrograma de caudal base

4.1.5.6 Balance Hídrico

Con la finalidad de complementar los resultados efectuados anteriormente, se ha realizado el balance hídrico a escala mensual en la microcuenca Patarí, lugar de donde se va captar el recurso hídrico (agua fresca). El balance hídrico se ha efectuado compatibilizando la disponibilidad hídrica en la quebrada Patarí, la demanda hídrica para la planta concentradora y el caudal ecológico.

Para el cálculo del caudal ecológico se ha tomado en cuenta el método de Rafael Heras por presentar resultados en función de los periodos de sequía extrema.

En el **Cuadro N° 28** y **Figura N° 65** se muestra el balance hídrico, observándose que la disponibilidad del recurso hídrico satisface la demanda de agua fresca para la planta y el caudal ecológico del proyecto en el punto de captación; también se puede observar que existe un mayor superávit en los meses de enero a marzo.

Cuadro N° 28: Balance hídrico en la microcuenca Patarí (l/s).

BALANCES	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO
Disponibilidad Hídrica (Qda. Patarí)	92.98	93.40	96.13	178.08	520.22	718.40	625.92	259.06	110.46	87.02	77.60	102.89
Demanda Hídrica (Planta Operación)	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00
Rafael Heras (Caudal Ecológico)	12.35	12.35	12.35	12.35	12.35	12.35	12.35	12.35	12.35	12.35	12.35	12.35
Demanda Hídrica Total	52.35	52.35	52.35	52.35	52.35	52.35	52.35	52.35	52.35	52.35	52.35	52.35

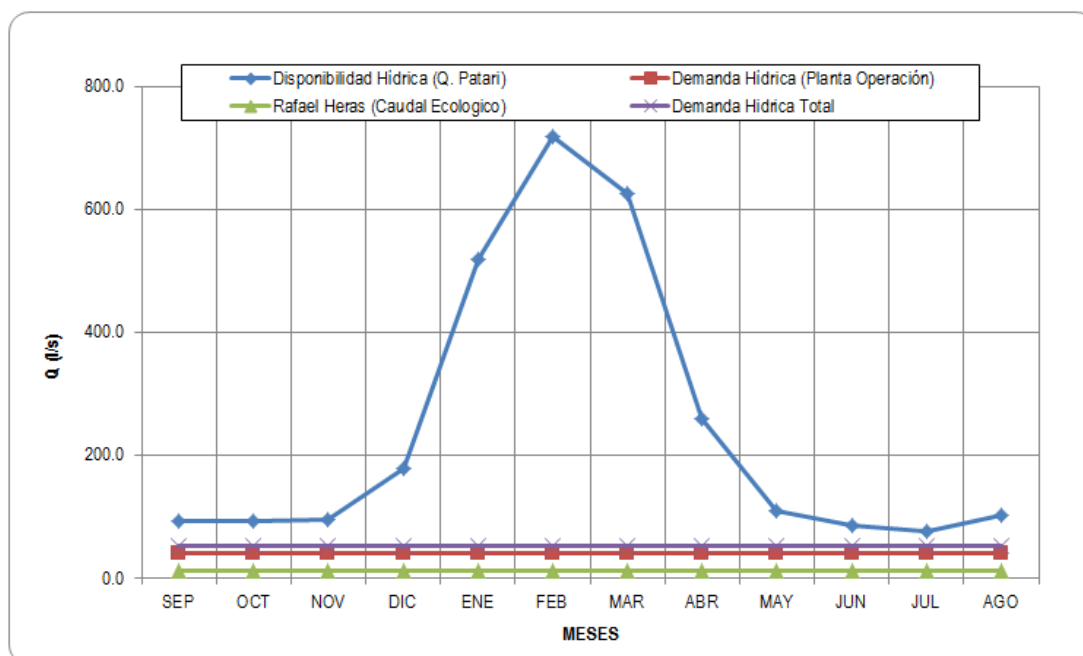


Figura N° 65: Balance hídrico en la microcuenca Patarí

4.2 Modelación Hidrogeológica

4.2.1 Modelo Hidrogeológico Conceptual

En esta sección se trata de definir el flujo del agua subterránea, se definen los conceptos necesarios para definir el modelo conceptual del acuífero del proyecto Inmaculada, para crear un buen entendimiento para la aplicación 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.

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 ha 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. En la **Figura N° 66** se puede observar el modelo hidrogeológico conceptual y en el Mapa **N° 19** con mayor detalle.

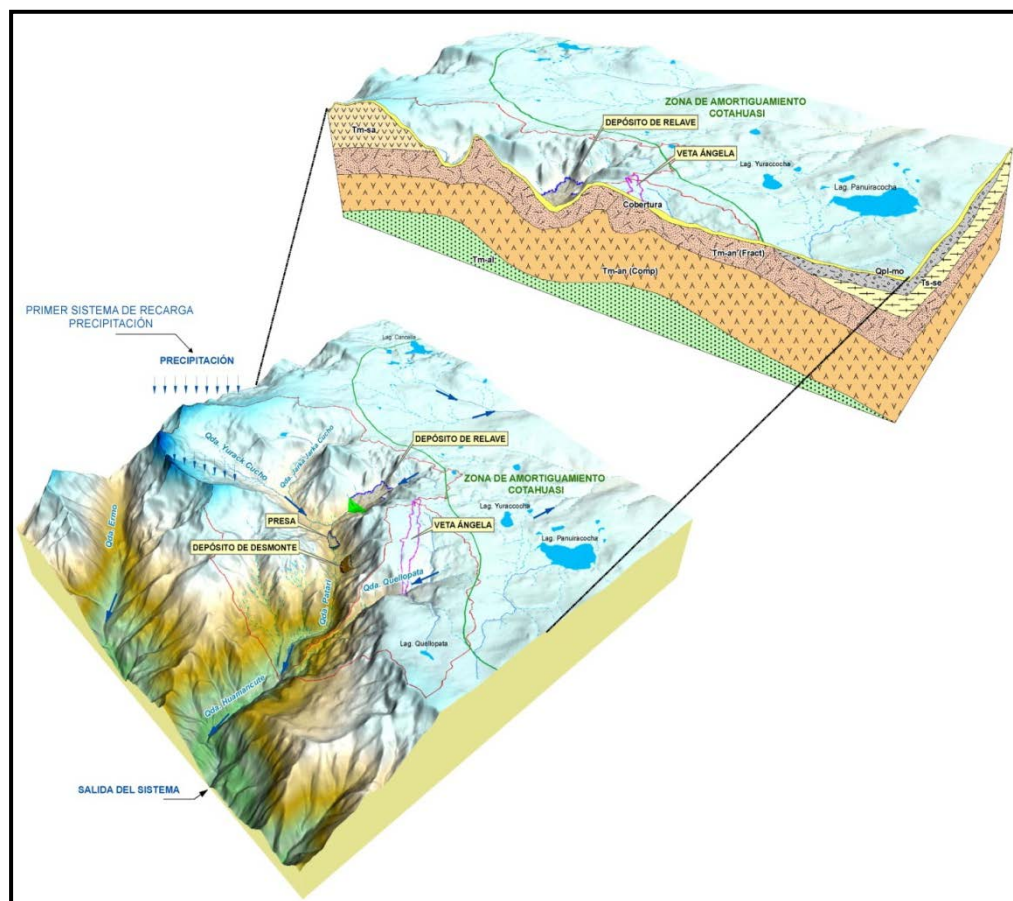


Figura N° 66: Modelo Hidrogeológico Conceptual Proyecto

Inmaculada

4.2.2 Hidrogeología de Componentes Mineros

Zona de Presa

En la sección hidrogeológica C-C' (véase el Mapa N° 22) se muestra la ubicación de la presa, esta se encuentra sobreyaciendo al material de cobertura de aproximadamente 2.20 metros de espesor, debajo del material de cobertura se encuentra la roca fracturada conformada por lavas

material de cobertura se encuentra la roca fracturada conformada por lavas andesíticas y debris flow andesítico con un espesor aproximado de 12.50 metros, debajo del material fracturado se encuentra la roca compacta de la misma litología que el material fracturado. En la sección transversal A-A' se muestra en detalle el depósito de desmonte, la altura máxima que tendrá el talud es de 60 m, y se encuentra entre las cotas 4370 y 4430 msnm, con un área de influencia directa de 5.44 ha, de acuerdo al diseño entregado por Minera Suyamarca. La sección A-A' se muestra en la **Figura N° 68**.

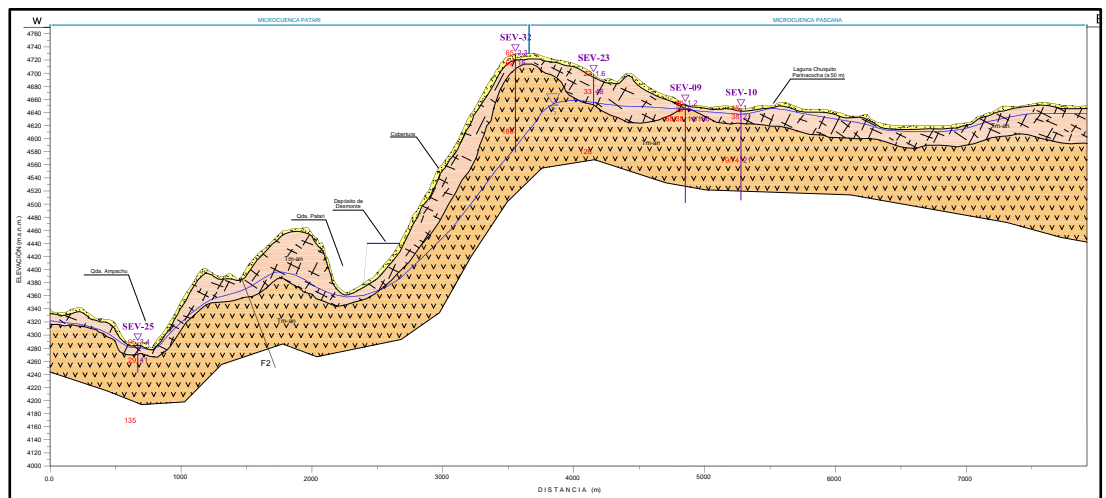


Figura N° 68: Sección hidrogeológica A-A'

Zona de Depósito de Relave

En la sección hidrogeológica B-B' (véase el Mapa N° 21) se muestra la ubicación del depósito de relave, está se encuentra sobreyaciendo al material de cobertura de aproximadamente 2.20 a 2.25 metros de espesor,

de acuerdo a los SEVs 19 y 20, debajo del material de cobertura se encuentra la roca fracturada conformada por lavas andesíticas y debris flow andesítico con un espesor promedio de aproximado de 55.00 metros, debajo del material fracturado se encuentra la roca compacta de la misma litología que el material fracturado. En la sección longitudinal C-C' (véase **Mapa N° 22**) se muestra en detalle el depósito de relave, que tendrá una altura de dique de 63.98 m, que se encuentra entre las cotas 4440 a 4522 msnm, con un área de influencia directa de 38.74 ha, de acuerdo al diseño entregado por Minera Suyamarca. La zona de depósito de desmonte se muestra en la **Figura N° 69 y 70**.

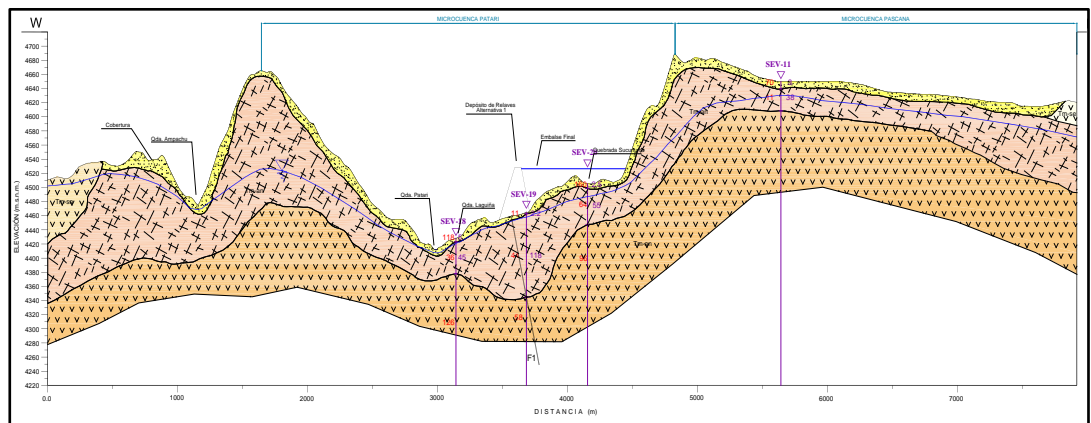


Figura N° 69: Sección hidrogeológica B-B'

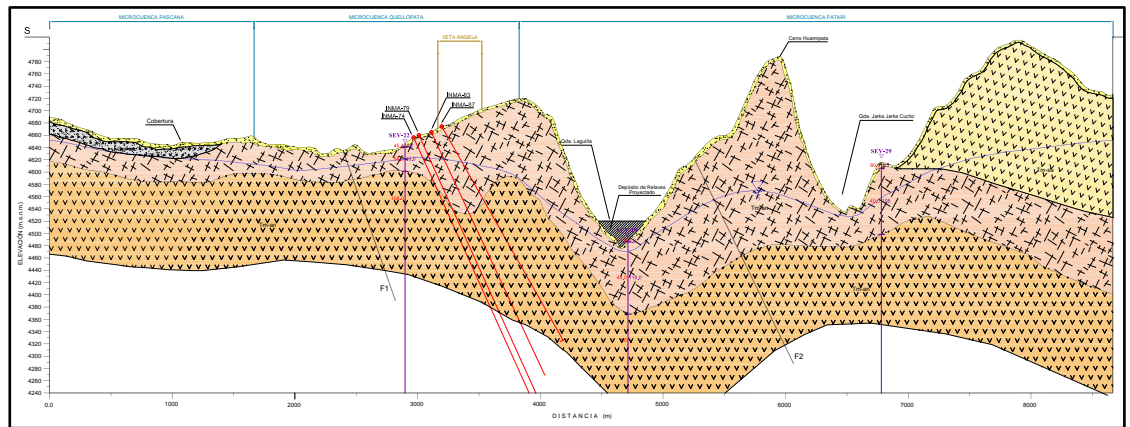


Figura N° 70: Sección hidrogeológica D-D'

4.2.3 Determinación de Zonas Favorables para la Explotación de Aguas Subterráneas

Las zonas favorables para la explotación de pozos se han determinado de acuerdo:

- Geología existente en la zona.
- Geofísica método SEV e IP.
- Geofísica método Sísmico.
- Perforaciones existentes.
- Mediante niveles piezométricos de HG-INM-A, HG-INM-B, HG-INM-C, HG-INM-D, HG-INM-E, etc
- Calidad del Agua subterránea.

Se determinó 2 zonas favorables para la explotación de aguas subterráneas, la zona favorable A y la zona favorable B, la ubicación del pozo de producción HP-INM-A esta en la zona A y los pozos de producción

HP-INM-B, HP-INM-C se encuentran ubicados en la zona B, como se muestran en el **Cuadro N° 29**, en la **Figura N° 71** y en el Mapa N° 19.

Cuadro N° 29: Ubicación de pozos de producción.

POZO	COORDENADAS (PSAD-56)		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	688,691	8,346,240	4,579.65	8.0	132.00	Hidrog.	14 3/4", 11 3/4", 9 3/4"	131.20	16 ; 8	acero al carbón	schedule 40
HP-INM-B (*)	687,745	8,346,775	4,450.00	4.0	130.00	Hidrog.	14 3/4"	123.20	16 ; 8	acero al carbón	schedule 40
HP-INM-C (*)	688,317	8,347,064	4,525.00	4.0	152.00	Hidrog.	14 3/4", 11 3/4", 9 3/4"	142.00	16 ; 8	acero al carbón	schedule 40

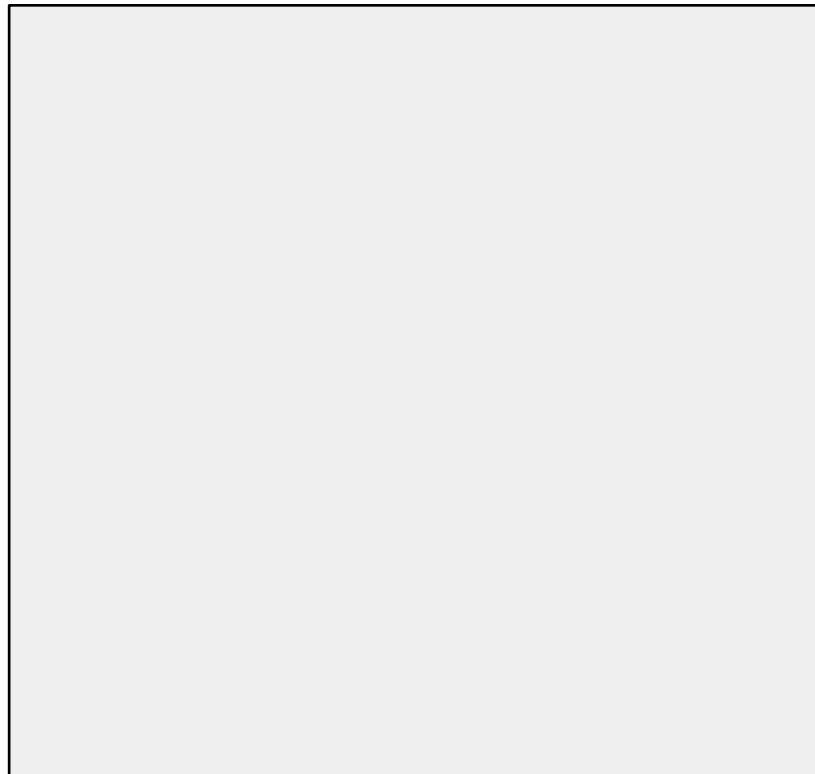


Figura N° 71: Ubicación de zonas favorables y pozos de producción

4.2.4 Modelo Numérico de Flujo Subterráneo

Un protocolo para realizar el modelo numérico incluye la selección y verificación del código de modelamiento, el diseño del modelo, la calibración, análisis de sensibilidad y predicción finalmente. Los pasos que definen un protocolo del modelo propuesto se observa en la **Figura N° 72**, cada uno de estos pasos se basa en la demostración de apoyo al modelo determinado y este es capaz producir resultados positivos, es decir, que el modelo es válido. A continuación se presentan los pasos junto con las definiciones necesarias (Anderson y Woessner, 1992).

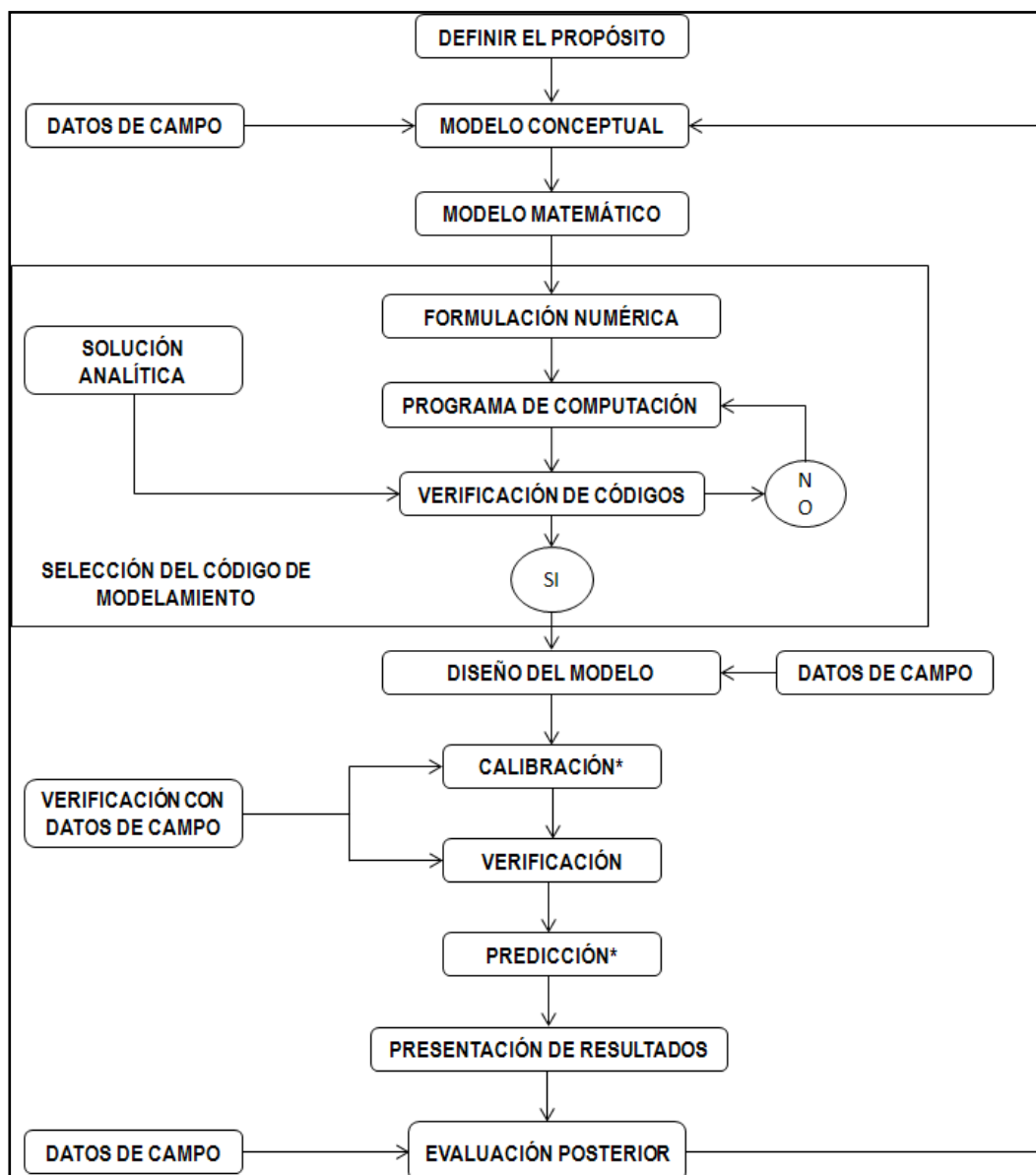


Figura N° 72: Esquema elaboración de un modelo hidrogeológico

4.2.5 Simulación Numérica Tridimensional del Acuífero

Después de definir el modelo conceptual del acuífero, estableciendo las unidades hidrogeológicas y el nivel freático del acuífero (véase **Mapa N° 19, 20, 21, 22 y 23**), se construye el modelo conceptual tridimensionalmente con el software Hydrogeobuilder v2009.1 (**Figura N° 73**), delimitando cada unidad hidrogeológica; se reconocieron tres unidades hidrogeológicas para la construcción del modelo tridimensional, la primera unidad establecida por el material de cobertura (material superficial), la segunda unidad definida por la roca fracturada (andesita) y la tercera unidad hidrogeológica por la roca impermeable constituida por andesita compacta. El nivel freático se introduce como una superficie variable de acuerdo a los niveles medidos en campo y los niveles determinados por medio de los métodos indirectos (SEVs y Cargabilidad).

Construido el modelo tridimensional conceptual se exporta al software Modflow Surfact v3.0, programa que realizará la simulación numérica del acuífero mediante aproximaciones de diferencias finitas.

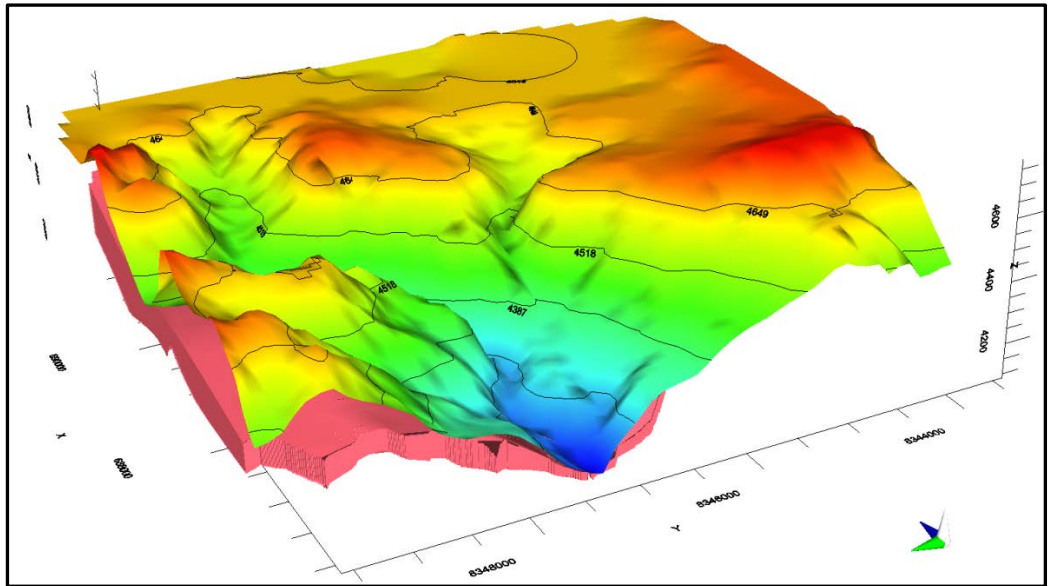


Figura N° 73: Construcción del modelo 3D en Hydrogeobuilder

4.2.6 Selección del Código de Modelamiento

El código de modelamiento es el programa que contiene los algoritmos para resolver numéricamente el modelo, muchos de ellos disponen de interfaces gráficas para el pre y post procesamiento de datos durante el modelamiento.

Existen dos grandes grupos de métodos numéricos: El método de las diferencias finitas (MDF) y el método de los elementos finitos (MEF). La selección del método numérico condiciona en gran medida la geometría de los elementos (triángulos, rectángulo) que forman la malla. Se podría decir que en general los MDF conllevan mallas rígidas formadas por rectángulos, mientras que la malla de los MEF es totalmente arbitraria. De todas formas, la selección del método numérico es subjetiva y cada uno de

los métodos tiene ventajas y desventajas. Los MDF tienen una interpretación física sencilla (balance de masa de los elementos), una entrada de datos cómoda y están tradicionalmente muy bien documentados. Sin embargo, la rigidez de la malla no permite un buen ajuste a contornos con geometrías complejas. Por el contrario, los MEF se pueden ajustar perfectamente al contorno pero su interpretación física es difícil debido a una mayor complejidad del desarrollo matemático.

El software **Modflow Surfact v3.0** (Licencia HGSPERU SA), que es un código de simulación por el método de diferencias finitas, se uso para simular el flujo en el Proyecto Inmaculada y este es en medio fracturado, la representación de flujo fracturado por un modelo como Modflow Surfact que presume un medio poroso continuo se fundamenta en el concepto de un medio poroso equivalente (Anderson & Woessner, 1990) muy utilizado a nivel internacional.

El programa **Modflow Surfact v3.0** resuelve en forma tridimensional la ecuación de flujo de agua subterránea:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(K_{xx} \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(K_{yy} \frac{\partial h}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(K_{zz} \frac{\partial h}{\partial z} \right) - W = S_s \frac{\partial h}{\partial t}$$

Dónde: H es la carga potenciométrica (L), Kxx,Kyy,Kzz son valores de conductividad hidráulica a lo largo de los ejes coordenados x, y, z ejes, que se supone están paralelos a los ejes principales de la conductividad

hidráulica (L / T); W es la razón de flujo volumétrico por unidad de volumen, y representa a las fuentes y/o sumideros de agua (T-1); S_s es el almacenamiento específico del material poroso (L-1), y T tiempo (T). El método numérico utilizado para el modelamiento del proyecto Inmaculada es el de diferencias finitas.

4.2.7 Diseño del Modelo de Acuífero

En este paso se incluye el diseño de la red o malla, la selección de tiempo, el establecimiento de límites y las condiciones iniciales, y la selección preliminar de los valores de los parámetros del acuífero. En la **Figura N° 74** se puede observar el modelo 3D construido ya en ModflowSurfact, en el se puede visualizar de color verde los pozos HP-INM-A y HP-INM-B, así como el wáter table simulado en operación de la mina Inmaculada. En la **Figura N° 75** se observa la geometría en elementos finitos.

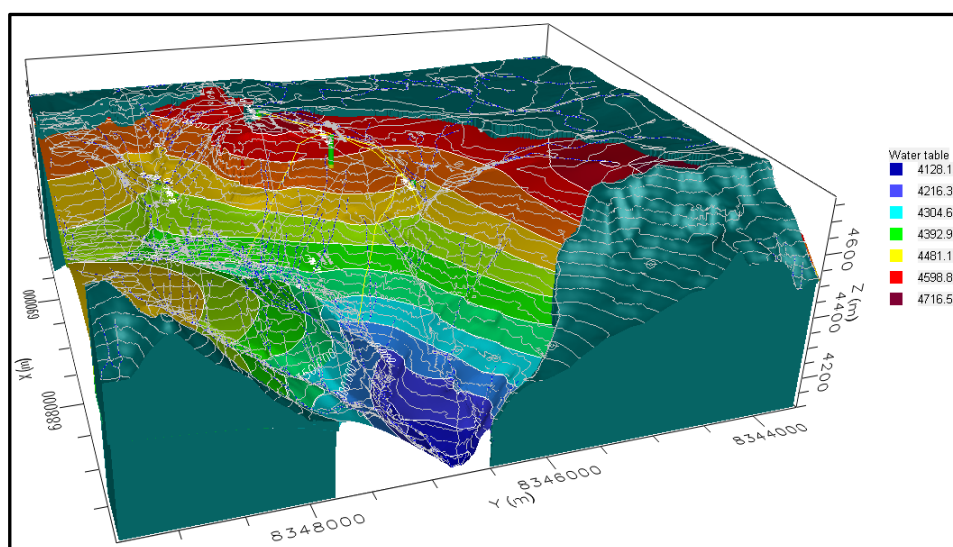


Figura N° 74: Construcción del modelo 3D en ModflowSurfact

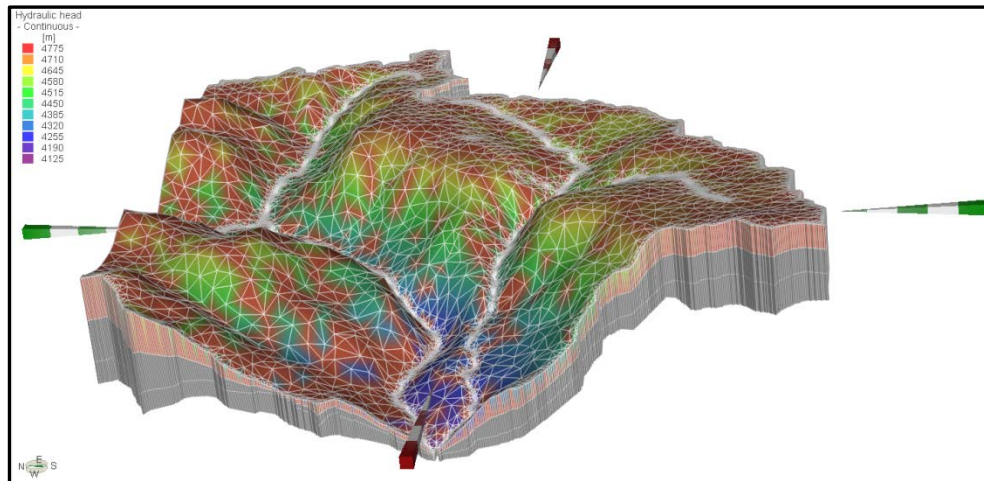


Figura N° 75: Construcción geometría del modelo

4.2.8 Condiciones de Frontera

Las condiciones de frontera principales se muestran en la **Figura N° 76**, las condiciones de infiltración y cargas hidráulicas, los límites exteriores fueron seleccionados para ser más allá de la zona probable de impacto de los componentes mineros y fueron elegidos para que coincida con los límites naturales hidrológicos, teniendo en cuenta los límites de las microcuencas Quellopata y Patari.

Las corrientes principales de los ríos Patari y Quellopata son ingresados como cargas constantes, al igual que los límites de las microcuencas.

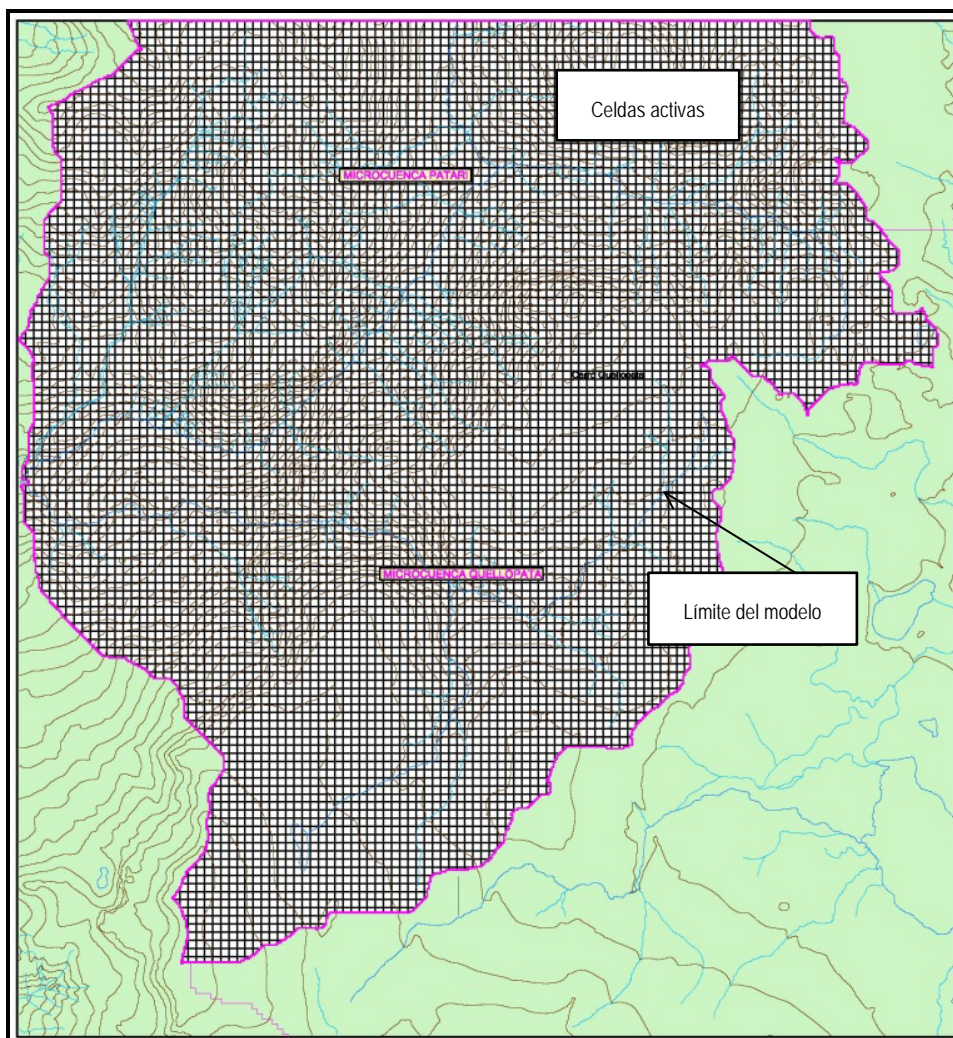


Figura N° 76: Condiciones de frontera

4.2.9 Discretización del Sistema Acuífero

El sistema acuífero ha sido discretizado siguiendo el esquema de solución de las ecuaciones de flujo mediante el método numérico de diferencias finitas. Este esquema contempla el uso de mallas rectangulares y/o cuadradas cuyas dimensiones dependen de la cantidad de información disponible y la calidad de la misma. El Sistema Acuífero en el Proyecto

Inmaculada ha sido discretizado mediante 79,576.00 celdas de 20 m x 20 m, que cubre una superficie de 31.83 km², que comprenden las microcuencas Patarí y Quellopata como áreas principales, la discretización también toma áreas de las microcuencas Cancalla, Pascana y Huamancute como zonas secundarias. Las zonas impermeables o sin flujo ha sido discretizado mediante 30,860.00 celdas inactivas de 20 m x 20 m cubriendo un área sin flujo de 12.36 km², estas áreas pertenecen a las zonas secundarias delimitadas por las microcuencas Pascana, Huamancute y Cancalla. La zona asignada para circulación de agua ha sido discretizada por 48,716 celdas activas de 20 m x 20 m, cubriendo un área de 19.47 km², esta área es comprendida por la microcuencas Patarí y Quellopata, donde se encuentran ubicados todos los componentes mineros principales y secundarios del proyecto. La información gráfica del acuífero discretizado en diferencias finitas se muestra en el Mapa N° 28.

4.2.10 Número de Capas del Acuífero

Las capas son empleadas en los modelos para representar las unidades hidroestratigráficas, los cuales son unidades geológicas con similares o diferentes propiedades.

Para la modelación del Acuífero del proyecto minero Inmaculada se utilizará 03 capas de acuerdo al siguiente detalle:

- La primera capa superficial asignada al depósito cobertor tipo suelo con espesores de 2 a 5 m.

- La segunda capa es la roca fracturada con espesor variable entre 15 y 85 m, el espesor de esta capa fue asumido producto de la interpretación de los taladros diamantinos realizados por la empresa minera Suyamarca SAC y la prospección geofísica realizada por HGS PERU SA (SEVs, cargabilidad y refracción sísmica).
- La tercera capa está definida por el basamento rocoso (roca compacta), el espesor fue asumido de las perforaciones diamantinas y de las investigaciones geofísicas (refracción sísmica).

En la **Figura N° 77** se observa las 3 capas ingresadas al modelo ModflowSurfact v3.0, dicha sección corta el pozo HP-INM-B, también se puede observar el nivel de agua subterránea ya calibrado en el mismo pozo.

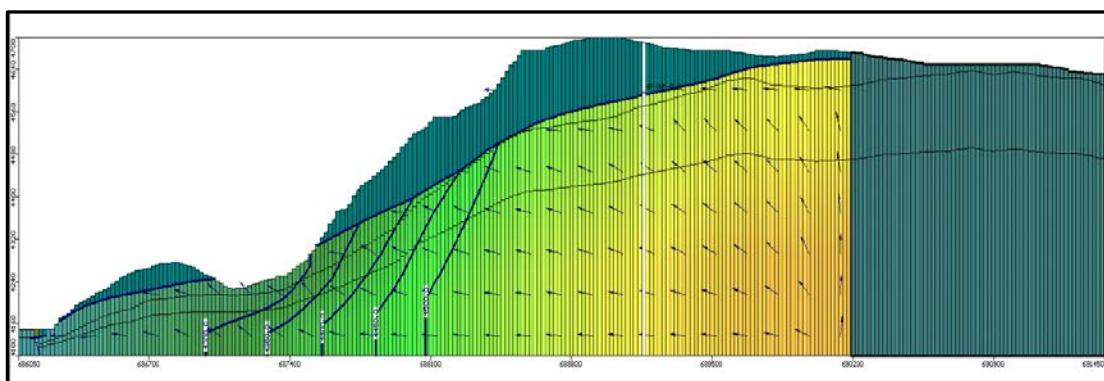


Figura N° 77: Sección mostrando las 3 capas del modelo numérico

4.2.11 Propiedades del Acuífero Asignadas al Modelo

La conductividad hidráulica asignada al modelo es una función del material geológico (litología del fracturamiento y alteración de las rocas) y la

profundidad de la superficie. El proceso de asignación de la permeabilidad o conductividad hidráulica en el presente estudio tiene un caso especial puesto que se basará en la calibración de la teoría de flujo en el sistema, las permeabilidades se podrán discretizar de acuerdo a la calibración del sistema, es decir con el software Modflow Surfact.

La asignación de las conductividades se estimó de acuerdo con la distribución piezométrica. En el **Cuadro N° 30** se aprecia las conductividades hidráulicas usadas en el presente modelo hidrogeológico, los cuales son producto de las pruebas de permeabilidad realizadas mediante inyección de agua (método de Lefranc).

Cuadro N° 30: Valores de conductividad hidráulica

Código	Prof. Total	Ubicación	Inclinación	Prueba N°	Profundidad Vertical			Tipo de Prueba	Caudal Máximo	Permeabilidad (K)	Observación
	(m)		(°)		(m)				(l/min)	(m/día)	
AUS-INM-01	356.1	Veta Ángela	-68	1	58.6	a	64.6	Lugeon		2.4E-02	roca
				2	270.3	a	278.3	Lugeon		8.3E-02	roca
				3	340.1	a	356.1	Lugeon		8.4E-02	roca
AUS-INM-02	402.5	Veta Ángela	-80	1	43.1	a	51.1	Lugeon		5.0E-02	roca
				2	128.7	a	136.7	Lugeon		1.4E-01	roca
				3	305.6	a	313.6	Lugeon		1.30E-02	roca
				4	394.5	a	402.5	Lugeon		1.10E-03	roca
AUS_INM-03	267.7	Veta Ángela	-69	1	252.5	a	2.67.7	Lugeon		7.10E-02	roca
AUS_INM-04	115	Veta Ángela	-75	1	109	a	115	Lugeon		1.10E-01	roca
AUS_INM-05	163.4	Veta Ángela	-68	1	155	a	163.4	Lugeon		1.10E-01	roca
AUS_INM-06	214	Veta Ángela	-80	1	170.1	a	178.1	Lugeon		8.60E-04	roca
				2	206.1	a	214.1	Lugeon		5.00E-03	roca
HG-INM-A	120	Botadero de Desmante	90	1	43	a	52.3	Lugeon		1.10E-01	roca
				2	96.6	a	103.5	Lugeon		8.50E-02	roca
				3	113	a	120	Lugeon		2.80E-02	roca
HG-INM-B	110.9	Botadero de Desmante	90	1	47.4	a	49.4	Lugeon		2.60E-01	roca
				2	102.9	a	110.9	Lugeon		1.70E-01	roca
HG-INM-C	70.5	Botadero de Desmante	90	1	64	a	70.5	Lugeon		1.50E-02	roca
HG-INM-D	22	Botadero de Desmante	90	1	19.5	a	22	Lefranc Carga Constante		1.90E+00	suelo
				2	19.5	a	22	Lefranc Carga Constante		9.90E-03	suelo
HG-INM-E	8.6	Botadero de Desmante	90	1	5.6	a	8.6	Lefranc Carga Constante		1.70E+00	roca
HG-INM-E	19	Botadero de Desmante	90	1	18	a	19	Lefranc Carga Constante		1.50E+00	roca
				2	18	a	19	Lefranc Carga Constante		2.30E+00	roca
HG-INM-E	19	Botadero de Desmante	90	1	18	a	19	Lefranc Carga Constante		1.50E+00	roca
				2	18	a	19	Lefranc Carga Constante		2.30E+00	roca
HG-INM-E	19	Botadero de Desmante	90	1	18	a	19	Lefranc Carga Constante		1.50E+00	roca
				2	18	a	19	Lefranc Carga Constante		2.30E+00	roca
HG-INM-E	19	Botadero de Desmante	90	1	18	a	19	Lefranc Carga Constante		1.50E+00	roca

4.2.12 Asignación de las Condiciones de Frontera

La condición de borde superior del modelo numérico es una distribución de recarga, el único mecanismo de recarga natural al sistema de agua subterránea es a través de la infiltración de las precipitaciones. Los valores de la recarga se obtuvieron del balance hidrológico realizado en las microcuencas Patarí y Quellopata, utilizando datos meteorológicos de los cuales se estima el excedente hídrico entre la precipitación, evapotranspiración y la escorrentía superficial. Las estimaciones de infiltración se realizaron en base a la topografía y la vegetación presente en la microcuencas, para determinar la infiltración primero se realizó el balance hídrico por el método de Thornthwaite, el cual permite calcular el excedente climático total que es la escorrentía más la infiltración, para luego calcular la infiltración de cada microcuenca asumiendo un 9 % del total. Se calcularon valores de recarga de 48.98 mm/año para la microcuenca Patarí y 46.16 mm/año para la microcuenca Quellopata, estos valores de recarga son para el año medio, en la **Figura N° 78** se muestra la zonificación de la recarga por microcuenca.

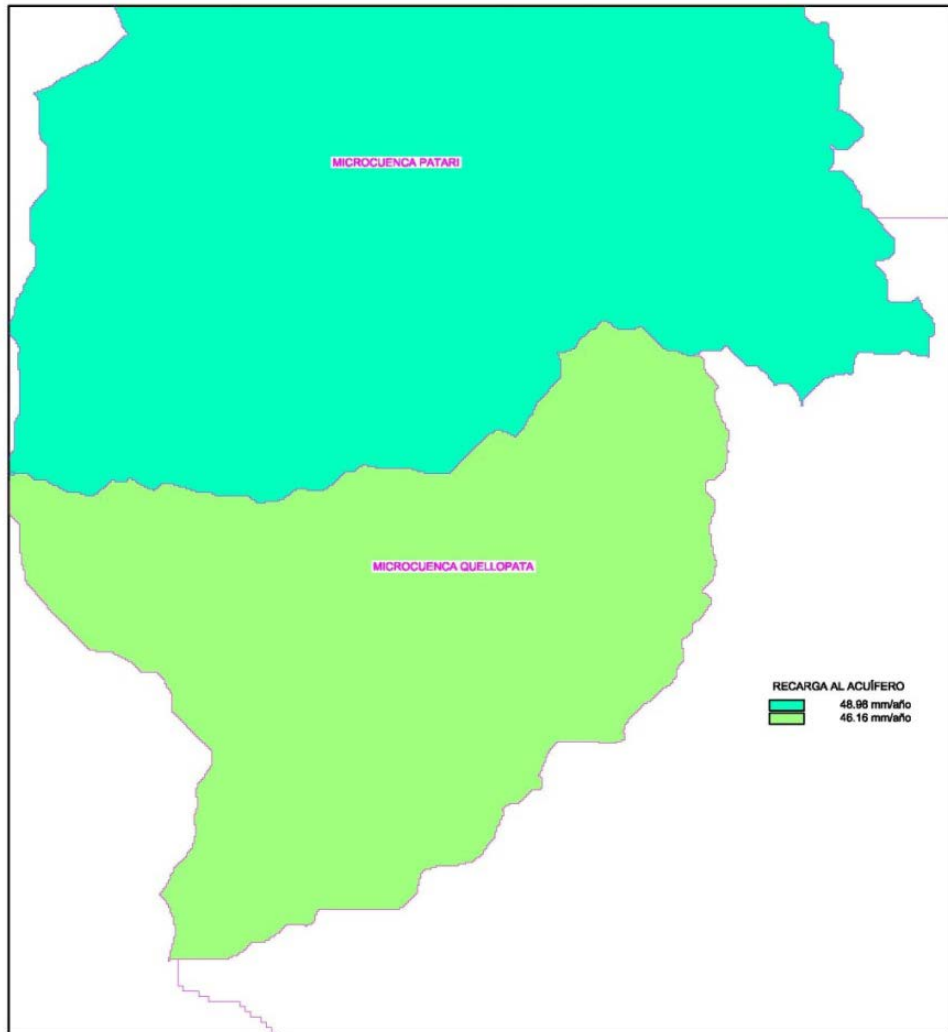


Figura N° 78: Distribución de recargas sin componentes mineros

4.2.13 Calibración del Modelo Numérico

El proceso de calibración del modelo ha consistido en variar progresivamente los valores de recargas del acuífero bajo la asunción que las conductividades hidráulicas han sido estimados con una buena precisión a pesar que las incertidumbres generalmente pesan sobre las propiedades del acuífero entre ellos la conductividad hidráulica y

rendimiento específico, cuya distribución espacial en realmente heterogénea y no se dispone generalmente de una densidad considerable de información como para emplear métodos geoestadísticos para su estimación regional.

El progreso del buen ajuste entre las cargas observadas y calculadas generalmente son verificadas luego de cada corrida del modelo mediante la raíz media cuadrática normalizada RMS, la que es calculada mediante la división entre la raíz media cuadrática y la máxima diferencia entre las cargas observadas, cuya expresión es la siguiente:

$$RMS \text{ Normalizado} = \frac{RMS}{(X_{obs})_{max} - (X_{obs})_{min}}$$

Dónde:

$$RMS = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n R_i^2} = \text{Raíz media cuadrática; } R_i = X_{cal} - X_{obs}$$

La raíz media cuadrática normalizada es expresada en porcentaje y es una medida más representativa del progreso de la calibración del modelo de acuífero. Se considera una buena calibración a un máximo RMS de 7.627 %, como se muestra en la **Figura N° 79**.

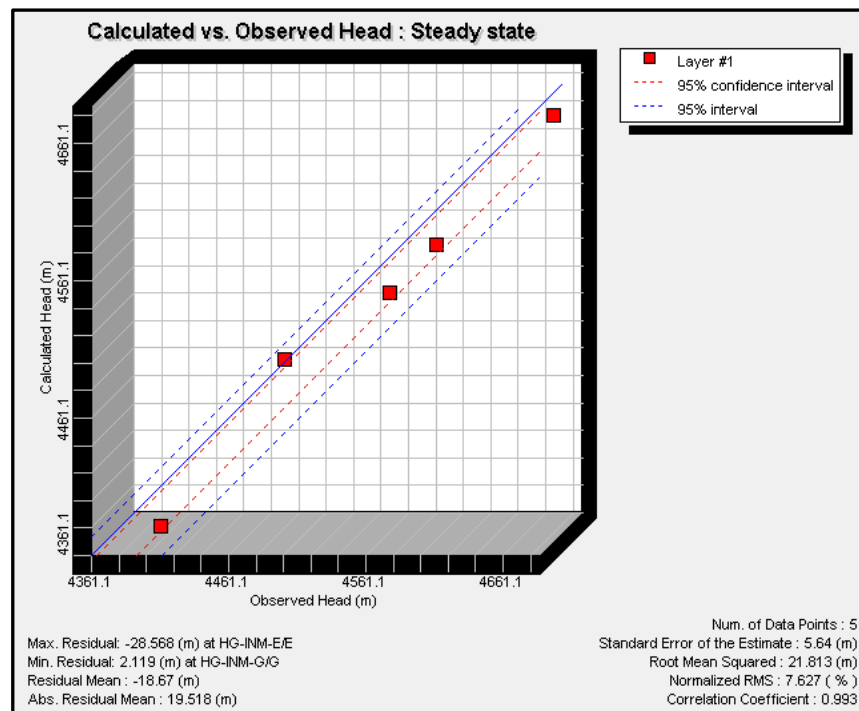


Figura N° 79: Recta de calibración del modelo en régimen estacionario o permanente

4.2.14 Balance de Masas

El balance de masas es un control adicional de la aceptabilidad de la calibración del modelo en régimen permanente, es el error que corresponde a la diferencia entre todas las entradas y salidas de agua subterránea del modelo. En los modelos en régimen estacionario, los caudales de recarga menos la descarga debe tender a cero o ser esta diferencia mínima, en un buen modelo la discrepancia debe ser menor a 5%, en caso de ser mayor es probable que el modelo aún este inestable.

Esta información, tiene dos componentes la primera es la recarga del acuífero producto de la infiltración de las precipitaciones y la segunda corresponde a la descarga a través de las quebradas Patarí y Quellopata. Básicamente la recarga es proporcionada por la infiltración hacia el acuífero, el agua que ceden los ríos es un caudal de 40,638.88 m³/día. Luego se encuentra la recarga subterránea simulada mediante pozos de inyección que asciende a 0 m³/día, seguido de la recarga areal estimada en 5,015.82 m³/día. En cuanto a la descarga se tiene básicamente 2 componentes y son: la descarga en los ríos o quebradas es 48,548.73 m³/día y la ET no se ha considerado. En la **Figura N° 80** se observa el Balance de Masa obtenido del Modflow Surfact para el proyecto Inmaculada, considerando todos los parámetros hidráulicos e hidrológicos que a la fecha se tiene conocimiento.

El total del balance de masas se ha determinado un error de 6%, ingreso de masa al acuífero es de 45,654.7 m³/día y la salida es 48,656.24 m³/día, siendo esta calibración inestable, el modelo debe ser recalibrado cuando se termine las investigaciones hidrogeológicas de campo: como la culminación de las perforación e instalación de piezómetros y recolectando data de un año hidrológico del nivel freático para evaluar la variación del NF.

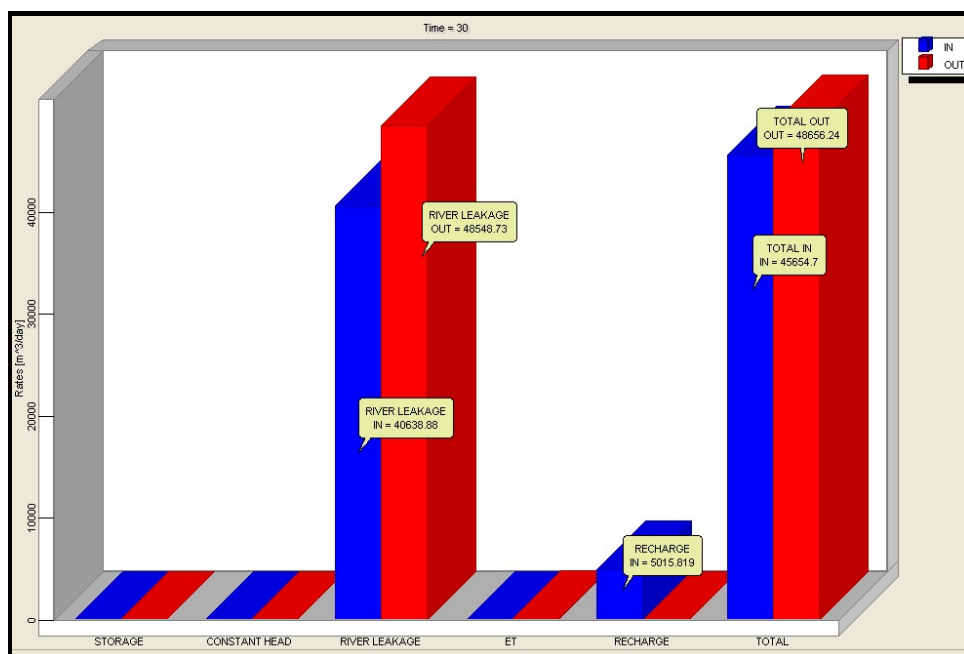


Figura N° 80: Balance de Masas (Modflow Surfact)

4.2.15 Secciones Hidrogeológicas del Modelo Numérico

La calibración del modelo en régimen estacionario ha sido plasmada en los Mapas N° 29 a 39. El Mapa N° 30 muestra la sección hidrogeológica modelada del depósito de relaves en régimen permanente con dirección oeste-este, simulado por el software modflow surfact, el nivel freático en el área del depósito de relaves se encuentra superficialmente a una profundidad promedio de 5 metros, entre los niveles de 4514 msnm en la parte alta y en la zona del dique a 4442 msnm, la dirección de flujo va de este a oeste hacia la quebrada Patarí, en la sección se muestra la quebrada Ampachu con dos direcciones de flujo (oeste a este y viceversa) pero ambas convergen hacia el río.

El Mapa N° 31 y la Figura N° 81 muestra la sección hidrogeológica modelada de la presa de agua y el depósito de topsoil en régimen permanente con dirección oeste-este, simulado por el software modflow surfact, el nivel freático en la presa de agua se encuentra 4388 msnm y 4394 msnm, la dirección de flujo es en dos sentidos de este a oeste y viceversa, el depósito de topsoil tiene un nivel freático entre los 4616 msnm y 4556, la dirección de flujo es de este a oeste hacia la quebrada Patarí.

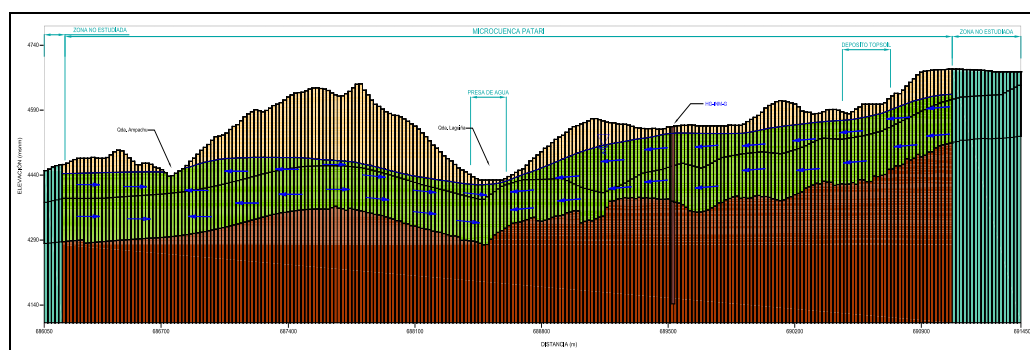


Figura N° 81: Sección hidrogeológica modelada W-E

El Mapa N° 32 muestra la sección hidrogeológica modelada del depósito de desmonte en régimen permanente con dirección oeste-este, simulado por el software modflow surfact, el nivel freático en el área del depósito de desmonte se encuentra a 4350 y 4365 msnm, la dirección de flujo va de este a oeste hacia la quebrada Patarí, la planta de procesos se encuentra en la microcuenca Quellopata y Patarí el nivel freático se encuentra en esta zona a 4586 msnm, la dirección de flujo es de este a oeste con dirección hacia la quebrada Patarí.

El Mapa N° 33 muestra la sección hidrogeológica modelada de la veta Ángela en régimen permanente con dirección oeste-este, simulado por el software modflow surfact, el nivel freático en el área de la veta se encuentra a 4594 msnm y 4573 msnm, ubicada en la microcuenca Quellopata, la dirección de flujo va de este a oeste hacia la quebrada Patarí. Los Mapas N° 37, 38 y 39 muestran secciones hidrogeológicas modeladas en fase operación.

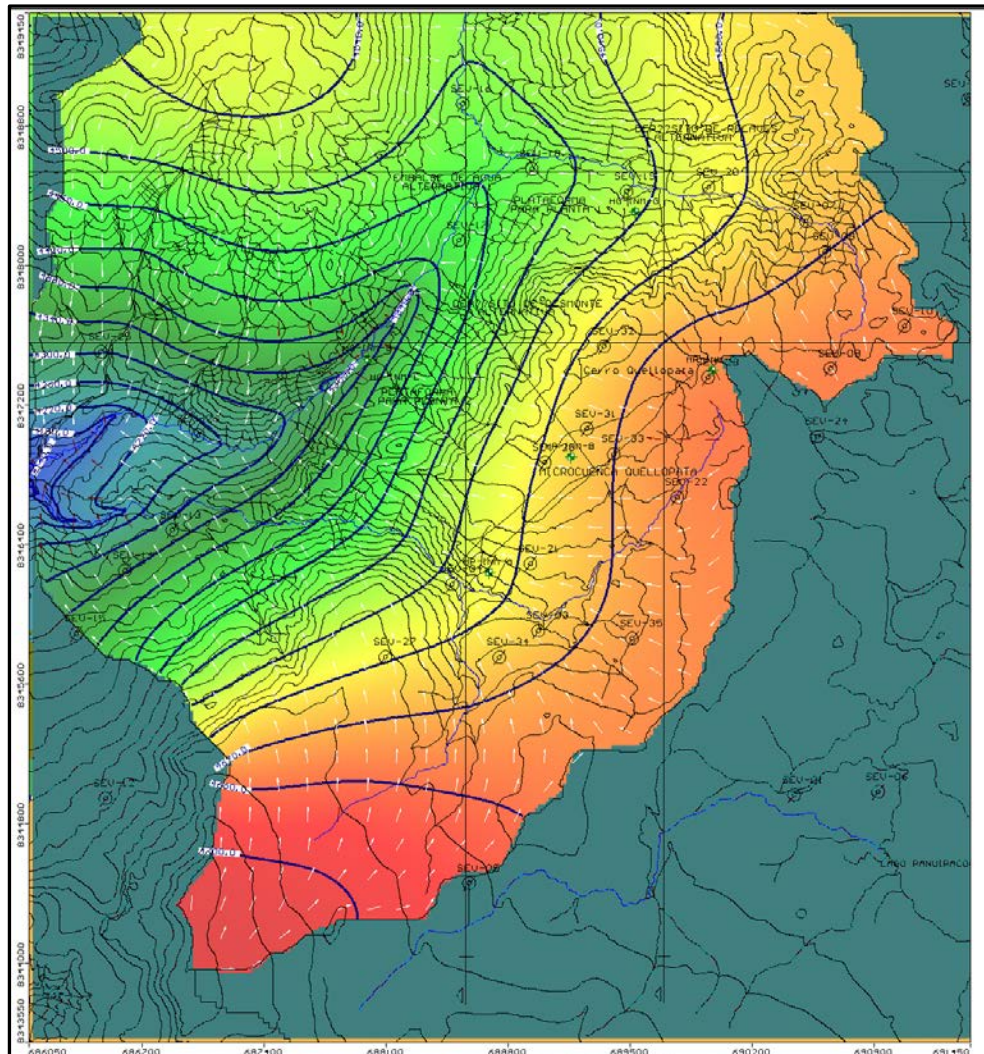
4.2.16 Simulación de Drenaje de la Bocamina Angela

Para el cálculo de la conductancia se empleo inicialmente la ecuación de Goodman, este método calcula el caudal infiltrado por unidad de longitud de la bocamina, según se va excavando. Tiene en cuenta el efecto que produce el drenaje de la galería y considera cargas constantes o variables a lo largo de la galería y tiene en cuenta la constante de permeabilidad k .

Esta significa que el nivel del agua de la superficie del techo del acuífero se debe estimar para determinar la conductancia. Asumiendo que la bocamina tiene un radio de 2.25m y que las diferencias de nivel de agua entre la altura de la bocamina Angela y la del acuífero es de 270m, esto da una estimación conservadora de la conductancia. La conductancia se calculó para cada celda individualmente, basado en la conductividad hidráulica de cada celda.

En la Figura N° 82 se muestra en planta el efecto del drenaje de la galería de explotación o bocamina Angela. Del modelamiento numérico se obtuvo

un caudal de drenaje de 3,019.08 m³/d que equivale a un caudal en régimen permanente con toda la galería finalizada de 34.94 l/s.



**Figura N° 82: Variación de la carga hidráulica en la capa 2
(explotación)**

4.2.17 Transporte de Partículas

En el Mapa N° 40 se observa la simulación de transporte de partículas

(modpath), se ha simulado el vertimiento de un contaminante en cada componente minero, el movimiento del contaminante sigue las direcciones del flujo de agua, y los piezómetros instalados aguas abajo de cada componente y los piezómetros propuestos son los puntos de monitoreo y control de las aguas subterráneas. La Veta será monitoreada por los piezómetros propuestos MS-08 y MS-05, el depósito de relaves será monitoreado por los piezómetros propuestos MS-02 y MS-03 y el depósito de desmonte por el piezómetro propuesto MS-06. Cabe recalcar que los piezómetros propuestos del presente ítem son propuestos por SVS Ingenieros SAC. para su implementación con fines de monitoreo hidrogeológico ambiental.

En las Medidas de control y mitigación se describe los nuevos piezómetros y pozos propuestos, y en la Figura N° 83 se muestra el transporte de partículas (modpath) de cada componente hacia los pozos y piezómetros propuestos.

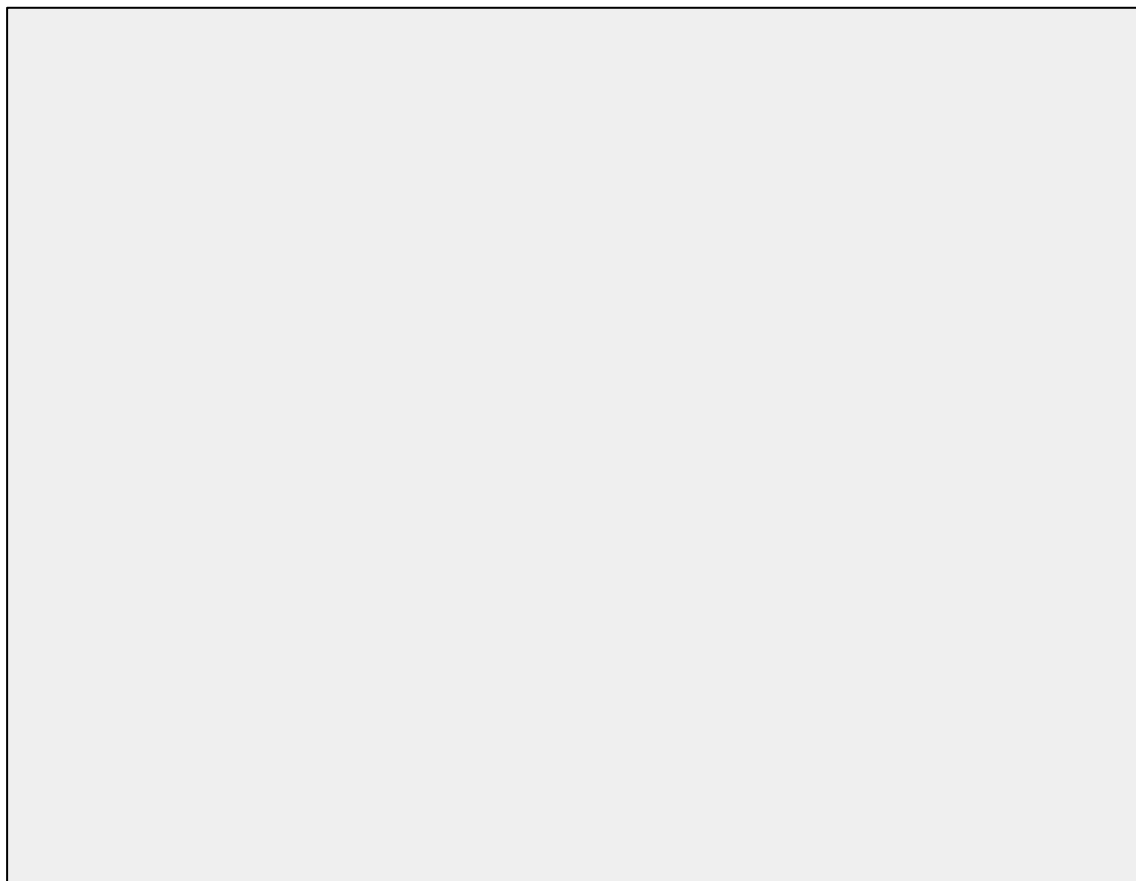


Figura N° 83: Transporte de partículas (modpath)

4.3 Identificación y Mitigación de Impactos

El proyecto Inmaculada está ubicado en el distrito de Oyolo, provincia de Paucar de Sara Sara, departamento y región de Ayacucho; encontrándose sus componentes mineros dentro de la microcuenca Patari y microcuenca Quellopata, es importante identificar el estado natural del agua superficial y subterránea, y los impactos producidos durante las tres etapas: etapa del proyecto, etapa de operación y etapa de cierre de la mina.

El agua superficial y subterránea es susceptible a la contaminación, al

vertimiento de cualquier efluente minero, la cual provoca la contaminación del agua tanto superficial como subterránea de acuerdo a la zona donde esté ubicado cada uno de los componentes mineros, la contaminación será en menor o mayor proporción dependiendo del componente que realice dicha contaminación.

En este capítulo se desarrollará los impactos que producirá cada uno de los componentes mineros en las dos épocas del año hidrológico (época seca y lluviosa).

4.3.1 Identificación de Impactos de Agua Superficial

4.3.1.1 Etapa de Proyecto

Época Seca

DEPÓSITO DE RELAVES

El depósito de relaves se encuentra ubicado en la parte alta de la quebrada Laguiña entre los cerros Quellopata y Huarmapata, en esta etapa el área del depósito de relaves se encuentra en condiciones naturales y ambientalmente estables.

El depósito de relaves tiene un área total de 35.42 ha, en esta etapa los accesos creados para llegar al componente minero y su circulación es el principal impacto identificado, debido a la remoción de material superficial que se realizarán en las laderas de los cerros Huarmapata, modificando levemente la topografía existente, considerado como un impacto de baja consecuencia ambiental.

En esta época las precipitaciones son nulas o escasas, siendo la evapotranspiración en esta época mayor que la precipitación.

El principal impacto identificado son las partículas de polvos originados por la remoción de material superficial, las cuales serán transportadas por los vientos a los cuerpos de agua cercanos al depósito.

La calidad del agua cercana al depósito de relaves fue muestreada en la quebrada Laguiña, en los puntos de monitoreo M-11 (en el medio del depósito de relaves) y M-18 (aguas abajo del depósito de relaves) cuya caracterización principal es que estas aguas en estado natural tienen pH ácido con valores de 3.37 y 3.28 respectivamente, y un elevado contenido de metales como: aluminio, hierro y manganeso, excediendo los estándares de calidad del agua (ECA categoría 3).

Se recomienda realizar campañas de aforos mensuales en esta zona aguas arriba y abajo de la ubicación de la relavera.

DEPÓSITO DE DESMONTE

El depósito de desmonte tiene un área total de 4.82 ha, ubicada a la margen izquierda de la quebrada Patari aguas abajo de la presa de agua. En esta etapa no hay impactos significativos, debido a que los manantiales y bofedales se encuentran secos.

El principal impacto identificado son las partículas de polvos originados por la remoción de material superficial, las cuales serán transportadas por los vientos a los cuerpos de agua cercanos al depósito de desmonte.

El punto de monitoreo más cercano se encuentra en la quebrada Patarí, el M-13 tiene un pH de 5.93 y exceden ligeramente los límites del ECA en los metales como el hierro y el manganeso con concentraciones de 1.69 mg/l y 0.32 mg/l.

Se recomienda realizar campañas de aforos mensuales en esta zona aguas arriba y abajo de la ubicación del depósito de desmonte.

PRESA DE AGUA

La Presa de agua tiene un área total de 4.98 ha ubicada aguas abajo de la confluencia de la quebrada Patari y la quebrada Laguiña, en esta etapa no hay impactos significativos debido a que las quebradas tributarias al cauce principal se secan y no muestran arrastre de partículas sólidas en la quebrada.

Al igual que en el depósito de relaves el principal impacto son las partículas de polvo originadas por los movimientos de tierra y la remoción de material superficial para la creación de los accesos, las cuales serán transportados por el viento hacia los cuerpos de agua.

En cuanto a la calidad del agua esta fue muestreada aguas arriba y abajo de la ubicación de la presa de agua, a la altura de la confluencia de las quebradas Patarí y Laguiña, siendo su punto de monitoreo M-17 (aguas arriba) y M-16, notándose que sus aguas se mantienen con pH ligeramente ácido, con un valor de 4.37 (M-17) y 4.78 (M-16), debido a que la quebrada Patari recibe el aporte hídrico de la quebrada Laguiña; los metales que

exceden son el aluminio, hierro y manganeso, lo cual exceden los estándares de calidad establecidos por la normativa peruana en calidad ambiental.

Se recomienda realizar campañas de aforos mensuales en esta zona aguas arriba y abajo de la ubicación de la presa de agua.

DEPÓSITO DE TOPSOIL

El depósito de Topsoil tiene un área total de 5.14 ha, ubicado en la parte alta de la quebrada Laguiña aguas arriba del depósito de relaves entre los cerros Quellopata y Huarmapata, en esta etapa se encuentran en condiciones naturales y ambientalmente estables.

Al igual que en el depósito de relaves el principal impacto son las partículas de polvo originadas por los movimientos de tierra y la remoción de material superficial de los accesos, las cuales serán transportados por el viento hacia los cuerpos de agua aledaños al depósito de topsoil.

La calidad del agua fue muestreada en la parte alta de la quebrada Laguiña, siendo su punto de monitoreo M-19 (aguas abajo depósito de topsoil), la cual presenta un pH neutro con un valor de 6.56; encontrándose dentro de los estándares de calidad establecidos por la normativa peruana en calidad ambiental y un valor alto de manganeso de 0.23 mg/l, cuyo parámetro excede los estándares de calidad.

Se recomienda realizar campañas de aforos mensuales en esta zona aguas arriba y abajo de la ubicación del depósito de topsoil.

Época Lluviosa

DEPÓSITO DE RELAVES

En esta época las precipitaciones son del orden de 28.25 a 357.77 mm/mensual, en esta época la precipitación es mayor que la evapotranspiración, con un excedente climático (escorrentía + infiltración) de 601.32 mm/anuales.

Los accesos creados para el depósito de relaves, serán afectados por la lluvia y escorrentía que se produzca en ellos, el material removido creara sólidos suspendidos en el agua, pero este proceso es mínimo ya que naturalmente ocurre este proceso por la intensidad y duración de las precipitaciones.

La calidad del agua cercana al depósito de relaves fue muestreada en la quebrada Laguiña, en el punto de monitoreo M-11 cuya característica principal es que tiene pH ligeramente ácido con valor de 5.82. En esta época las aguas mejoran su calidad en cuanto a las concentraciones de metales, por lo que están dentro de los estándares de calidad establecidos, la baja concentración de metales se debe a la dilución provocada por la lluvia que tiene concentraciones bajas o nulas de metales.

Se recomienda realizar campañas de aforos mensuales en esta zona aguas arriba y abajo de la ubicación de la relavera y evaluar la variabilidad con respecto a la época seca.

DEPÓSITO DE DESMONTE

En esta época las altas precipitaciones son del orden de 28.25 a 357.77 mm/mensual, provocan el arrastre y la erosión de los suelos creando sedimentos de tamaño regular que desembocan en la quebrada Patari, siendo un impacto natural provocado por la estación lluviosa.

La aparición de manantiales y bofedales producto de la infiltración de las precipitaciones, estos cuerpos de agua son estacionales debido a que en la época de estiaje se secan. En esta etapa no se presentan impactos sobre el agua superficial debido a que no existen cambios en las redes de drenaje como consecuencia de las actividades de remoción superficial del terreno.

Se recomienda realizar campañas de aforos mensuales en esta zona aguas arriba y abajo de la ubicación del depósito de desmonte y evaluar la variabilidad con respecto a la época seca.

PRESA DE AGUA

En esta época los caudales de las quebradas tributarias a la quebrada Patari se incrementan considerablemente, lo cual originan la erosión del suelo y el arrastre de partículas sólidas de tamaño pequeño a mediano al cauce principal, causando un impacto natural provocado por la estación lluviosa.

Este impacto no es significativo debido a que las corrientes de agua tienen un cauce natural ya definido. La calidad de agua en esta época se

muestreo en la cuenca media de la quebrada Patari, siendo el punto de monitoreo el M-02 (aguas abajo de la presa), los puntos de monitoreo M-16 y M-17 no se muestrearon en esta época, el cual tiene un pH de 7.98 aumentado en comparación con la época seca.

Se recomienda realizar campañas de aforos mensuales en esta zona aguas arriba y abajo de la ubicación de la presa de agua y evaluar la variabilidad con respecto a la época seca.

DEPÓSITO DE TOPSOIL

En esta época las precipitaciones (diciembre a enero) aumentan considerablemente, provocando la erosión de los suelos y del material de cobertura, las cuales se verán afectadas principalmente por la carga y el arrastre de los sedimentos a las quebradas aledañas al depósito, siendo este un impacto natural provocado por la estación lluviosa.

En esta época no se muestreo el punto de monitoreo M-19, la muestra más cercana se encuentra en la presa de relaves M-11, cuya característica principal es que tiene pH ligeramente ácido con valor de 5.82.

Se recomienda realizar campañas de aforos mensuales en esta zona aguas arriba y abajo de la ubicación del depósito de topsoil y evaluar la variabilidad con respecto a la época seca.

4.3.1.2 Etapa de Operación

Época Seca

DEPÓSITO DE RELAVES

En esta etapa el impacto al agua superficial será producido por el polvo generado durante las actividades de movimiento de materiales (mineral y desmonte) producto de las actividades mineras y el tratamiento del mineral en la planta concentradora. Estas partículas de polvo serán transportados por los vientos hacia los cuerpos de agua lo que crearán sólidos suspendidos.

En cuanto al agua superficial no se realizará mayor impacto porque el depósito de relaves se encuentra impermeabilizado en la base, asimismo cuenta con un sistema de subdrenaje así un sistema de colección de manejo de agua superficial como son los canales de coronación, que se construirán en la base del depósito de relaves.

Se recomienda muestrear mensualmente los parámetros fisicoquímicos en los puntos de monitoreo establecidos M-11 y M-18, para comparar los parámetros fisicoquímicos con la etapa de proyecto y analizar su variabilidad en el tiempo.

DEPÓSITO DE DESMONTE

En esta etapa los botaderos crearan una elevación del terreno con el material estéril de la mina, el impacto producido será el polvo generado al vaciar el material, las cuales serán transportadas por los vientos

produciendo partículas en suspensión en los cuerpos de agua aledaños al botadero.

Se recomienda muestrear mensualmente los parámetros fisicoquímicos en el punto de monitoreo establecido M-13 y agregar un punto de monitoreo aguas abajo de la quebrada donde se ubica el botadero, para comparar los parámetros fisicoquímicos con la etapa de proyecto y analizar su variabilidad en el tiempo.

PRESA DE AGUA

En esta etapa no hay impactos significativos debido a que las quebradas tributarias al cauce principal se secan, lo cual no originan ningún tipo de arrastre de partículas sólidas a la quebrada.

Se recomienda muestrear mensualmente los parámetros fisicoquímicos en los puntos de monitoreo establecidos M-16 y M-17, para comparar los parámetros fisicoquímicos con la etapa de proyecto y analizar su variabilidad en el tiempo.

DEPÓSITO DE TOPSOIL

Se recomienda muestrear mensualmente los parámetros fisicoquímicos en el punto de monitoreo establecido M-19, para comparar los parámetros fisicoquímicos con la etapa de proyecto y analizar su variabilidad en el tiempo.

Época Lluviosa

DEPÓSITO DE RELAVES

En esta época el impacto es debido a las altas precipitaciones lo que originan un excedente hídrico, que es la escorrentía y la infiltración; se tiene para un año húmedo una escorrentía superficial de 207,095.71 m³ anuales.

Este impacto no es significativo, con la instalación de un sistema de subdrenaje, obras de desvío de flujo, estructuras de captación, ayudara a captar las aguas superficiales y así evitar el ingreso al depósito, así un sistema de colección de manejo de agua superficial, que se construirán en la base para proteger y garantizar el funcionamiento del depósito de relaves.

Además se realizará el mantenimiento del sistema de drenaje para limitar la erosión y el transporte de los sedimentos, retirando el material que ha sido colmatado u otro que obstruya el flujo de la escorrentía superficial.

Se recomienda muestrear mensualmente los parámetros fisicoquímicos en los puntos de monitoreo establecidos M-11 y M-18, para comparar los parámetros fisicoquímicos con la etapa de proyecto y analizar su variabilidad en el tiempo.

DEPÓSITO DE DESMONTE

En esta etapa el depósito de desmonte presenta una escorrentía de 19,497.70 m³ anuales durante un año húmedo.

En cuanto al agua superficial no se realizará mayor impacto al agua superficial porque el botadero cuenta con un sistema de sub-drenaje así un sistema de colección de manejo de agua superficial como son los canales de coronación y planta de tratamiento de aguas, que se construirán en la base del depósito.

Se recomienda muestrear mensualmente los parámetros fisicoquímicos en el punto de monitoreo establecido M-13 y agregar un punto de monitoreo aguas abajo de la quebrada donde se ubica el botadero, para comparar los parámetros fisicoquímicos con la etapa de proyecto y analizar su variabilidad en el tiempo.

PRESA DE AGUA

En esta etapa de precipitaciones la presa de agua presenta una escorrentía de 42,779.85 m³, los posibles impactos serán debido a la crecida de caudal en las quebradas principales y tributarias, lo cual origina la erosión del suelo y la sedimentación en la presa por el arrastre de las partículas sólidas, siendo un proceso natural de la zona por la intensidad y duración de las lluvias.

Se recomienda muestrear mensualmente los parámetros fisicoquímicos en los puntos de monitoreo establecidos M-16 y M-17, para comparar los parámetros fisicoquímicos con la etapa de proyecto y analizar su variabilidad en el tiempo.

DEPÓSITO DE TOPSOIL

Para minimizar el posible impacto al depósito de topsoil se instalará un sistema de subdrenaje, obras de desvío de flujo, que ayudaran a captar las aguas superficiales y así evitar el ingreso al depósito, que se construirán en la base para proteger y garantizar el funcionamiento del depósito de topsoil.

Es importante que el drenaje se encuentre en óptimo estado y con mantenimiento continuo, a fin de evitar la colmatación con sedimentos o deterioro de las estructuras de drenaje para el flujo continuo de las aguas superficiales.

Se recomienda muestrear mensualmente los parámetros fisicoquímicos en el punto de monitoreo establecido M-19, para comparar los parámetros fisicoquímicos con la etapa de proyecto y analizar su variabilidad en el tiempo.

4.3.1.3 Etapa de Cierre

Época Seca

DEPÓSITO DE RELAVES

En esta etapa con la finalización de la explotación del mineral y la paralización de las actividades mineras, el impacto a las aguas superficiales es nulo. En esta etapa es importante realizar el seguimiento y el control de las aguas superficiales.

La superficie final del depósito de desmonte se cubrirá con material estéril grueso de mina (material alcalino) no generador de drenaje ácido con el objetivo de aislar de los agentes oxidantes como el agua, oxígeno, humedad y además prevenir la erosión eólica y levantamiento de polvo desde la superficie del mismo hacia los cuerpos de agua aledañas al componente minero.

Se recomienda implementar los puntos de monitoreo establecidos M-11 y M-18, para comparar los parámetros fisicoquímicos con la etapa de proyecto y analizar su variabilidad en el tiempo, como mínimo durante 5 años para garantizar la estabilización química.

DEPÓSITO DE DESMONTE

En esta etapa de finalización de toda actividad minera, el impacto a las aguas superficiales es nulo. El material de topsoil servirá para revegetar la mayor cantidad de áreas afectadas, a la vez se implementará un sistema de drenaje superficial para evitar problemas de erosión y posterior pérdida de suelo en las orillas de los cauces.

Es importante realizar en esta etapa el control y monitoreo de la calidad de agua en los cuerpos de agua cercanas al componente minero para evitar los daños a las aguas superficiales.

Se recomienda implementar como punto de monitoreo establecido el M-13 y agregar un punto de monitoreo aguas abajo de la quebrada donde se

ubica el botadero, para comparar los parámetros fisicoquímicos con la etapa de proyecto y analizar su variabilidad en el tiempo, como mínimo durante 5 años para garantizar la estabilización química; esto puede realizarse más adelante.

PRESA DE AGUA

Al finalizar la vida útil de la presa, esta permanecerá construida, este volumen se convertirá en escorrentía y rebosará por el aliviadero de la presa.

En esta etapa la operación de la presa de agua será regulada en función al requerimiento o uso que se plantee para su aprovechamiento.

DEPÓSITO DE TOPSOIL

En esta etapa con la finalización de la explotación del mineral y al paralizar las actividades mineras, el impacto a las aguas superficiales es nulo. El material de topsoil servirá para revegetar la mayor cantidad de áreas afectadas, a la vez se implementará un sistema de drenaje superficial para evitar problemas de erosión y posterior pérdida de suelo en las orillas de los cauces.

Es importante realizar en esta etapa el control y monitoreo de la calidad de agua en los cuerpos de agua cercanas al componente minero para evitar los daños a las aguas superficiales.

Se recomienda implementar como punto de monitoreo establecido el M-19, para comparar los parámetros fisicoquímicos con la etapa de proyecto y

analizar su variabilidad en el tiempo, como mínimo durante 5 años para garantizar la estabilización química.

Época Lluviosa

DEPÓSITO DE RELAVES

Es importante que el depósito de relaves deba tener una estabilidad física y una estabilidad química, debido a que en esta época las lluvias son más intensas lo que originan la socavación del dique, para evitar los riesgos de erosión y un eventual arrastre de los materiales.

Por tal motivo es importante la mantención del sistema drenaje para la evacuación de las aguas de lluvia.

Se recomienda implementar como puntos de monitoreo establecidos M-11 y M-18, para comparar los parámetros fisicoquímicos con la etapa de proyecto y analizar su variabilidad en el tiempo, como mínimo durante 5 años para garantizar la estabilización química.

DEPÓSITO DE DESMONTE

En esta etapa el material estéril y la compactación de la misma minimizarán la eventual acidez de la escorrentía y así evitarán las infiltraciones de las lluvias.

La escorrentía generada en el botadero será evacuado a través de un sistemas de drenaje que verterán las aguas a las quebradas más cercanas, a medida que se vaya avanzando el plan de cierre se realizarán

estudios adecuados que sean necesarios para asegurar la estabilidad química de los botaderos con lo cual el impacto a las aguas superficiales es nulo.

Se recomienda implementar como punto de monitoreo establecido el M-13 y agregar un punto de monitoreo aguas abajo de la quebrada donde se ubica el botadero, para comparar los parámetros fisicoquímicos con la etapa de proyecto y analizar su variabilidad en el tiempo, como mínimo durante 5 años para garantizar la estabilización química, ello se puede instalar luego de la etapa de operación.

PRESA DE AGUA

En esta etapa no existe un impacto significativo, debido a que la operación de la presa de agua será regulada en función al requerimiento o uso que se plantee para su aprovechamiento.

DEPÓSITO DE TOPSOIL

En esta etapa con la culminación de la explotación del mineral y la paralización de las actividades mineras, el impacto a las aguas superficiales es nulo. Las aguas superficiales no impactadas procedentes de las quebradas aledañas serán derivadas a través de los canales de derivación.

Se recomienda muestrear mensualmente los parámetros fisicoquímicos en el punto de monitoreo establecido M-19, para comparar los parámetros fisicoquímicos con la etapa de proyecto y analizar su variabilidad en el

tiempo, como mínimo durante 5 años para garantizar la estabilización química.

4.3.2 Identificación de Impactos de Agua Subterránea

4.3.2.1 Etapa de Proyecto

Época Seca

DEPÓSITO DE RELAVES

En esta etapa el impacto principal es la perforación diamantina con fines geotécnicos, que es utilizada para determinar el estado del macizo rocoso en condiciones naturales, para este proceso se emplean aditivos de perforación los cuales se mezclan con el agua subterránea y se degradan luego de 24hr.

Los niveles piezométricos son estables, establecemos que en esta etapa los niveles están en condiciones naturales.

De acuerdo al mapa de hidroisohipsas generado por el modelo numérico muestra que el nivel freático en la zona del depósito de relaves está entre los 4450 y 4500 msnm, por las escasas precipitaciones en esta época, siendo la evapotranspiración mayor que la precipitación se asume que los niveles están en condiciones naturales.

La recarga que se produce en esta época, en el área de 34.44 ha (área de influencia directa), es de 8,156.15 m³, calculado para año seco de acuerdo al balance hídrico elaborado para el botadero de desmonte, por las

escasas precipitaciones en esta época, siendo la evapotranspiración mayor que la precipitación.

En esta zona se realizó perforaciones geotécnicas, se propone la perforación e instalación de los piezómetros MS-02 y MS-03 aguas debajo del depósito de relaves con fines ambientales e hidrogeológicos.

Los resultados de calidad de agua al piezómetro DDH-INM-II-102, perforado con fines geotécnicos, indican que exceden el ECA categoría 3, en los siguientes parámetros: pH 8.69 y hierro 1.563 mg/l, se recomienda realizar muestreos mensuales para definir la calidad del agua subterránea en la zona de la relavera, los cuales serán definidos como parámetros físico-químicos de línea base del agua subterránea.

DEPÓSITO DE DESMONTE

En esta etapa el impacto principal es la perforación diamantina con fines geotécnicos, que es utilizada para determinar el estado del macizo rocoso en condiciones naturales, para este proceso se emplean aditivos de perforación los cuales se mezclan con el agua subterránea.

Los niveles piezométricos son estables, establecemos que en esta etapa los niveles están en condiciones naturales.

El nivel freático en el depósito de desmonte está a 4300 y 4350 msnm, en la parte baja y alta respectivamente.

La recarga que se produce en esta época, en el área de 4.82 ha (área de influencia directa), es de 2,054.63 m³, calculado para año seco de acuerdo

al balance hídrico elaborado para el depósito de desmonte, por las escasas precipitaciones en esta época, siendo la evapotranspiración mayor que la precipitación.

En esta zona se realizaron perforaciones geotécnicas, se propone la perforación e instalación de los piezómetros MS-06 aguas debajo del depósito de desmonte con fines ambientales e hidrogeológicos. No se realizó muestreo de agua para esta época seca.

PRESA DE AGUA

En esta etapa el impacto principal es la perforación con fines geotécnicos, para este proceso se emplean aditivos de perforación los cuales se mezclan con el agua subterránea.

En esta zona no se pudo medir el nivel freático, ya que los piezómetros fueron sellados con concreto, debido a la surgencia que presentaban, estos piezómetros son DDH-INM-II-501, DDH-INM-II-502 y DDH-INM-II-503. El mapa de hidroisohipsas elaborado con las secciones geofísicas e hidrogeológicas indica que el nivel freático se encuentra a 4400 y 4425 msnm, en la parte baja y alta de la presa respectivamente.

La recarga que se produce en esta época, en el área de 4.98 ha (área de influencia directa), es de 0.00 m³/año, calculado para año seco de acuerdo al balance hídrico elaborado para la presa de agua, por las escasas precipitaciones en esta época, siendo la evapotranspiración mayor que la precipitación.

El muestreo realizado al piezómetro DDH-INM-II-503, esta muestra fue tomada en la surgencia a un costado del piezómetro. Los resultados de análisis químico exceden el ECA categoría 3, en los siguientes parámetros: pH 8.44, sulfatos 2204 mg/l, calcio 383.70 mg/l y hierro 1.789 mg/l.

DEPÓSITO DE TOPSOIL

Los niveles piezométricos son estables, establecemos que en esta etapa los niveles están en condiciones naturales.

La recarga que se produce en esta etapa, en el área de 5.14 ha (área de influencia directa), es de 1,216.93 m³/año, calculado para año seco de acuerdo al balance hídrico elaborado para el topsoil, por las escasas precipitaciones en esta época, siendo la evapotranspiración mayor que la precipitación.

Época Lluviosa

DEPÓSITO DE RELAVES

En esta época los niveles piezométricos aumentarán, por la infiltración producida por las precipitaciones, el principal impacto como se mencionó en la época seca son las perforaciones diamantinas realizadas en esta área.

La recarga al acuífero aumentará en esta época, en el área de 34.44 ha (área de influencia directa) siendo la infiltración de 26,626.59 m³/año, calculado para año húmedo de acuerdo al balance hídrico elaborado para

la relavera, las precipitaciones en esta época son más intensas, siendo la evapotranspiración menor que la precipitación.

Se propone la perforación e instalación de los piezómetros MS-02 y MS-03 aguas debajo del depósito de relaves con fines ambientales e hidrogeológicos para evaluar la variabilidad del nivel freático y la calidad del agua subterránea con respecto a la época seca.

Los resultados de calidad de agua a los piezómetros HG-INM-F, HG-INM-G, HG-INM-I, muestreados en época de lluvia febrero 2012, indican que exceden el ECA categoría 3, en los siguientes parámetros: pH 9.56 y 10.70, DQO 178 DBO 52 en mg/l, hierro y magnesio en 13.97 y 1.45 mg/l.

DEPÓSITO DE DESMONTE

En esta época los niveles piezométricos aumentarán, por la infiltración producidas por las precipitaciones, el principal impacto como se mencionó en la época seca son las perforaciones diamantinas realizadas en esta área.

La recarga al acuífero aumentará en esta época, en el área de 4.82 ha (área de influencia directa), siendo la infiltración de 7,799.08 m³/año, calculado para año húmedo de acuerdo al balance hídrico elaborado para el depósito de desmonte.

En esta zona se realizaron perforaciones geotécnicas, se propone la perforación e instalación de los piezómetros MS-06 aguas debajo del depósito de desmonte con fines ambientales e hidrogeológicos.

Los resultados de calidad de agua al piezómetro DDH-INM11-BD-203, perforado con fines geotécnicos, indican que exceden el ECA categoría 3, en los siguientes parámetros: pH 8.39 y hierro 2.42 mg/l.

PRESA DE AGUA

En esta época los niveles piezométricos aumentarán, por la infiltración producidas por las precipitaciones, el principal impacto como se mencionó en la época seca son las perforaciones diamantinas realizadas en esta área.

La recarga al acuífero aumentará en esta época, en el área de 4.98 ha (área de influencia directa), siendo la infiltración de 0.00 m³/año, calculado para año húmedo de acuerdo al balance hídrico elaborado para la presa de agua, las precipitaciones en esta época son más intensas, siendo la evapotranspiración menor que la precipitación.

DEPÓSITO DE TOPSOIL

La recarga al acuífero aumentará en esta época, en el área de 5.14 ha (área de influencia directa), siendo la infiltración de 3,972.80 m³/año, calculado para año húmedo de acuerdo al balance hídrico elaborado para la depósito de topsoil.

4.3.2.2 Etapa de Operación

Época Seca

DEPÓSITO DE RELAVES

La impermeabilización de la base y el sistema de drenaje que tiene el depósito de relaves, que va hacia las pozas de tratamiento, evitan la infiltración hacia el acuífero, el impacto a las aguas subterráneas es nulo debido a la impermeabilización, los 8,156.15 m³ que deberían infiltrarse en esta época seca se convierten en escorrentía y van hacia las pozas de grandes eventos.

En esta época seca la evapotranspiración es mayor a la precipitación.

Para el monitoreo del pad de lixiviación en esta etapa se realizará con los piezómetros propuestos MS-02 y MS-03 con fines ambientales y los existentes HG-INM-F, HG-INM-G, HG-INM-I, realizando la comparación de los parámetros naturales y la variación en el tiempo.

DEPÓSITO DE DESMONTE

La impermeabilización al momento de la construcción y del inicio de operaciones del depósito de desmonte creando una elevación del terreno con el material estéril y a la construcción de canales de coronación y cunetas, disminuirá notablemente la infiltración en esta área, la generación de aguas ácidas por los estériles de mina serán derivados por los canales y cunetas hacia pozas o planta de tratamiento, evitando la contaminación del acuífero.

En esta época el impacto a las aguas subterráneas es nulo, al no producirse infiltración debido a la ausencia de lluvias en esta época, y la evapotranspiración es mayor a la precipitación.

El piezómetro propuesto MS-06 y el existente DDH-INM11-BD-203 monitoreara las aguas subterráneas con fines hidrogeológicos y ambientales.

PRESA DE AGUA

El llenado de la presa, generará la saturación y la elevación del nivel freático hasta la altura de llenado, la infiltración es mínima producto de la carga hidráulica producida por la presa, hasta igualarse las presiones, la infiltración producida por las precipitaciones es nula en esta época, debido a que la evapotranspiración es mayor que la precipitación.

El principal impacto en esta área es que el nivel freático subirá hasta la altura de llenado de la presa que es 4411 msnm aproximadamente en la zona del dique, la configuración de las hidroisohipsas y líneas de flujo estarán controladas por el espejo de agua de la presa.

Los piezómetros instalados en la etapa de proyecto deberán evaluar la variabilidad del nivel freático y la calidad del agua subterránea con respecto a las condiciones naturales y a las producidas por la construcción de la presa.

DEPÓSITO DE TOPSOIL

La acumulación de materiales orgánicos e inorgánicos, reducirán la infiltración al acuífero, la construcción del canal de coronación minimizará la escorrentía en el área.

En esta época el impacto a las aguas subterráneas es nulo, al no producirse infiltración debido a la ausencia de lluvias en esta época, y la evapotranspiración es mayor a la precipitación.

Los piezómetros instalados en la etapa de proyecto deberán evaluar la variabilidad del nivel freático y la calidad del agua subterránea, realizando la comparación entre los parámetros naturales y la variación de los parámetros producidos por la construcción del depósito de desmonte.

Época Lluviosa

DEPÓSITO DE RELAVES

El impacto producido al agua subterránea en el área del depósito de relaves es nulo. Gracias a la impermeabilización y el sistema de drenaje que tiene el depósito, que va hacia las pozas de tratamiento y evitan la infiltración hacia el acuífero, la recarga en el área para esta época es de 26,626.59 m³ que deberían infiltrarse en esta época húmeda se convierten en escorrentía y van hacia las pozas de grandes eventos.

Para el monitoreo del depósito de relaves en esta etapa se realizará con los piezómetros propuestos MS-02 y MS-03 con fines ambientales y los existentes HG-INM-F, HG-INM-G, HG-INM-I, realizando la comparación de los parámetros naturales y la variación en el tiempo.

DEPÓSITO DE DESMONTE

En esta época la impermeabilización en la base de los depósitos y la construcción de canales de coronación y cunetas durante su vida útil,

disminuirá notablemente la infiltración en estas áreas, la generación de aguas acidas por los estériles de mina serán derivados por los canales y cunetas hacia pozas o planta de tratamiento, evitando la contaminación del acuífero.

No se prevee mayor impacto al agua subterránea en esta etapa de operación y del componente minero.

La recarga calculada para el depósito de desmonte es de 7,799.08 m³ se convertirá en escorrentía superficial por la impermeabilización de la base y los canales de coronación.

Los piezómetros instalados DDH-INM11-BD-203 y el propuesto MS-06 deberán recolectar información mensual del nivel freático y calidad del agua para evaluar su variabilidad en el tiempo y con la época seca.

PRESA DE AGUA

El llenado de la presa, generará la saturación y la elevación del nivel freático hasta la altura de llenado, la infiltración se incrementa producto de la carga hidráulica producida por la presa.

La carga hidráulica subterránea deberá de incrementarse producto de la nueva carga hidráulica impuesta como es el espejo de agua, no existe mayor impacto en este escenario.

Los piezómetros instalados deberán recolectar información mensual del nivel freático y calidad del agua para evaluar su variabilidad en el tiempo.

DEPÓSITO DE TOPSOIL

La acumulación de materiales orgánicos e inorgánicos, reducirán la infiltración al acuífero, la construcción del canal de coronación minimizará la escorrentía en el área.

La infiltración calculada para esta época húmeda es de 3,972.80 m³/año, parcialmente se convertirá en escorrentía superficial, disminuyendo mínimamente el nivel freático y el almacenamiento del acuífero.

Los piezómetros instalados deberán recolectar información mensual del nivel freático y calidad del agua para evaluar su variabilidad en el tiempo y con la época seca.

4.3.2.3 Etapa de Cierre

Época Seca

DEPÓSITO DE RELAVES

En esta etapa con la paralización de las actividades mineras, el impacto a las aguas subterráneas es nulo, debido a que la precipitación es menor que la evapotranspiración.

La superficie final del pad de lixiviación se cubrirá con material estéril grueso de mina (material alcalino) no generador de drenaje ácido con el objetivo de aislar de los agentes oxidantes como el agua, oxígeno, y con la base impermeabilizado y el sistema de drenaje, canales de coronación implementados no ocurrirá impactos al agua subterránea.

Los piezómetros instalados deberán recolectar información mensual durante un periodo de 5 años como mínimo del nivel freático y calidad del agua para evaluar su variabilidad en el tiempo.

DEPÓSITO DE DESMONTE

Al finalizar la vida útil del depósito de desmonte, se compactará e impermeabilizará la superficie superior, minimizando el impacto al acuífero con material de desmonte.

En esta época el impacto a las aguas subterráneas es nulo, al no producirse infiltración debido a la ausencia de lluvias en esta época, y la evapotranspiración es mayor a la precipitación.

Los piezómetros instalados deberán recolectar información mensual durante un periodo de 5 años como mínimo del nivel freático y calidad del agua para evaluar su variabilidad en el tiempo.

PRESA AGUA

Al finalizar la vida útil de la presa, esta permanecerá construida, este volumen se convertirá en escorrentía y rebosará por el aliviadero de la presa.

La principal variación en esta área es que el nivel freático se mantendrá hasta la altura de llenado de la presa que es 4411 msnm aproximadamente

en la zona del dique, la configuración de las hidroisohipsas y líneas de flujo estarán controladas por el espejo de agua de la presa.

DEPÓSITO DE TOPSOIL

Al finalizar la vida útil del depósito de topsoil, esta área se limpiará y se dejará igual o mejor que el inicio de las operaciones mineras.

En esta época el impacto a las aguas subterráneas es nulo, al no producirse infiltración debido a la ausencia de lluvias en esta época, y la evapotranspiración es mayor a la precipitación.

Los piezómetros instalados deberán recolectar información mensual durante un periodo de 5 años como mínimo del nivel freático y calidad del agua para evaluar su variabilidad en el tiempo.

Época Lluviosa

DEPÓSITO DE RELAVES

Al finalizar la vida útil de la relavera se cubrirá e impermeabilizará la superficie superior, minimizando la infiltración y convirtiendo la precipitación en escorrentía superficial, la recarga que se convertirá en escorrentía es 26,626.59 m³/año, por lo que no se producirán impactos significativas al agua subterránea.

Los piezómetros instalados deberán recolectar información mensual durante un periodo de 5 años como mínimo del nivel freático y calidad del agua para evaluar su variabilidad en el tiempo.

DEPÓSITO DE DESMONTE

Al finalizar la vida útil del depósito de desmonte, se compactará e impermeabilizará la superficie superior, evitando la recarga del acuífero.

La infiltración calculada de 7,799.08 m³/año, se convertirá en escorrentía superficial por la impermeabilización de la superficie superior, anulando el impacto al agua subterránea con material estéril.

Los piezómetros instalados deberán recolectar información mensual durante un periodo de 5 años como mínimo del nivel freático y calidad del agua para evaluar su variabilidad en el tiempo.

PRESA DE AGUA

Al finalizar la vida útil de la presa, esta permanecerá construida, el llenado anula la infiltración producto de las precipitaciones en esta área, este volumen se convertirá en escorrentía y rebosará por el aliviadero de la presa.

La principal variación en esta área es que el nivel freático subirá hasta la altura de llenado de la presa que es 4411 msnm aproximadamente en la zona del dique, esta es la altura máxima ya que el volumen de las precipitaciones rebosarán por el aliviadero, la configuración de las hidroisohipsas y líneas de flujo estarán controladas por el espejo de agua de la presa.

DEPÓSITO DE TOPSOIL

Al finalizar la vida útil del depósito de topsoil, esta área se limpiará y se dejará igual o mejor que al inicio de las operaciones mineras, por lo que no ocurrirán impactos al agua subterránea.

Los piezómetros instalados deberán recolectar información mensual durante un periodo de 5 años como mínimo del nivel freático y calidad del agua para evaluar su variabilidad en el tiempo.

4.4 Medidas de Control y Mitigación de Impactos

4.4.1 Agua Superficial

DEPÓSITO DE RELAVES

El agua proveniente del depósito de relaves tendrá un tratamiento especial por el contenido de minerales sulfurosos que esta presente en el mineral extraído, esta agua no se puede descargar a las quebradas si exceden en 0.05 mg/l según el ECA, tiene que ser dirigida a la planta de tratamiento de aguas.

DEPÓSITO DE DESMONTE

La escorrentía producida por la impermeabilización y la derivación a través de las cunetas, las aguas ácidas serán derivadas a la planta de tratamiento para luego verterlas a los riachuelos, los puntos de monitoreo para el depósito de desmonte serán en la quebrada Collpa.

DEPÓSITO DE TOPSOIL

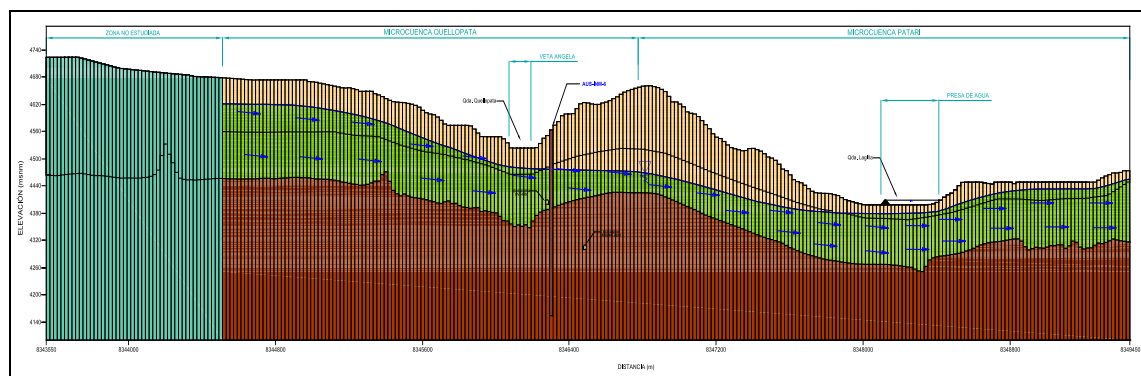
Para mitigar el posible impacto al agua superficial por el depósito de topsoil se instalará un sistema de subdrenaje, obras de desvío de flujo, que ayudaran a captar las aguas superficiales y así evitar el ingreso al depósito, que se construirán en la base para proteger y garantizar el funcionamiento del depósito de topsoil.

4.4.2 Agua Subterránea

VETA

Como la veta Angela tendrá un tipo de minado subterráneo no producirá impacto alguno al agua superficial, sin embargo causara una leve depresión en los niveles de agua subterránea producto de sus actividades mineras en la fase de operación que posteriormente en la fase de cierre recuperara sus niveles iniciales.

De acuerdo a la simulación de transporte de partículas y dirección de flujo subterráneo en fase operación (ver la Figura N° 84 y las Mapas N° 40 y 38) se propone la construcción de los piezómetros MS-08 y MS-05 los pozos de mitigación PMI-01 y PMI-02, dichos piezómetros propuestos y los existentes HG-INM-A, HG-INM-B, HG-INM-C permitirán controlar la calidad del agua subterránea y los pozos de mitigación permitirán realizar recuperación de agua subterránea mediante bombeo en caso exista contaminación. La ubicación de los pozos de mitigación propuestos se muestra en la Figura N° 85 y en el Mapa N° 41.



**Figura N° 84: Sección hidrogeológica modelada S-N', zona veta
Angela (fase operación)**

DEPÓSITO DE RELAVES

El depósito de relaves se encontrara impermeabilizado en la base, con sistemas de drenaje y canales de coronación construidos, por lo que no se producirán impactos significativos a partir de infiltraciones al agua subterránea.

De acuerdo a la simulación de transporte de partículas y dirección de flujo subterráneo en fase operación (ver la Figura N° 85 y los Mapas N° 40 y 37) se propone la construcción de los piezómetros MS-02, MS-03 y el pozo de mitigación PMI-03, dichos piezómetros propuestos y los existentes HG-INM-F, HG-INM-G, HG-INM-I permitirán controlar la calidad del agua subterránea y el pozo de mitigación permitirá realizar recuperación de agua subterránea mediante bombeo en caso exista contaminación. La ubicación de los pozos de mitigación propuestos se muestra en el Mapa N° 41.

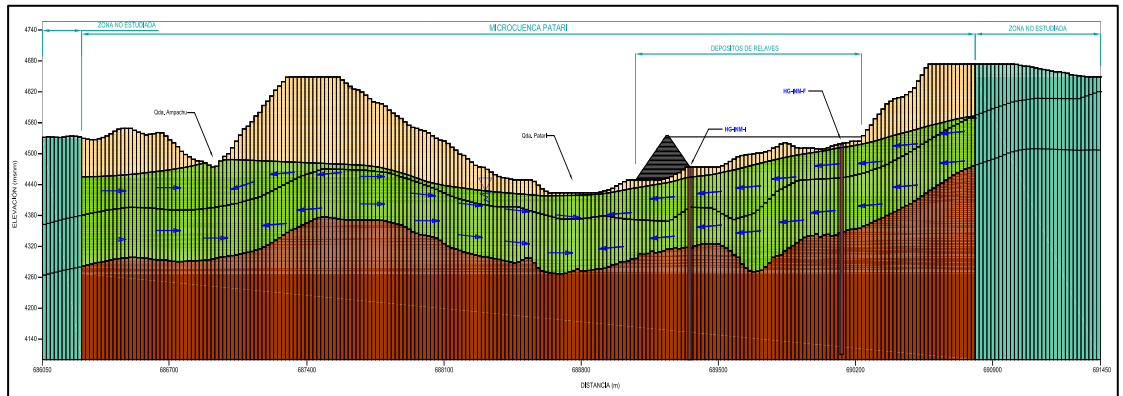


Figura N° 85: Sección hidrogeológica modelada W-E', depósito de relaves (fase operación)

DEPÓSITO DE DESMONTE

Como se mencionó con anterioridad el agua que debería infiltrarse pasará como escorrentía, y las aguas subterráneas se no afectaran significativamente. La calidad de las aguas a infiltrar no deben exceder los límites establecidos por los ECA.

De acuerdo a la simulación de transporte de partículas y dirección de flujo subterráneo en fase operación (ver Figura N° 86 y los Mapas N° 39 y 40) el monitoreo del depósito de desmonte se realizará con el piezómetro propuesto MS-06 y el existente DDH-INM11-BD-203, dichos piezómetros permitirás controlar la calidad del agua subterránea, y el pozo de mitigación propuesto PMI-02 permitirá realizar recuperación de agua subterránea mediante bombeo en caso exista contaminación. La ubicación de los pozos de mitigación propuestos se muestra en el Mapa N° 41.

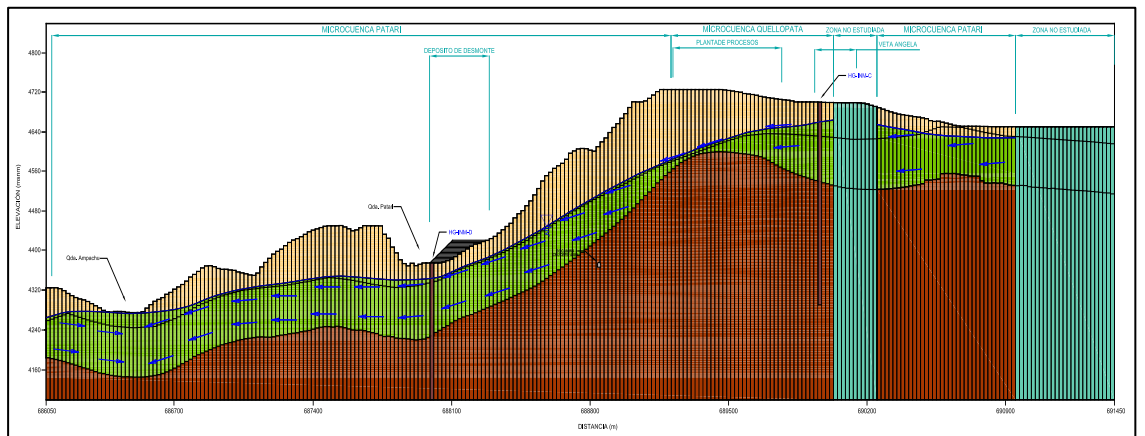


Figura N° 86: Sección hidrogeológica modelada W-E', depósito de desmonte (fase operación)

DEPÓSITO DE TOPSOIL

El agua que debería infiltrarse pasará como escorrentía, y las aguas subterráneas se afectarán significativamente. La calidad de las aguas a infiltrar no deben exceder los límites establecidos por los ECA.

De acuerdo a la simulación de transporte de partículas y dirección de flujo subterráneo en fase operación (ver Figura N° 87 y el Mapa N° 41) el monitoreo del depósito de topsoil se realizará el piezómetro propuesto MS-03 y el existente HG-INM-F, dichos piezómetros permitirán controlar la calidad del agua subterránea, y el pozo de mitigación propuesto PMI-03 permitirá realizar recuperación de agua subterránea mediante bombeo en caso exista contaminación. La ubicación de los pozos de explotación propuestos se muestra en el Mapa N° 41. En el Cuadro N° 31 se muestra

la ubicación de los piezómetros y pozos de mitigación propuestos, y sus características de instalación.

Cuadro N° 31: Ubicación y características técnicas de piezómetros y pozos propuestos.

PIEZÓMETROS Y POZOS PROPUESTOS 2012								
COD.	DESCRIPCIÓN	COORDENADAS (PSAD-56)		CARACTERÍSTICAS				
		ESTE	NORTE	Profundidad (m)	Tipo	Material	Diámetro Perforación (Pulg)	Diámetro Instalación (Pulg)
MS-01(*)	Piezómetro Depósito de Topsoil	690,301	8,348,350	100.00	T	PVC	4	2
MS-02(*)	Piezómetro Depósito de Relaves	688,888	8,348,620	100.00	T	PVC	4	2
MS-03(*)	Piezómetro Depósito de Relaves	688,965	8,348,596	100.00	T	PVC	4	2
MS-05(*)	Piezómetro Veta Angela	688,181	8,347,694	100.00	T	PVC	4	2
MS-06(*)	Piezómetro Depósito de Desmonte	687,999	8,347,508	100.00	T	PVC	4	2
MS-07(*)	Piezómetro aguas abajo de operaciones mineras	687,231	8,346,858	100.00	T	PVC	4	2
MS-08(*)	Piezómetro Veta Angela	688,441	8,346,345	100.00	T	PVC	4	2
PMI-01(**)	Pozo de mitigación Veta Angela	688,832	8,348,619	80.00	T	Acero bajo en carbono	8	6
PMI-03(**)	Pozo de mitigación Depósito de Relaves	687,709	8,347,268	80.00	T	Acero bajo en carbono	8	6
PMI-02(**)	Pozo de mitigación Depósito de Desmonte	688,108	8,346,484	80.00	T	Acero bajo en carbono	8	6

NOTA:

T = Tubular Abierto

(*) propuestos por la SVS Ingenieros SAC

(**) propuestos por HGS PERÚ SA

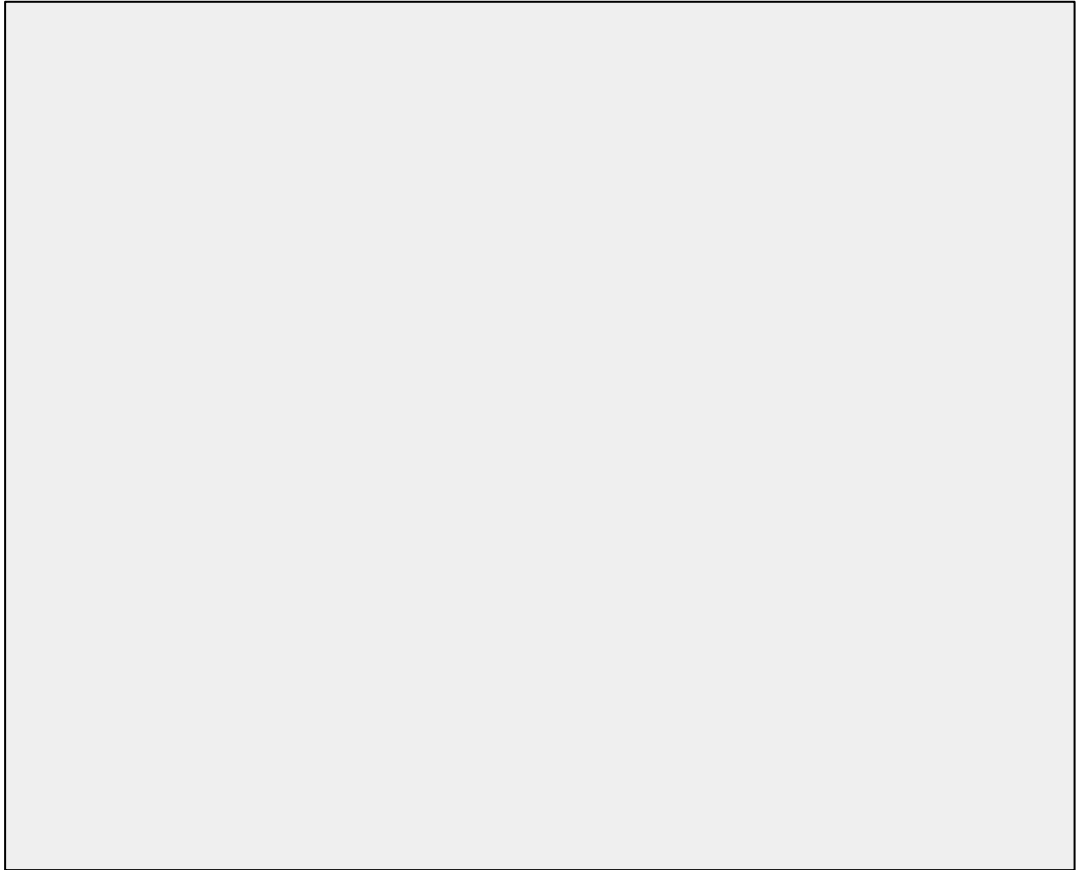


Figura N° 87: Ubicación de Pozos de de Mitigación

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- El proyecto Inmaculada dentro del ámbito de estudio se encuentra ubicado en la parte alta de la cuenca del río Ocoña, subcuenca del río Marañón y en las microcuencas de Patari, Quellopata, Huamancute, Cairllaca, Pascana y Cancalla. El proyecto presenta una influencia directa en la microcuenca Huamancute que posee una superficie total de 52.126 km², cuenta con 2 microcuencas tributarias que son Patari (20.79km²) y Quellopata (8.05 km²) que conforman el cauce principal. Recibe el nombre de quebrada Huamancute a partir de la confluencia de las microcuencas Patari y Quellopata, cuyas aguas desembocan al Océano Pacífico.
- Las variables climáticas de la zona del proyecto corresponden al análisis de las variables meteorológicas: La precipitación media anual en la zona del proyecto es de 870.08 mm. La temperatura media anual es de 6.12°C, presentándose las más bajas en los meses de junio y julio con 4.67°C y 4.51°C respectivamente; en cuanto a la humedad relativa promedio anual registrada es de 58.6 % y una

velocidad del viento media anual que varía entre 1.8 a 2.1 m/s con una dirección preferente de S y W. La climatología en la zona de estudio se caracteriza por ser estacionaria y variable, según la clasificación climática de Thornthwaite, existen dos clases de clima: el semiseco-frío y lluvioso semi-frío.

- Para determinar el comportamiento de la precipitación en el ámbito de las microcuencas se ha considerado la información registrada en las estaciones pluviométricas de: Chinchayllapa (1980/1987-1990/2009); Urayhuma (1964 -1979), Coracora (1964/1984 – 1991/2009), y Pulhuay (1984/1988 – 1991/2010) todas operadas por el Senamhi. Determinándose el modelo de regresión lineal simple que relaciona la variación de la precipitación media anual con la altitud, con lo cual se ha generado valores de precipitación media a la altura de la zona del proyecto, con un valor anual de 870.07 mm/año. Con la información de precipitación y temperatura de las estaciones mencionadas anteriormente se ha generado la estación Quellopata, siendo empleada en el cálculo del balance hídrico climático para los diferentes componentes mineros del proyecto Inmaculada.
- Se calculó la escorrentía superficial de la lluvia mediante el método del hidrograma unitario sintético de forma triangular, a fin de establecer el dimensionamiento de las obras lineales y no lineales, se calcularon para diferentes periodos de retorno, asumiendo un riesgo de falla de 10% y una vida útil del sistema de drenaje de 50 años. La lluvia-caudal

para la microcuenca Patarí 27.62 m³/s y la microcuenca Quellopata 11.56 m³/s.

- La disponibilidad hídrica se desarrolló en base a la información hidrométrica de la estación Puente Ocoña con periodos de registros de 25 años comprendidos entre 1983/84 – 2007/08. Las disponibilidades en las microcuencas se determinaron con el modelo de precipitación–escorrentía WEAP, cuya calibración del modelo se realizó manualmente con el objetivo de que los caudales simulados por el modelo siguieran el comportamiento de los caudales generados para la microcuenca Huamancute.
- La disponibilidad hídrica en la quebrada Patarí presenta un caudal máximo promedio en el mes febrero con 718.40 l/s y un caudal mínimo promedio en el mes de julio con 77.60 l/s, en la quebrada Quellopata, tiene un caudal máximo promedio en el mes febrero con 299.68 l/s y un caudal mínimo promedio en el mes de julio con 30.38 l/s y a la salida de la quebrada Huamancute se tiene un caudal máximo promedio en el mes febrero con 1287.49 l/s y un caudal mínimo promedio en el mes de julio con 176.64 l/s.
- Para el balance hídrico del modelo hidrológico, se observa que la disponibilidad del recurso hídrico satisface las demandas de agua fresca para la planta de operaciones en 40 l/s y el caudal ecológico (calculado por el método de Rafael Heras) en el punto de captación.

- Se ha construido y calibrado un modelo tridimensional de flujo de agua subterránea en el área de las futuras operaciones de Minera Suyamarca en régimen permanente para condiciones naturales del área de las microcuencas Patarí y Quellopata, este modelo numérico fue desarrollado tomando como base el modelo hidrogeológico conceptual.
- La calibración del modelo numérico se realizó a partir de valores de conductividad hidráulica, los valores de conductividad utilizados son de todos los piezómetros instalados con códigos HG-INM-A, y AUS-INM_1 y DDH-INM-II-102, ubicado en los diferentes componentes mineros. El error del balance masas es 6% siendo el modelo inestable.
- La calidad del agua superficial se ha caracterizado a través de tres campañas de monitoreo con un total de 24 muestras (tomadas en Marzo - 2011), 21 muestras (tomadas en Junio – 2011) y 21 muestras (tomadas en febrero – 2012), la caracterización del agua subterránea se realizó también mediante tres campañas la primera con 2 muestras en (Agosto – 2011), la segunda con 3 muestras en (noviembre – 2011) y la tercera con 7 muestras en (febrero – 2012). La característica principal es que las muestras exceden el ECA categoría 3 en la concentración de metales como el aluminio, hierro, manganeso y parámetros fisicoquímicos como el pH en la zona del depósito de relaves en estado natural (etapa de proyecto).

- La calidad del agua superficial en el estación de control químico (M-10) punto antes de la confluencia con la quebrada Huamancute, tanto los parámetros fisicoquímicos y la concentraciones de metales no excede los estándares ECA categoría 3 en las tres campañas de muestreo marzo 2011, junio 2011 y febrero 2012.
- El caudal de drenaje a generarse en la bocamina Angela es de $Q = 32.22 \text{ l/s} = 2788.2 \text{ m}^3/\text{d}$. calculo realizado por el método de Goodman, considerando la longitud final de 1800m en el nivel principal.

5.2 Recomendaciones

- Es importante implementar una red de estaciones hidrométricas y meteorológicas en las, microcuencas cercanas al proyecto, lo cual permitirá obtener mayor cantidad de información para próximas evaluaciones hidrológicas de la cuenca y un mejor refinamiento periódico del balance de agua, esto ayudará a la calibración del modelo hidrológico obtenido a la fecha.
- Realizar e implementar el programa de monitoreo hidrológico (caudales) y de calidad de aguas en forma permanente con la finalidad de evaluar el grado de posible contaminación de los ríos y quebradas.
- Realizar la perforación y construcción de pozos y piezómetros propuestos en las zonas designadas aguas debajo de la Veta, depósito de relaves y depósito de desmonte realizando un monitoreo constante (cuatrimestral del nivel freático del agua y calidad de agua

subterránea), la ubicación de dichos pozos y piezómetros se propone en el presente trabajo.

- Realizar la recolección periódica de datos de calidad de agua superficial y subterránea (pozos y piezómetros) durante las tres etapas: proyecto, operación y cierre.

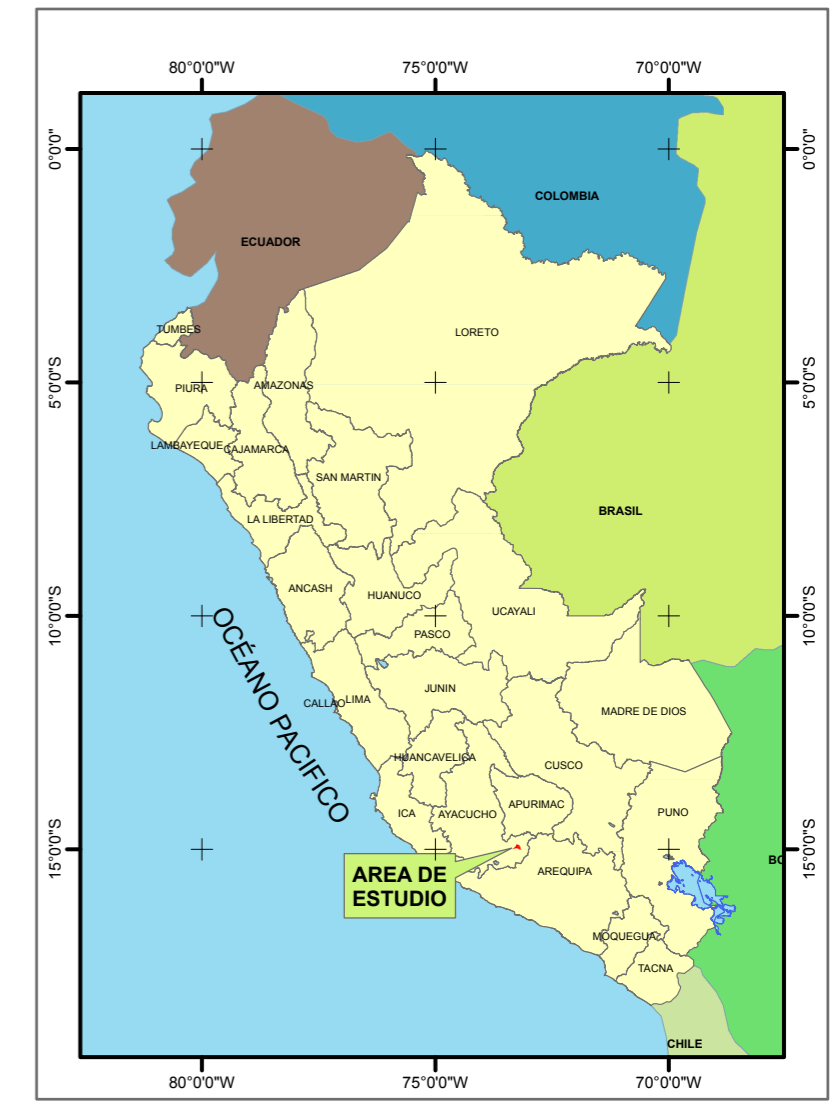
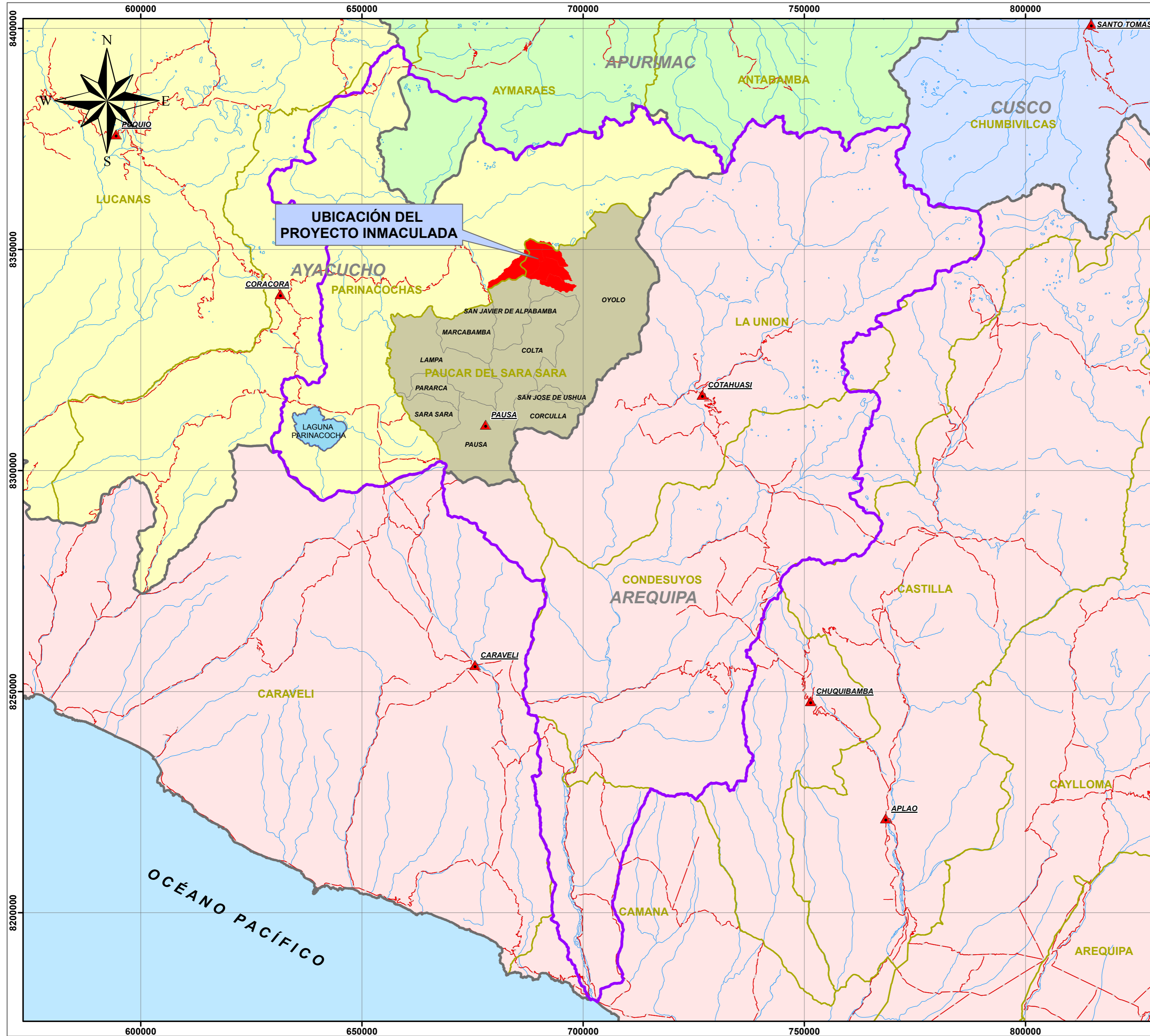
VI. BIBLIOGRAFÍA

- Benítez, Alberto. "Captación De Aguas Subterráneas", Dossat, 619 Pages. Madrid-España 1972.
- Chen, F. W. & Liew, J. Y. R. "The Civil Engineering Handbook". CRC PRESS LLC, 2904 Pages. Boca Raton, Florida 33431, USA, 2003.
- Comisión Docente Curso Internacional de Hidrología Subterránea "Hidrogeología, Conceptos Básicos de Hidrología Subterránea", Fundación Centro Internacional de Hidrología Subterránea, 768 páginas, Barcelona-España 2009.
- Delleur, Jacques W. "The Handbook of Groundwater Engineering". CRC PRESS LLC, 992 Pages. Boca Raton, FL 33431. USA, 1999.
- Fernández, M. A. "Estudio y Modelización de la Contaminación del Acuífero del Río Najerilla". Tesis Doctoral. 481 Páginas. Departamento de Química. Universidad de La Rioja. España, 2004.
- Foster, S. & Hirata, R. & Gomes, D. & D'Elia, M. & París, M. "Protección de la Calidad del Agua Subterránea". Groundwater Management Advisory Team. Banco Mundial, Washington DC, 2002.

- Hidroenergía Consultores en Ingeniería SRL. “Estudio Hidrogeológico del Depósito de Relaves Quilacocha y Desmontes Excelsior”. Lima, 2008.
- HGS PERU S.A., R. Juárez. “Estudio Hidrogeológico de la Mina Quicay”. Lima, 2009
- Heath, R. “Basic Ground-Water Hydrology”. 88 Pages. U.S. Geological Survey. Department of The Interior. Denver Co, 1987.
- Jorge Molinero Huguet “Paper de Maestría Universitaria en Ingeniería Del Agua”, Universidad Santiago de Compostela, Sevilla-España 2005.
- Jones, N. L. “Groundwater Flow and Pollutant Transport Modeling”. Class Fall Semester 2004. Dept. of Civil and Environmental Engineering. Brigham Young University, USA, 2004.
- Karlheinz Spitz & Joana Moreno “A Practical Guide to Groundwater and Solute Transport Modeling”. JOHN WILEY & SONS, INC. 461 Pages. New York-USA.
- Klaus, K. & Gerhard L. & Hans-Jurgen, V. “Environmental Geology”. Springer Berlin Heidelberg New York. Berlín, 2007.
- Kirsch, Reinhard. “Groundwater Geophysics a Tool for hydrogeology”. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. Berlín, 2006.
- Mary P. Anderson & William W. Woessner “Applied Groundwater Modeling, Simulation of Flow and Advective Transport”. Academic Press, 381 Pages. San Diego-USA 1992.

- Ministerio de Energía de Minas. "Manual de Calidad de Aguas". Lima, 2007.
- Merkel, B. & Planer-Friedrich, B. "Groundwater Geochemistry". Springer-Verlag Berlín Heidelberg. Berlín, 2008.
- McDonald, M. & Harbaugh, A. "A Modular Three-Dimensional Finite-Difference Ground-Water Flow Model". 258 Pages. Techniques of Water-Resources Investigations of the United States Geological Survey. Washington, 1988.
- Pinder, G. & Celia, M. "Subsurface Hydrology". A John Wiley & Sons, Inc Publication. EEUU, 2006.
- Reilly, T. & Franke, O. "The Effects of Boundary Conditions on the Steady-State Response of Three Hypothetical Ground-Water Systems- Results and Implications of Numerical Experiments". 23 Pages. United States Geological Survey. Department of The Interior. Denver, CO, 1990.
- S.N Davis & R. De Wiest "Hydrogeology", Editions Ariel, 563 Pages. Barcelona-España 1971.
- Thangarajan, M. "Groundwater-Resource Evaluation, Augmentation, Contamination, Restoration, Modeling and Management". Springer-Verlag Berlín Heidelberg. Berlín, 2007.
- U.S. Army Corps of Engineers. "Groundwater Hydrology". Engineer Manual, 122 Pages. Department of the Army. Washington, 1999.

- Vives, L. & Varni, M. "Hidrología de Acuíferos en Rocas Sedimentadas". Apuntes de Clase Maestría en Recursos Hídricos. Universidad Nacional de Rosario-Instituto de Hidrología de Llanuras. Argentina, 2004.
- Vereecken, H & Binley, A. & Cassiani, G. & Titov, K. "Applied Hydrogeophysics". Springer-Verlag Berlín Heidelberg. Berlín, 2006.



Leyenda

- ▲ Capital de Provincia
- ~ Hidrografía
- Red Vial
- ☪ Lagunas
- ☪ Microcuencas de Estudio
- ▭ Límite de la Cuenca Ocoña
- ▭ Límite Departamental
- ▭ Límite Provincial
- ▭ Provincia Paucar del Sara Sara

Departamentos

- Apurímac
- Arequipa
- Ayacucho
- Cusco



UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA
 ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA - GEOTÉCNICA

TESIS: ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDROGEOLÓGICO PARA DETERMINAR IMPACTOS EN LAS ETAPAS DE OPERACIÓN CIERRE DEL PROYECTO MINERO INMACULADA REGIÓN AYACUCHO

UBICACIÓN DEL PROYECTO

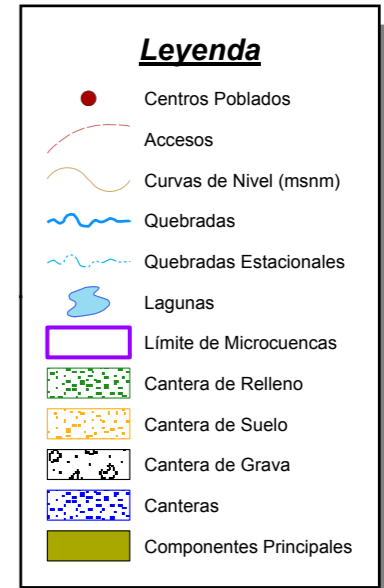
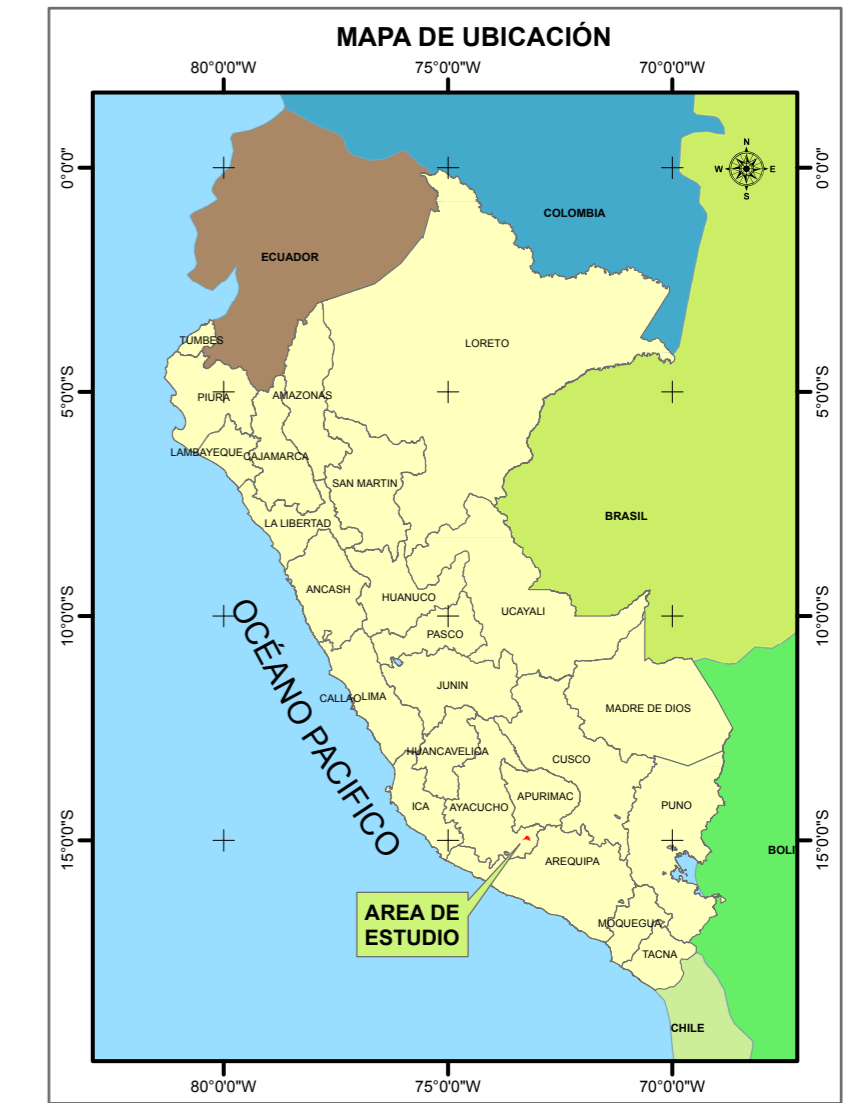
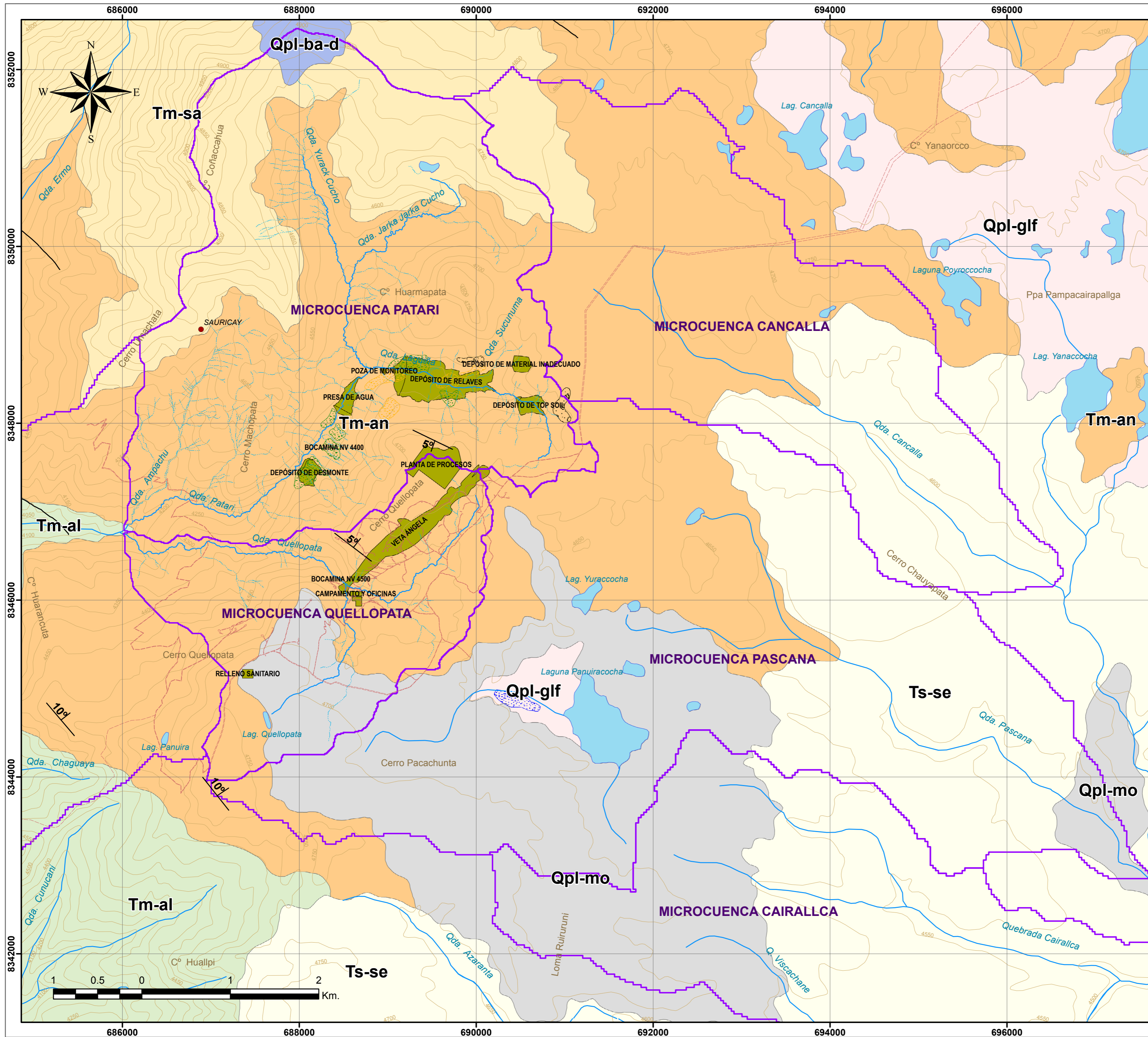
ELABORADO: URIEL NESTOR MARCA VENTURA

ESCALA: 1:600,000

FECHA: DICIEMBRE, 2012

FUENTE: CARTAS NACIONALES DEL IGN ESC. 1/100 000

MAPA: 01



CRONOESTRATIGRAFIA			LITOSTRATIGRAFIA	
ERATENA	SISTEMA	ERA	UNIDADES ESTRATIGRAFICAS	
MEZOSÓDICO	CUATERNARIO	RESIENTE	Depositos	
		PLEISTOCENO	Grupo Barroso	
TERCIARIO	JURASICO	SUPERIOR	Formación Sencca	
			Formación Saycata	
		MEDIO	Formación Aniso	
			Formación Alpatamba	

DATUM: UTM WGS84 ZONA: 18S

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA
ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA - GEOTÉCNICA

TESIS: ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDROGEOLÓGICO PARA DETERMINAR IMPACTOS EN LAS ETAPAS DE OPERACIÓN CIERRE DEL PROYECTO MINERO INMACULADA REGIÓN AYACUCHO

DESCRIPCIÓN: MAPA GEOLÓGICO

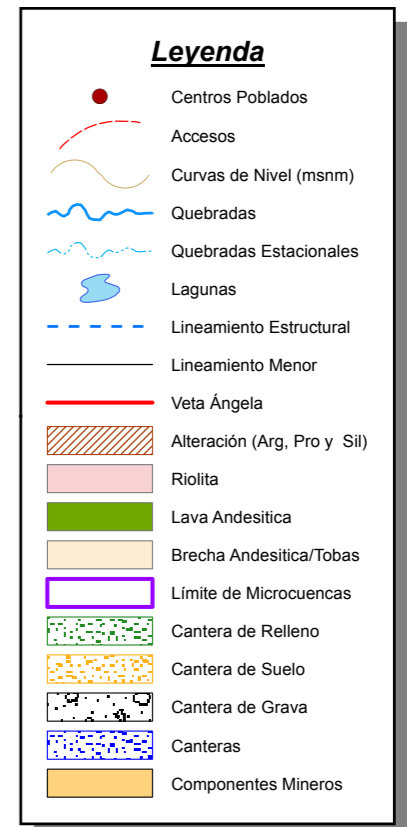
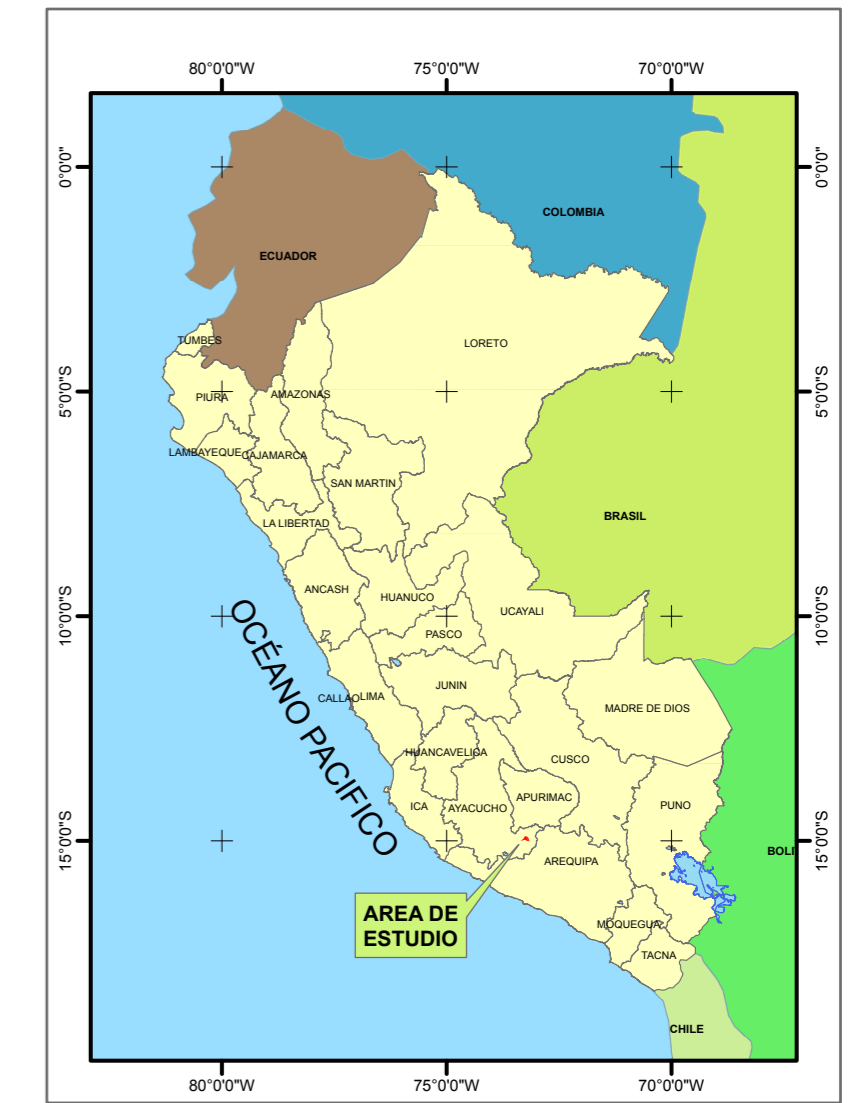
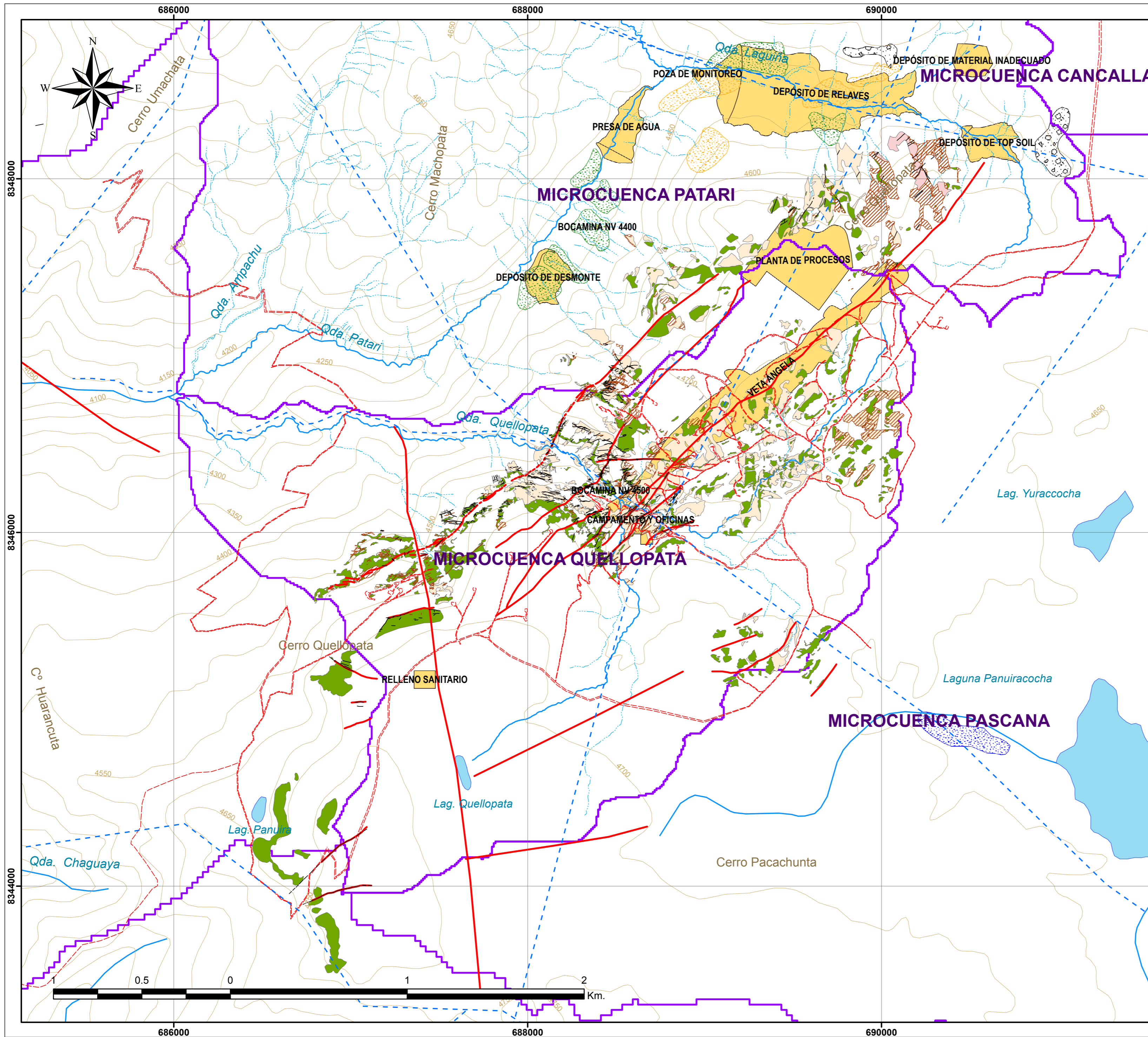
ELABORADO: URIEL NESTOR MARCA VENTURA

ESCALA: 1:30.000

FECHA: DICIEMBRE, 2012

FUENTE: CARTAS NACIONALES DEL IGN ESC. 1/100 000

02a



DATUM: UTM WGS84 ZONA: 18S

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA
 ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA - GEOTÉCNICA

TESIS: ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDROGEOLÓGICO PARA DETERMINAR IMPACTOS EN LAS ETAPAS DE OPERACIÓN CIERRE DEL PROYECTO MINERO INMACULADA REGIÓN AYACUCHO

DESCRIPCIÓN: MAPA GEOLÓGICO LOCAL

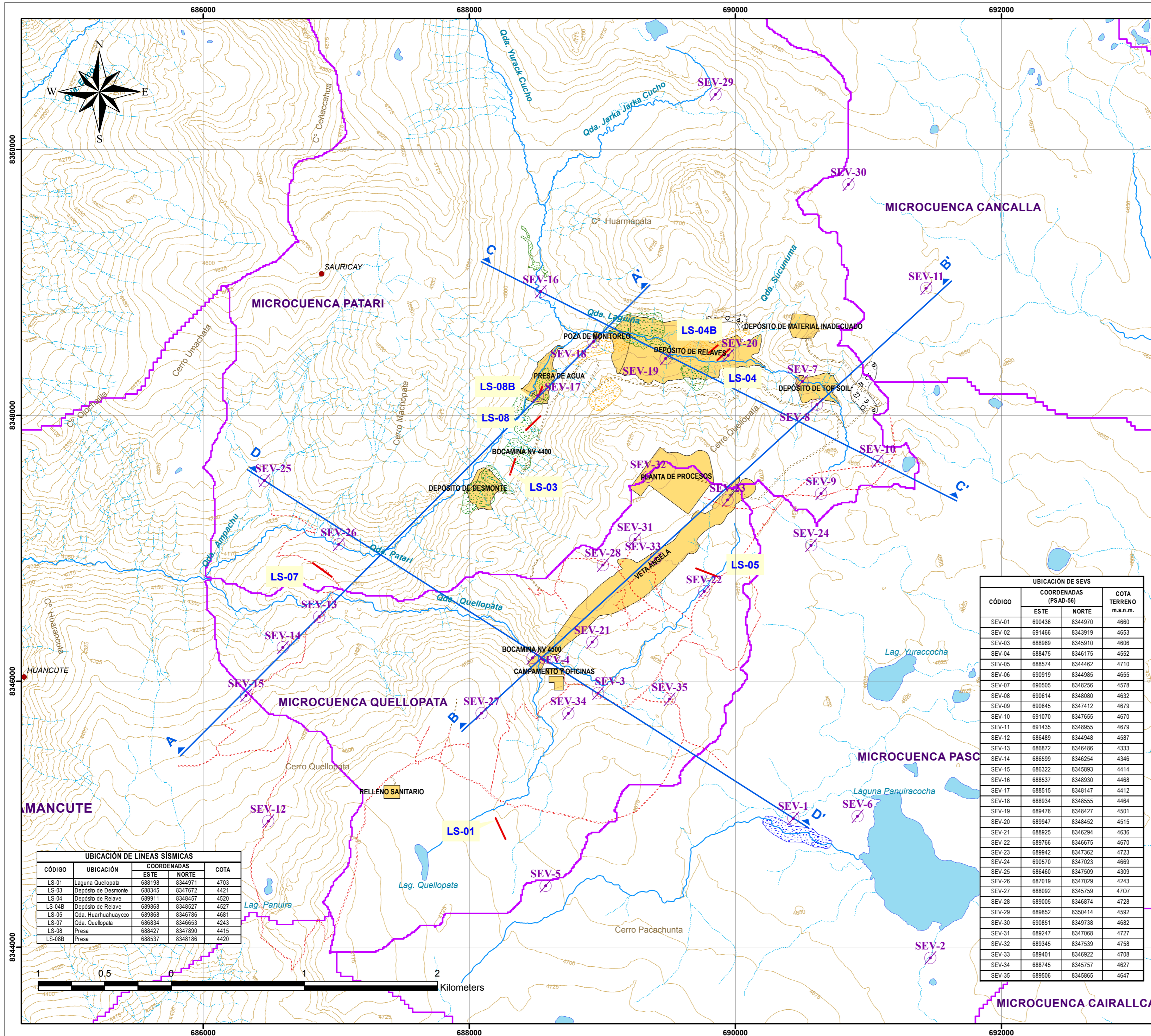
ELABORADO: URIEL NESTOR MARCA VENTURA

ESCALA: 1:15.000

FECHA: DICIEMBRE, 2012

FUENTE: CARTAS NACIONALES DEL IGN ESC. 1/100 000

02b



Leyenda

- Sondaje Eléctrico Vertical
- Centros Poblados
- Sección Geoeléctrica
- Sección Sísmica
- Acceso Existente
- Acceso Proyectado
- Curvas de Nivel (msnm)
- Quebradas
- Quebradas Estacionales
- Lagunas
- Bofedales
- Límite de Microcuencas
- Cantera de Relleno
- Cantera de Suelo
- Cantera de Grava
- Canteras
- Componentes Mineros

UBICACIÓN DE LINEAS 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	Presas	688427	8347890	4415
LS-08B	Presas	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

DATUM: UTM WGS84 ZONA: 18S

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA - GEOTÉCNICA

TESIS: ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDROGEOLÓGICO PARA DETERMINAR IMPACTOS EN LAS ETAPAS DE OPERACIÓN CIERRE DEL PROYECTO MINERO INMACULADA REGIÓN AYACUCHO

DESCRIPCIÓN: MAPA DE UBICACIÓN DE SEVS, SECCIONES GEOELÉCTRICAS Y SECCIONES SÍSMICAS

ELABORADO: URIEL NESTOR MARCA VENTURA

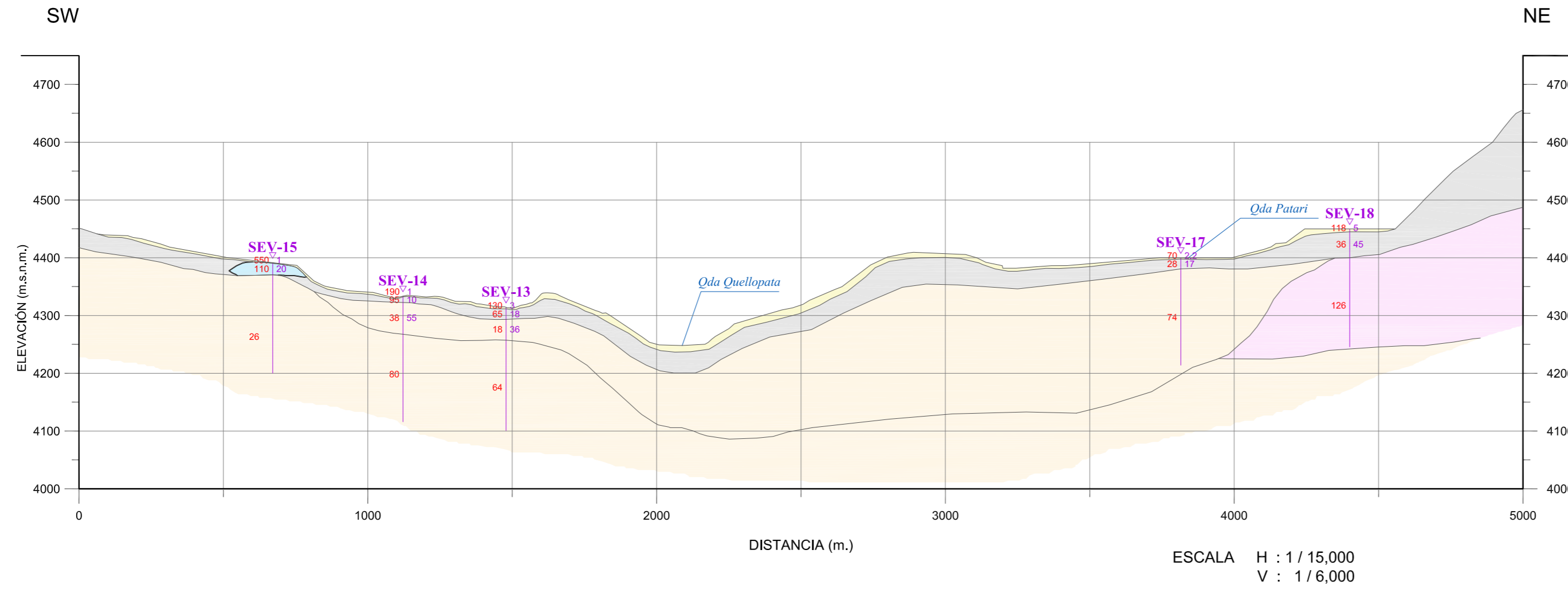
ESCALA: 1:20,000

FECHA: DICIEMBRE, 2012

FUENTE: CARTAS NACIONALES DEL IGN ESC. 1/100 000

03

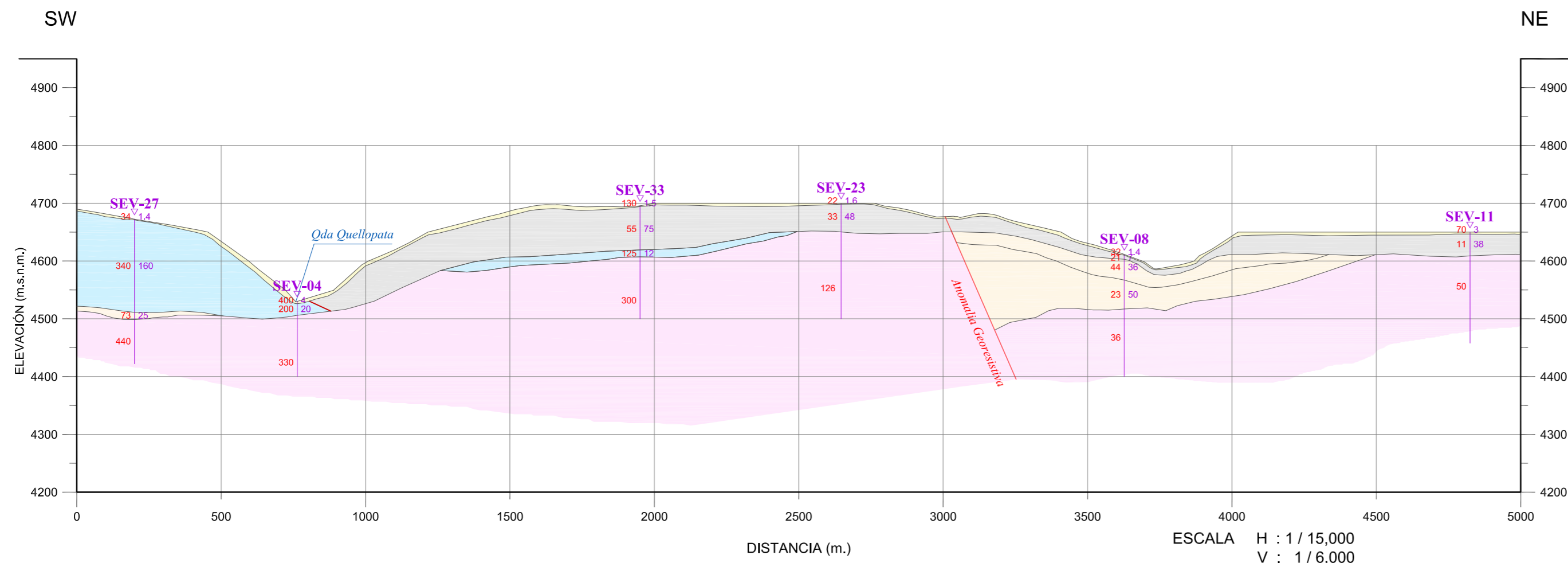
SECCIÓN GEORESISTIVA A-A'



LEYENDA	
	Estrato Superficial
	Segundo Estrato
	Tercer Estrato
	Cuarto Estrato
	Quinto Estrato

SIMBOLOGÍA	
▽	SEV-11 Sondaje Eléctrico Vertical
510.7	Resistividad en ohm-m
33.8	Espesor en metros

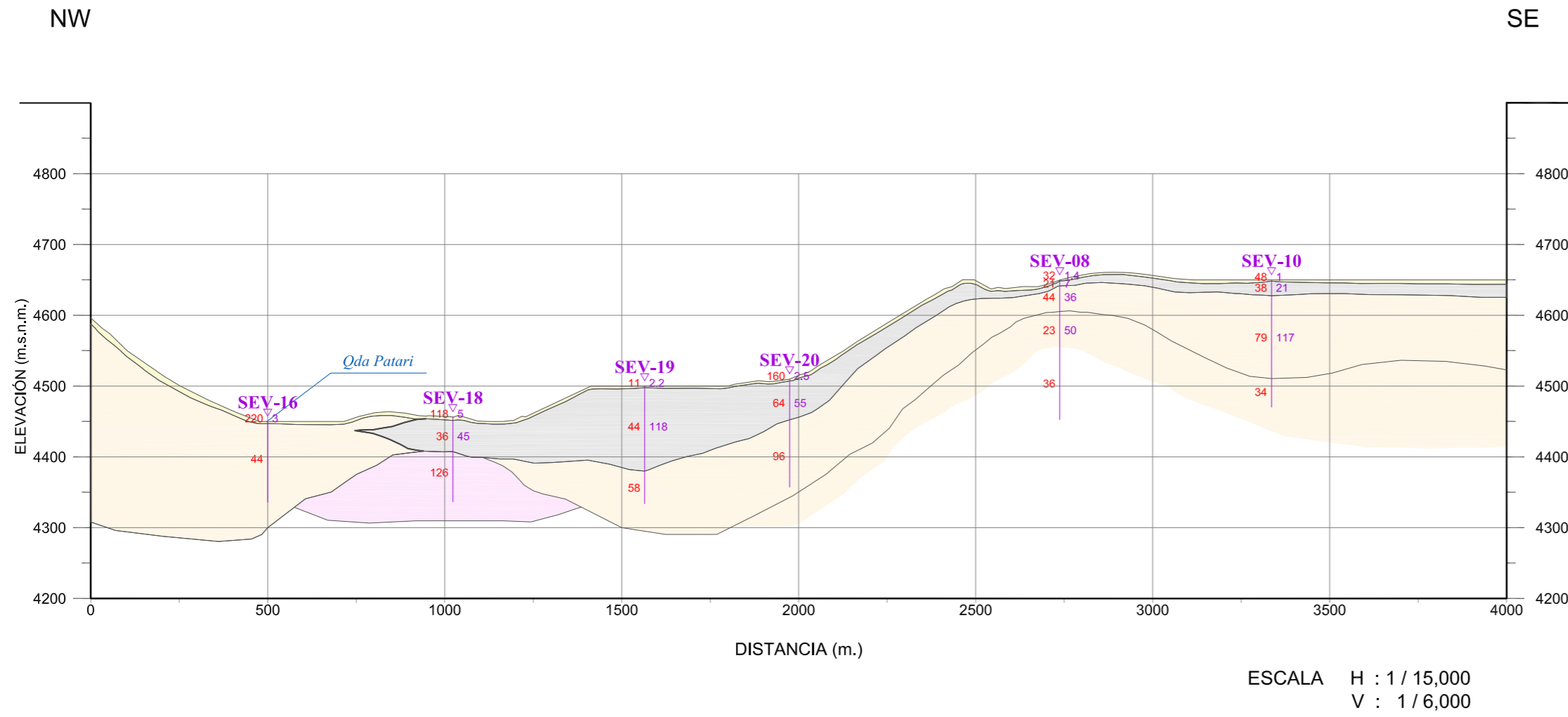
SECCIÓN GEORESISTIVA B - B'



DATUM: UTM WGS84 ZONA: 18S

	UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA - GEOTÉCNICA	
TESIS: ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDROGEOLÓGICO PARA DETERMINAR IMPACTOS EN LAS ETAPAS DE OPERACIÓN CIERRE DEL PROYECTO MINERO INMACULADA REGIÓN AYACUCHO		
DESCRIPCIÓN: SECCIÓN GEORESISTIVA A-A' Y B-B'		
ELABORADO: URIEL NESTOR MARCA VENTURA		MAPA:
ESCALA: INDICADA		04
FECHA: DICIEMBRE, 2012		
FUENTE: CARTAS NACIONALES DEL IGN ESC. 1/100 000		

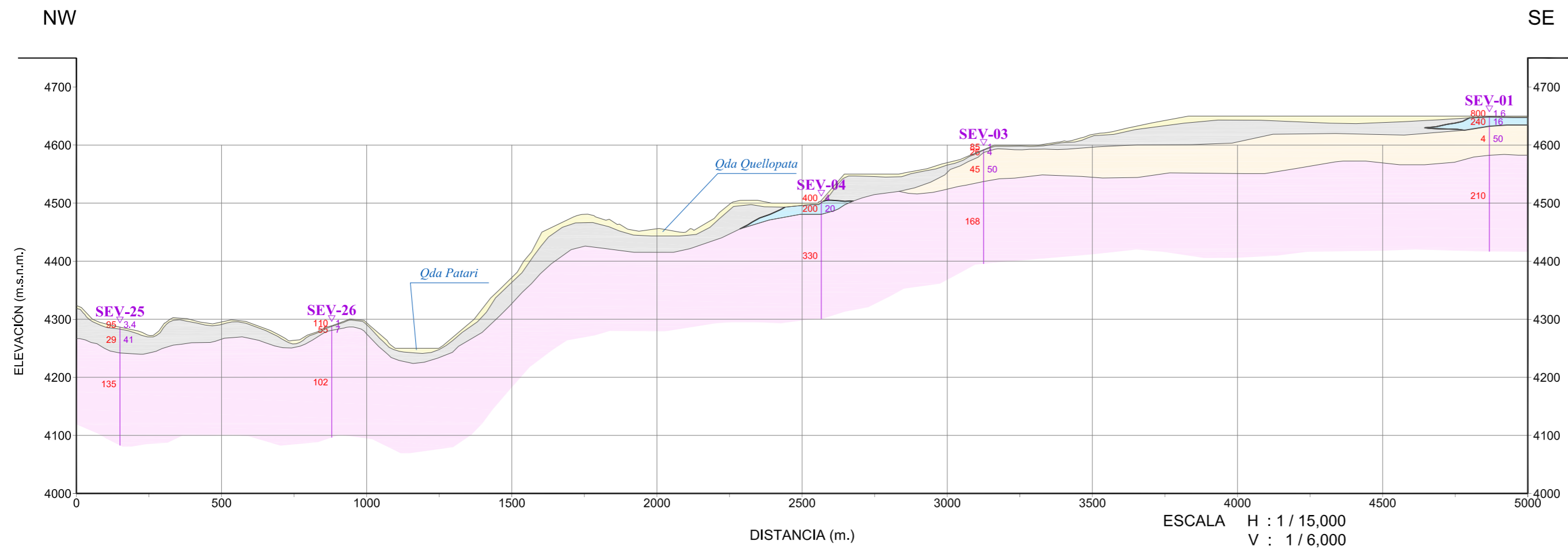
SECCIÓN GEOELÉCTRICA C - C'



LEYENDA	
	Estrato Superficial
	Segundo Estrato
	Tercer Estrato
	Cuarto Estrato
	Quinto Estrato

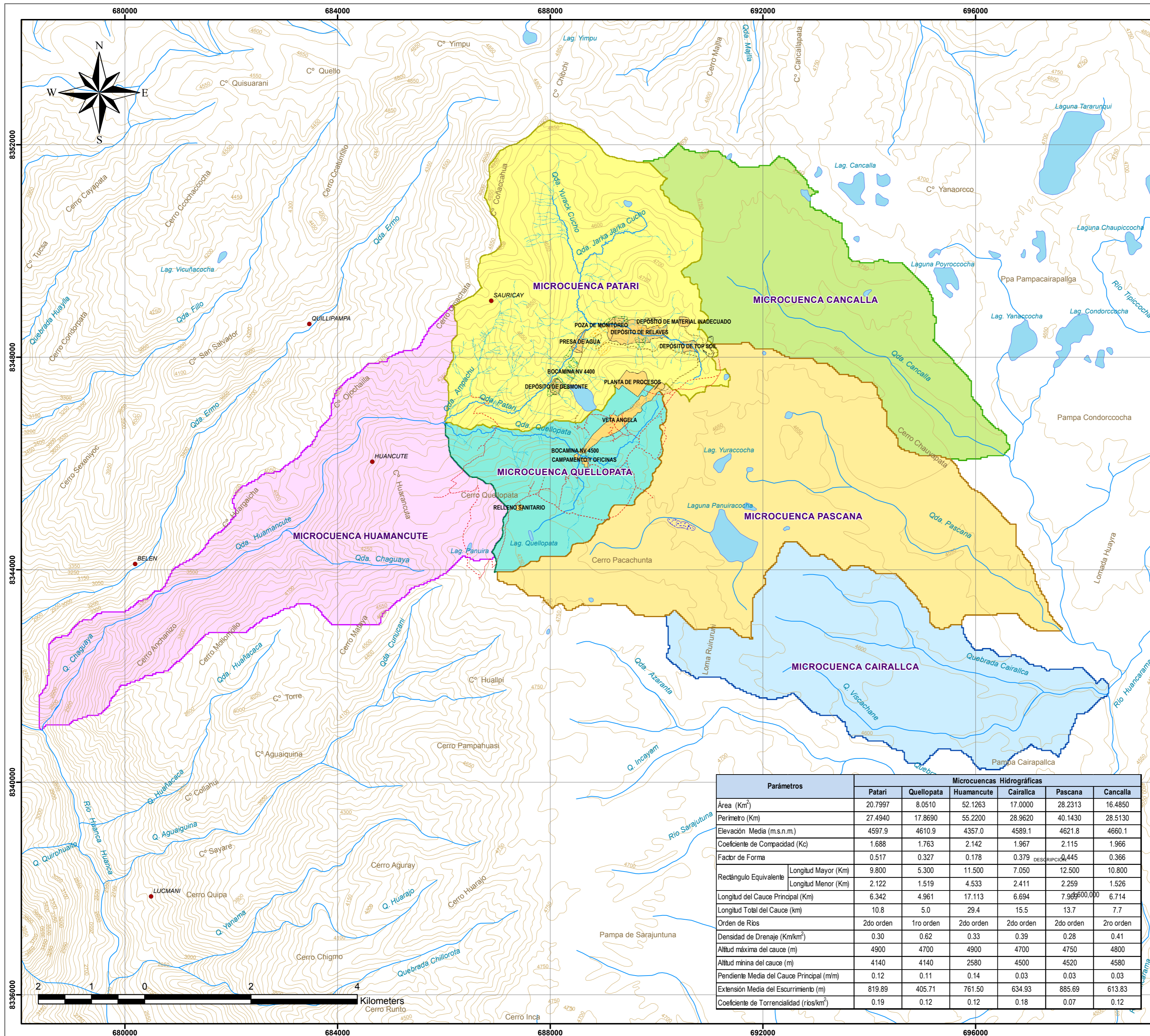
SIMBOLOGÍA	
SEV-11 ▽	Sondaje Eléctrico Vertical
510.7	Resistividad en ohm-m
33.8	Espesor en metros

SECCIÓN GEOELÉCTRICA D - D'



DATUM: UTM WGS84 ZONA: 18S

	UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA - GEOTÉCNICA	
TESIS: ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDROGEOLÓGICO PARA DETERMINAR IMPACTOS EN LAS ETAPAS DE OPERACIÓN CIERRE DEL PROYECTO MINERO INMACULADA REGIÓN AYACUCHO		
DESCRIPCIÓN: SECCIÓN GEORESISTIVA C-C' Y D-D'		
ELABORADO: URIEL NESTOR MARCA VENTURA		MAPA:
ESCALA: INDICADA		05
FECHA: DICIEMBRE, 2012		
FUENTE: CARTAS NACIONALES DEL IGN ESC. 1/100 000		



Legenda

- Centros Poblados
- - - Acceso Existente
- - - Acceso Proyectado
- ~ Curvas de Nivel (msnm)
- ~ Quebradas
- ~ Quebradas Estacionales
- ~ Lagunas
- Componentes Mineros

Canteras

- Cantera de Relleno
- Cantera de Suelo
- Cantera de Grava
- Canteras

Microcuencas

- MICROCUENCA CAIRALLCA
- MICROCUENCA CANCELLA
- MICROCUENCA PASCANA
- MICROCUENCA PATARI
- MICROCUENCA QUELLOPATA
- MICROCUENCA HUAMANCUTE

Parámetros	Microcuencas Hidrográficas						
	Patari	Quellopata	Huamancute	Cairallca	Pascana	Cancalla	
Área (Km ²)	20.7997	8.0510	52.1263	17.0000	28.2313	16.4850	
Perímetro (Km)	27.4940	17.8690	55.2200	28.9620	40.1430	28.5130	
Elevación Media (m.s.n.m.)	4597.9	4610.9	4357.0	4589.1	4621.8	4660.1	
Coefficiente de Compacidad (Kc)	1.688	1.763	2.142	1.967	2.115	1.966	
Factor de Forma	0.517	0.327	0.178	0.379	0.445	0.366	
Rectángulo Equivalente	Longitud Mayor (Km)	9.800	5.300	11.500	7.050	12.500	10.800
	Longitud Menor (Km)	2.122	1.519	4.533	2.411	2.259	1.526
Longitud del Cauce Principal (Km)	6.342	4.961	17.113	6.694	7.960	6.714	
Longitud Total del Cauce (km)	10.8	5.0	29.4	15.5	13.7	7.7	
Orden de Ríos	2do orden	1ro orden	2do orden	2do orden	2do orden	2ro orden	
Densidad de Drenaje (Km ² /Km ²)	0.30	0.62	0.33	0.39	0.28	0.41	
Altitud máxima del cauce (m)	4900	4700	4900	4700	4750	4800	
Altitud mínima del cauce (m)	4140	4140	2580	4500	4520	4580	
Pendiente Media del Cauce Principal (m/m)	0.12	0.11	0.14	0.03	0.03	0.03	
Extensión Media del Escurrimiento (m)	819.89	405.71	761.50	634.93	885.69	613.83	
Coefficiente de Torrencialidad (ríos/km ²)	0.19	0.12	0.12	0.18	0.07	0.12	

UBICACIÓN DEL PROYECTO DATUM: UTM WGS84 ZONA: 18S

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA - GEOTÉCNICA

TESIS: ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDROGEOLÓGICO PARA DETERMINAR IMPACTOS EN LAS ETAPAS DE OPERACIÓN CIERRE DEL PROYECTO MINERO INMACULADA REGIÓN AYACUCHO

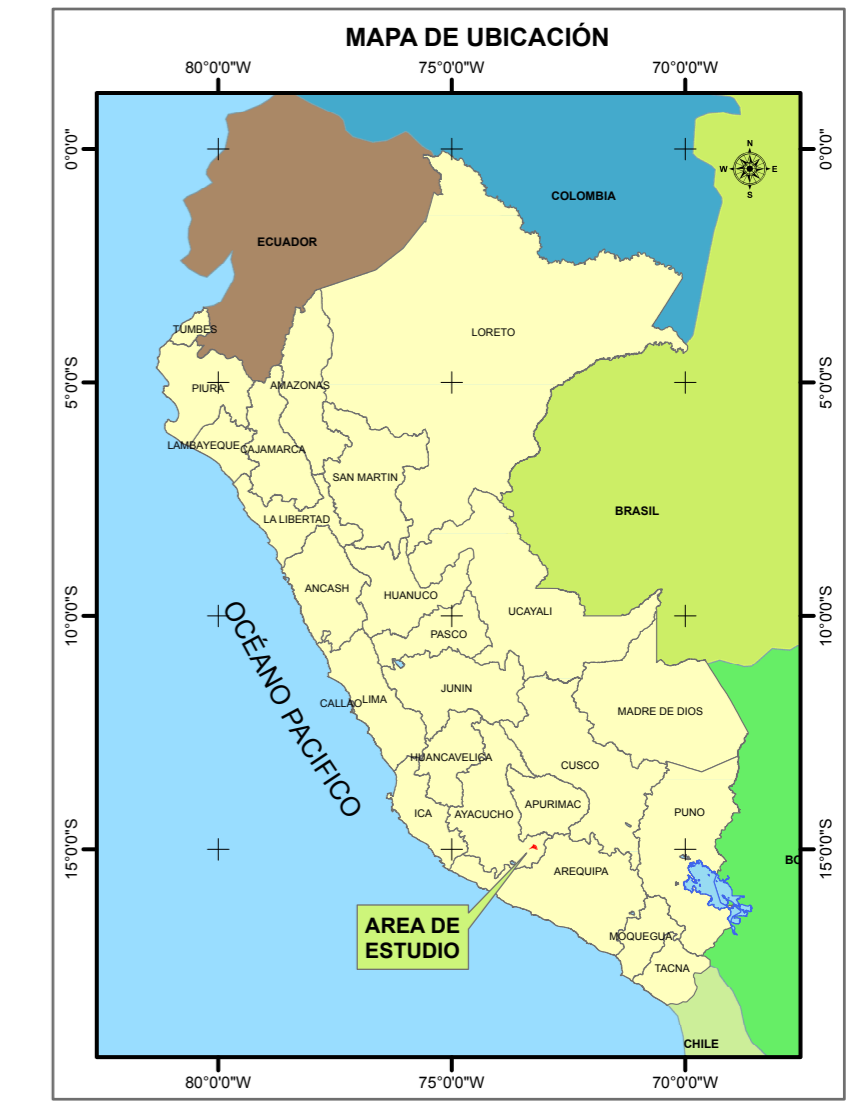
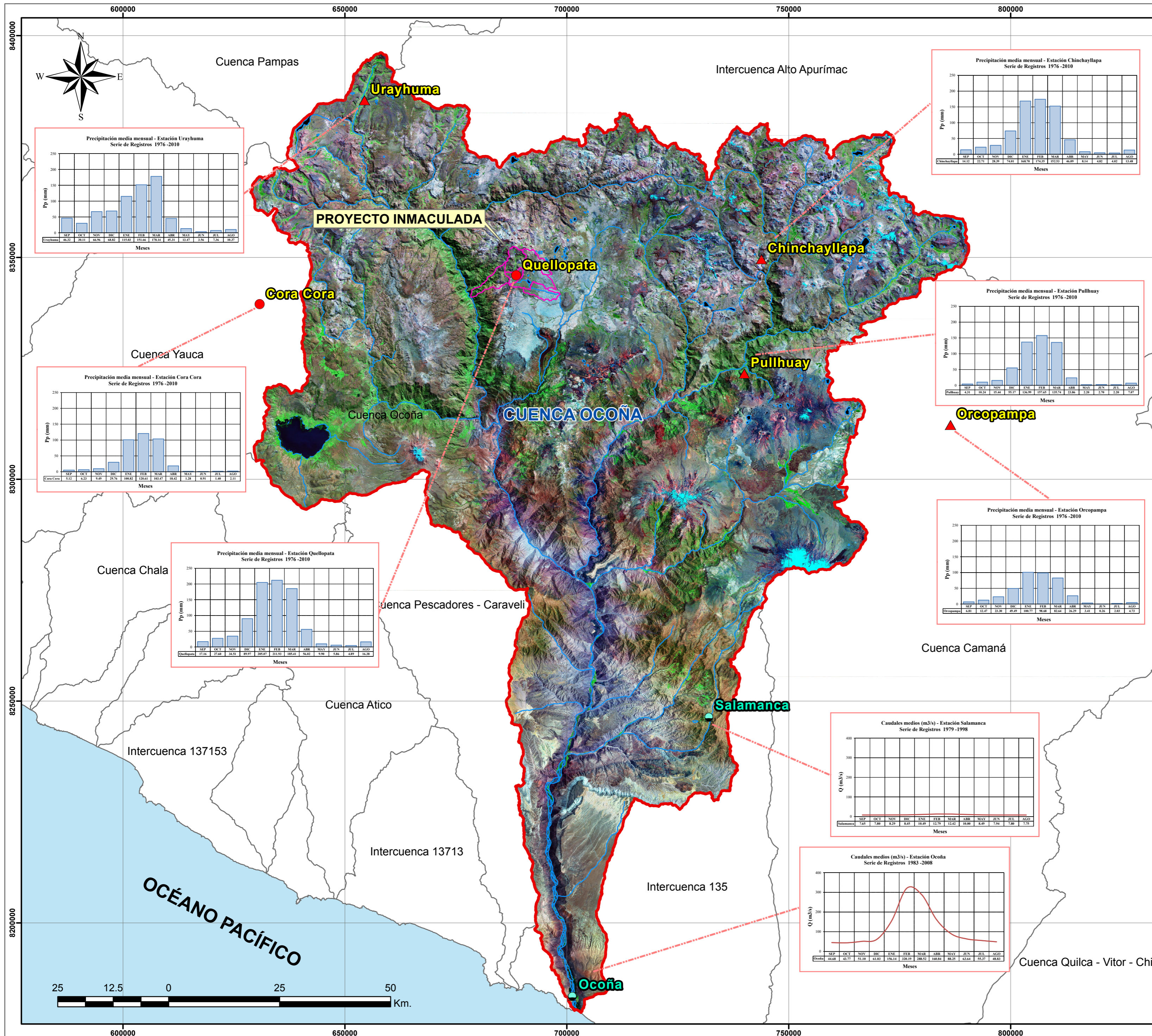
DESCRIPCIÓN: DELIMITACIÓN DE MICROCUENCAS

ELABORADO: URIEL NESTOR MARCA VENTURA

ESCALA: MAPA: **06**

FECHA: DICIEMBRE, 2012

FUENTE: CARTAS NACIONALES DEL IGN ESC. 1/100 000



UBICACIÓN DE ESTACIONES HIDROMETEOROLÓGICAS

N°	ESTACIÓN	TIPO DE ESTACIÓN	COORDENADAS (PSAD-56)		COTA TERRENO m.s.n.m.
			ESTE	NORTE	
1	Chinchayllapa	Pluviométrica	743843	8349629	4100
2	Orcopampa	Pluviométrica	786452	8312248	3779
3	Urayhuma	Pluviométrica	654397	8385409	4170
4	Cora Cora	Climática Ordinaria	630804	8339451	3172
5	Pullhuay	Pluviométrica	739994	8323841	3455
6	Quellopata (*)	Climática Ordinaria	688602	8345978	4610
7	Salamanca	Hidrométricas	732014	8246407	3200
8	Ocoña	Hidrométricas	701260	8183463	23

* Generada

DATUM: UTM WGS84 ZONA: 18S

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA
 ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA - GEOTÉCNICA

TESIS: ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDROGEOLÓGICO PARA DETERMINAR IMPACTOS EN LAS ETAPAS DE OPERACIÓN CIERRE DEL PROYECTO MINERO INMACULADA REGIÓN AYACUCHO

DESCRIPCIÓN: UBICACIÓN ESTACIONES HIDROMETEOROLÓGICAS

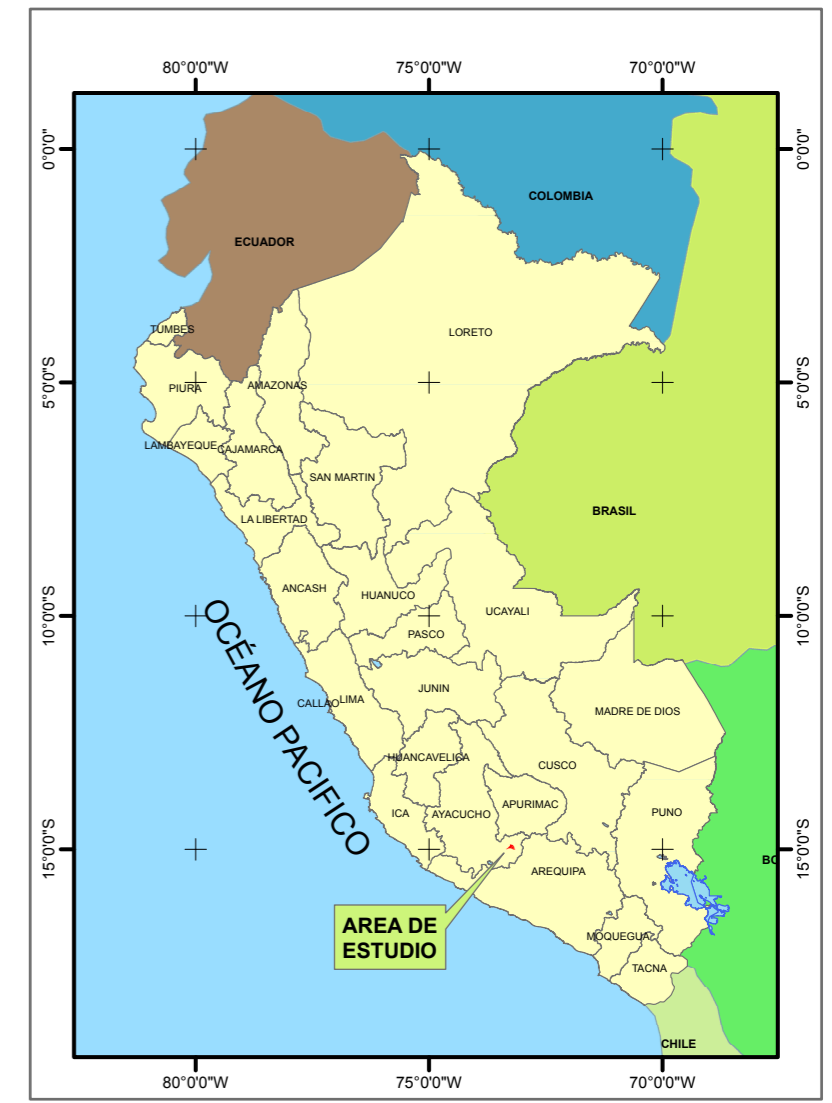
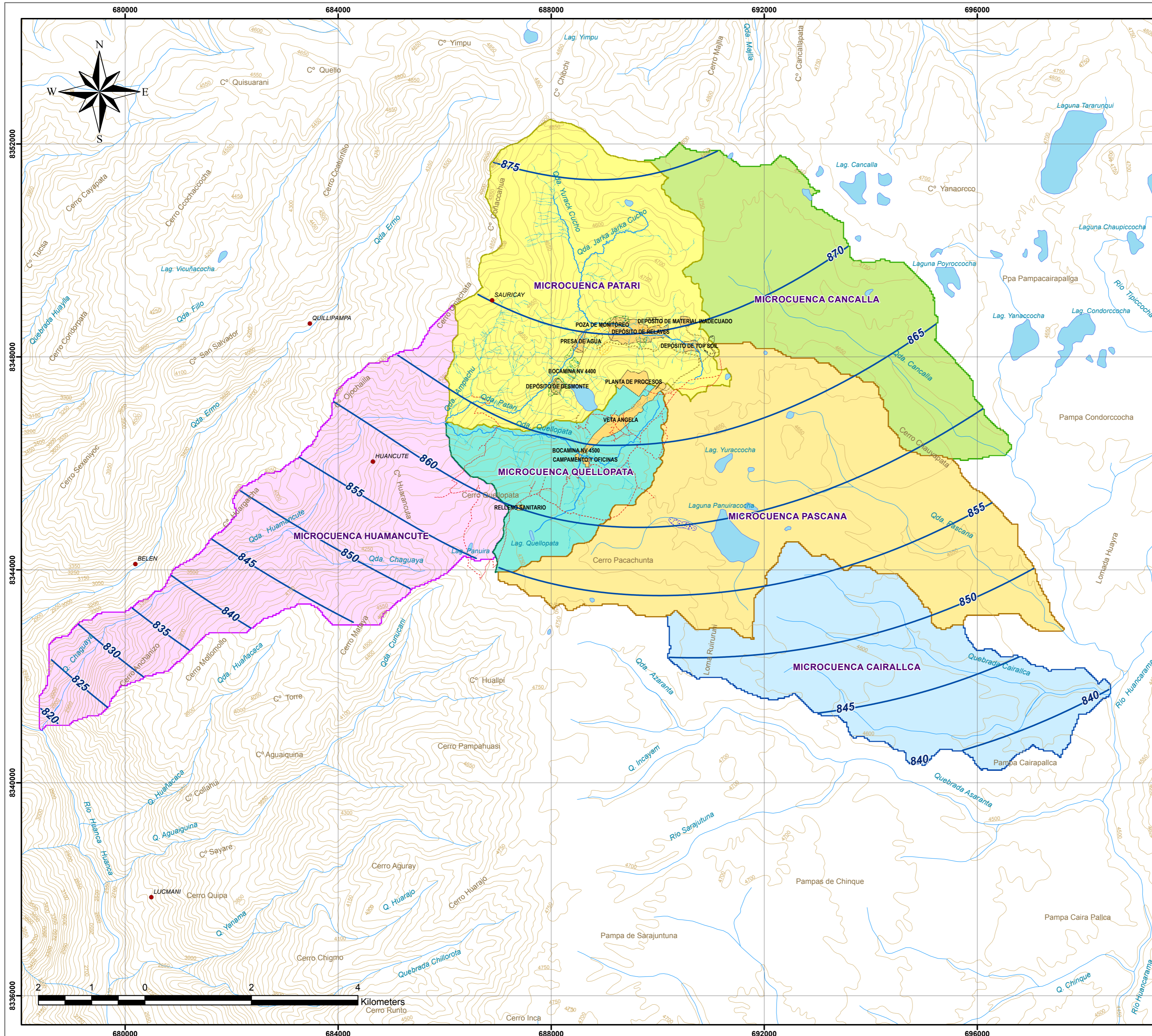
ELABORADO: URIEL NESTOR MARCA VENTURA

ESCALA: 1:500,000

FECHA: DICIEMBRE, 2012

FUENTE: CARTAS NACIONALES DEL IGN ESC. 1/100 000

07



Legenda

- Centros Poblados
- ~ Curvas de Isoyetas (mm)
- - - Acceso Existente
- - - Acceso Proyectado
- ~ Curvas de Nivel (msnm)
- ~ Quebradas
- ~ Quebradas Estacionales
- ~ Lagunas
- ~ Canteras de Relleno
- ~ Canteras de Suelo
- ~ Canteras de Grava
- ~ Canteras
- ~ Componentes Mineros

Microcuencas

- ~ MICROCUENCA CAIRALLCA
- ~ MICROCUENCA CANCELLA
- ~ MICROCUENCA PASCANA
- ~ MICROCUENCA PATARI
- ~ MICROCUENCA QUELLOPATA
- ~ MICROCUENCA HUAMANCUTE

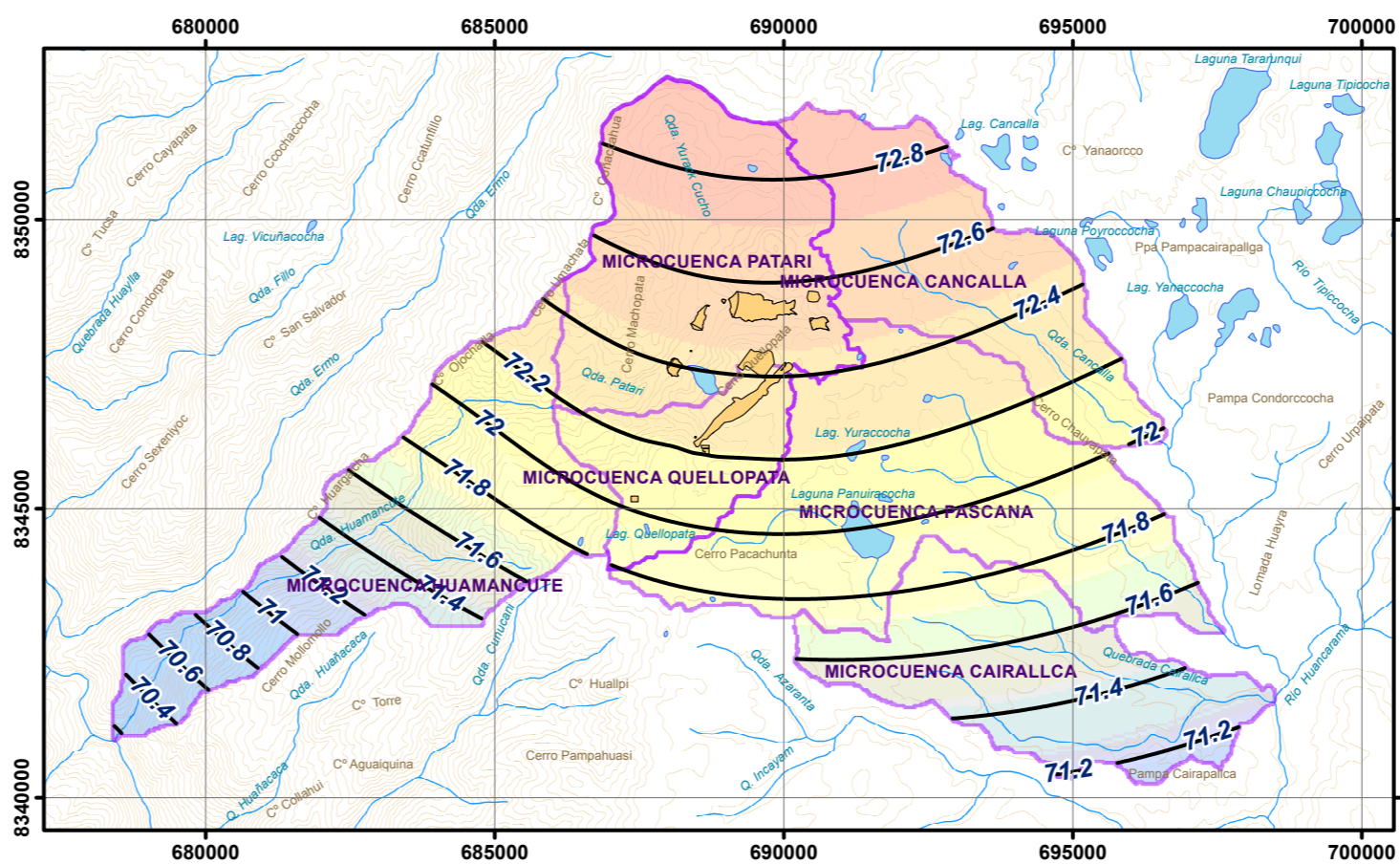
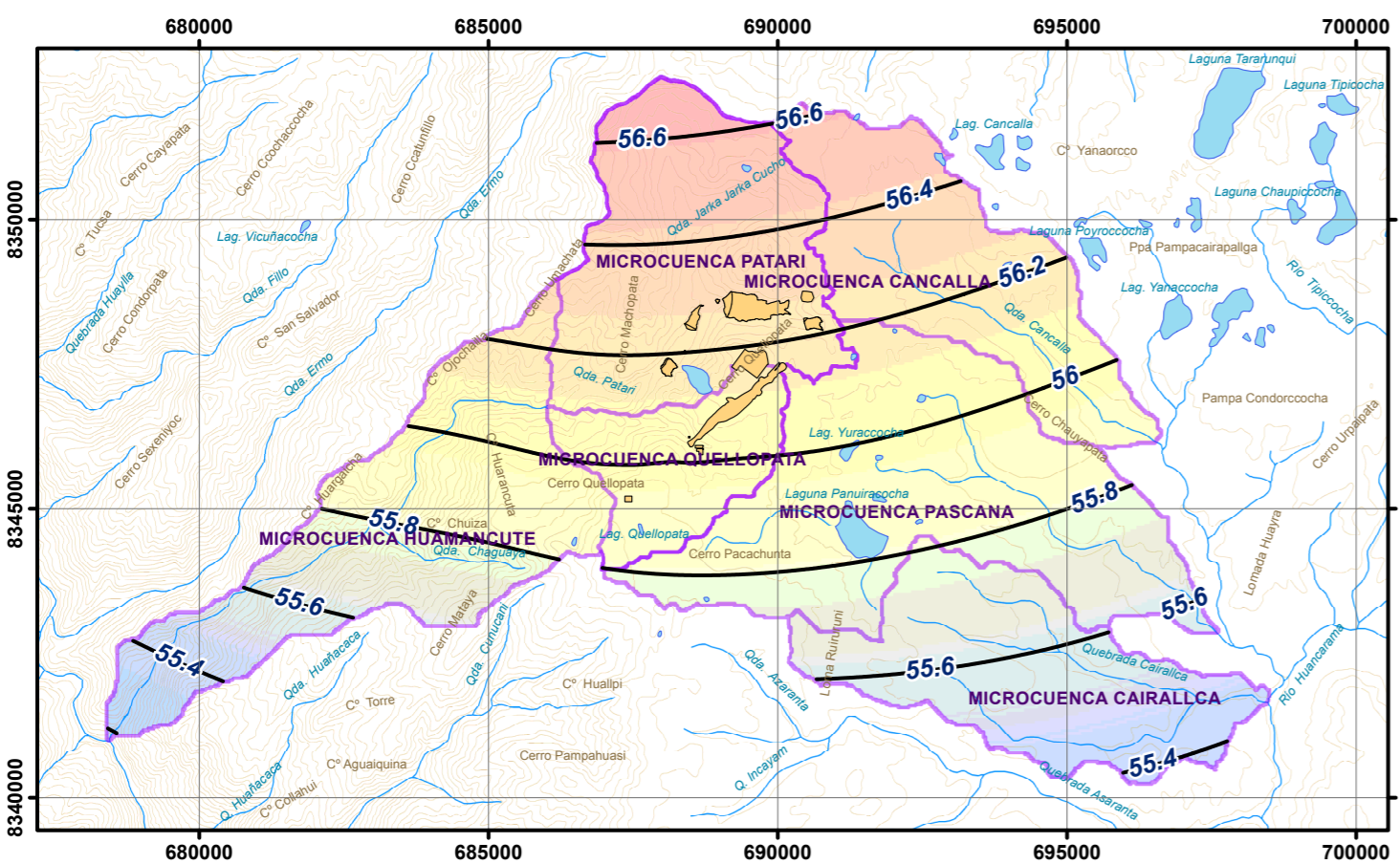
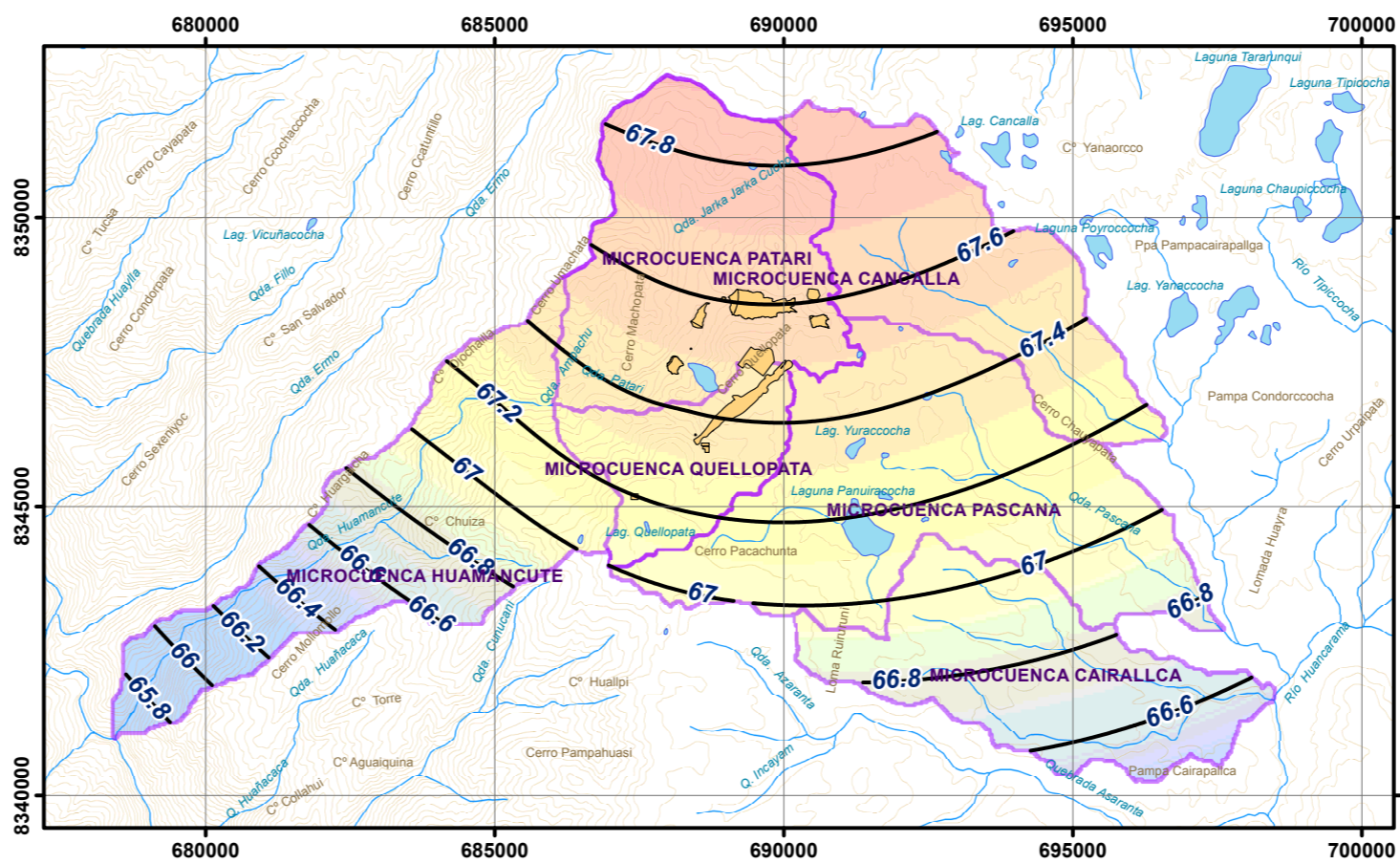
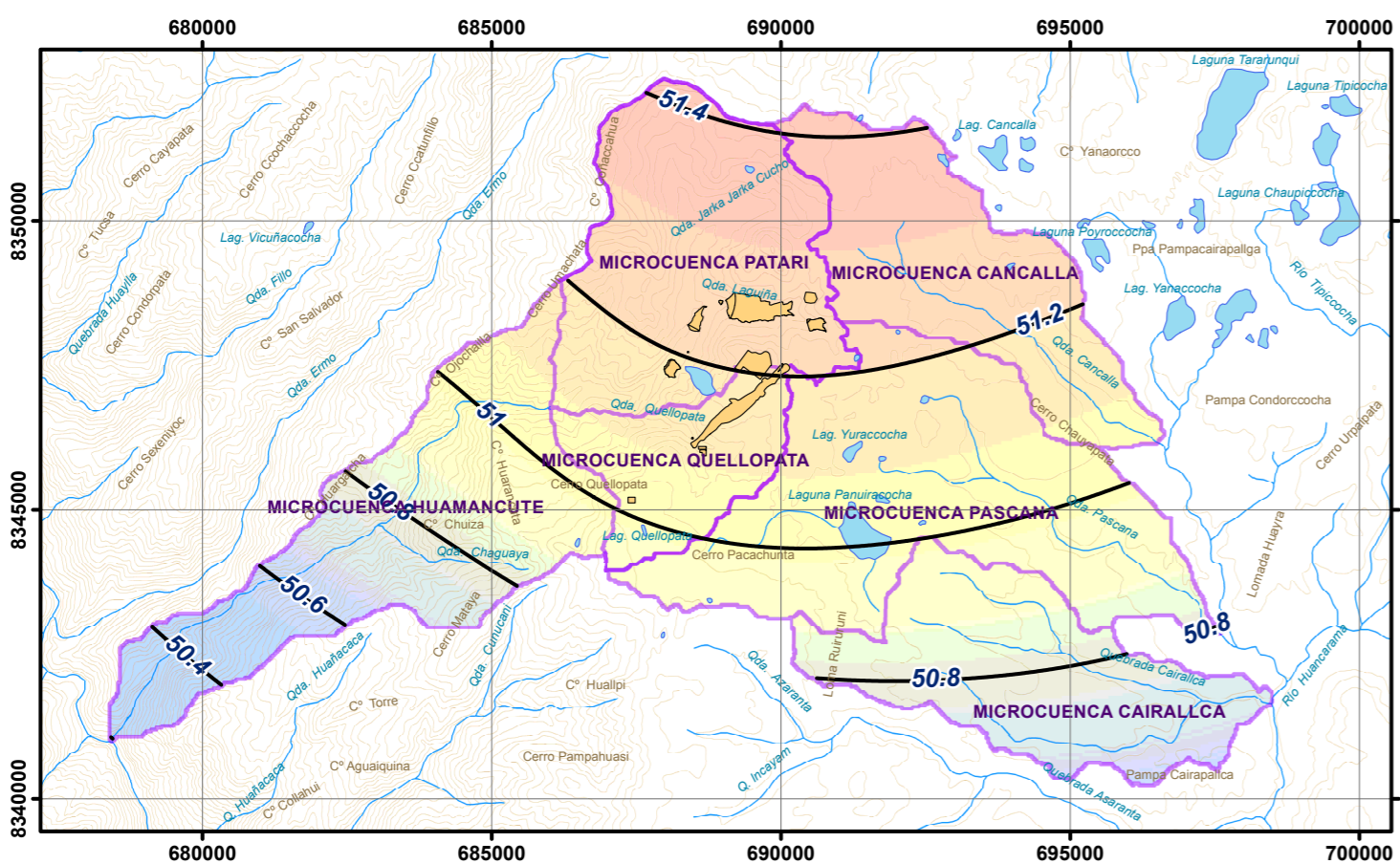
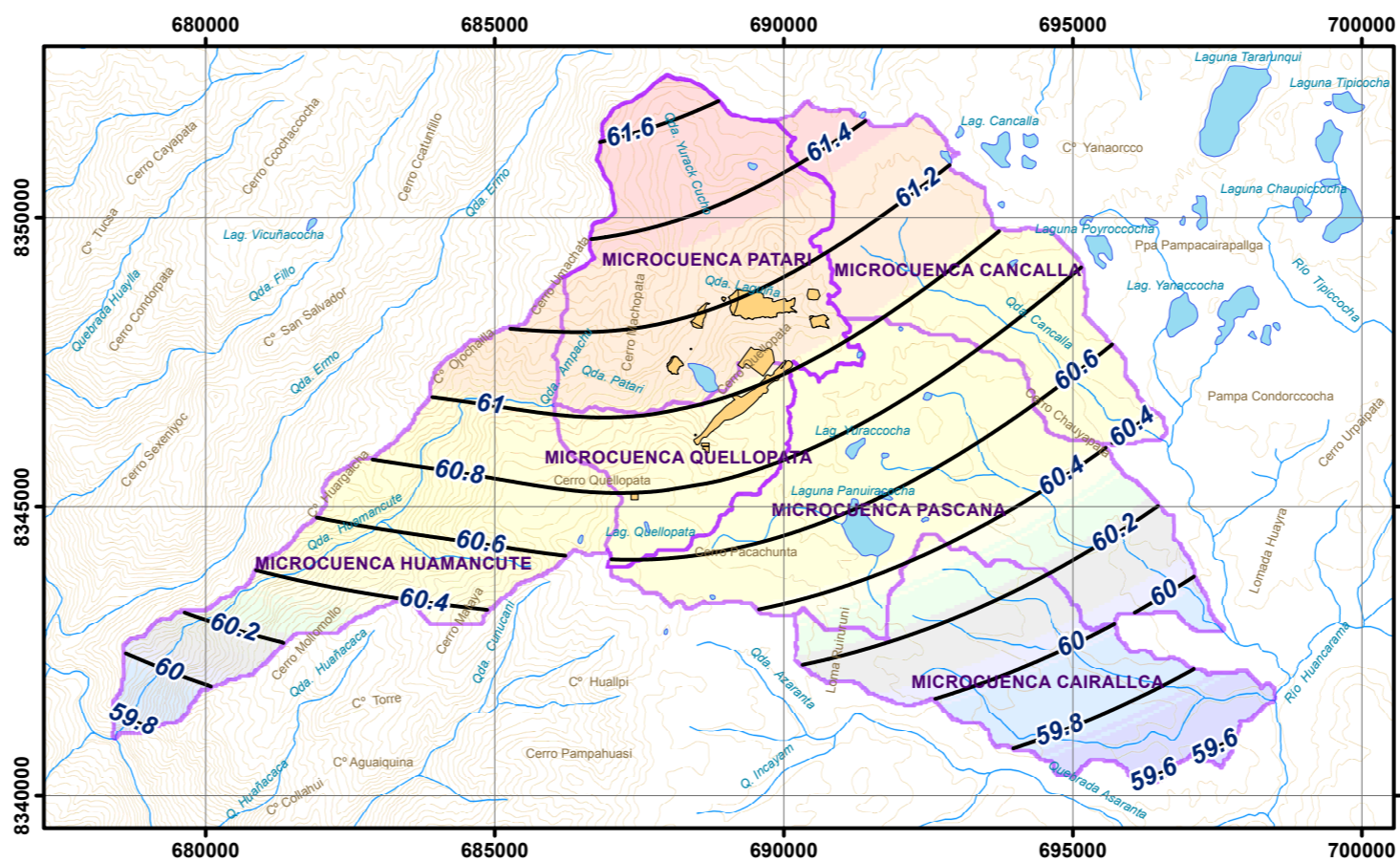
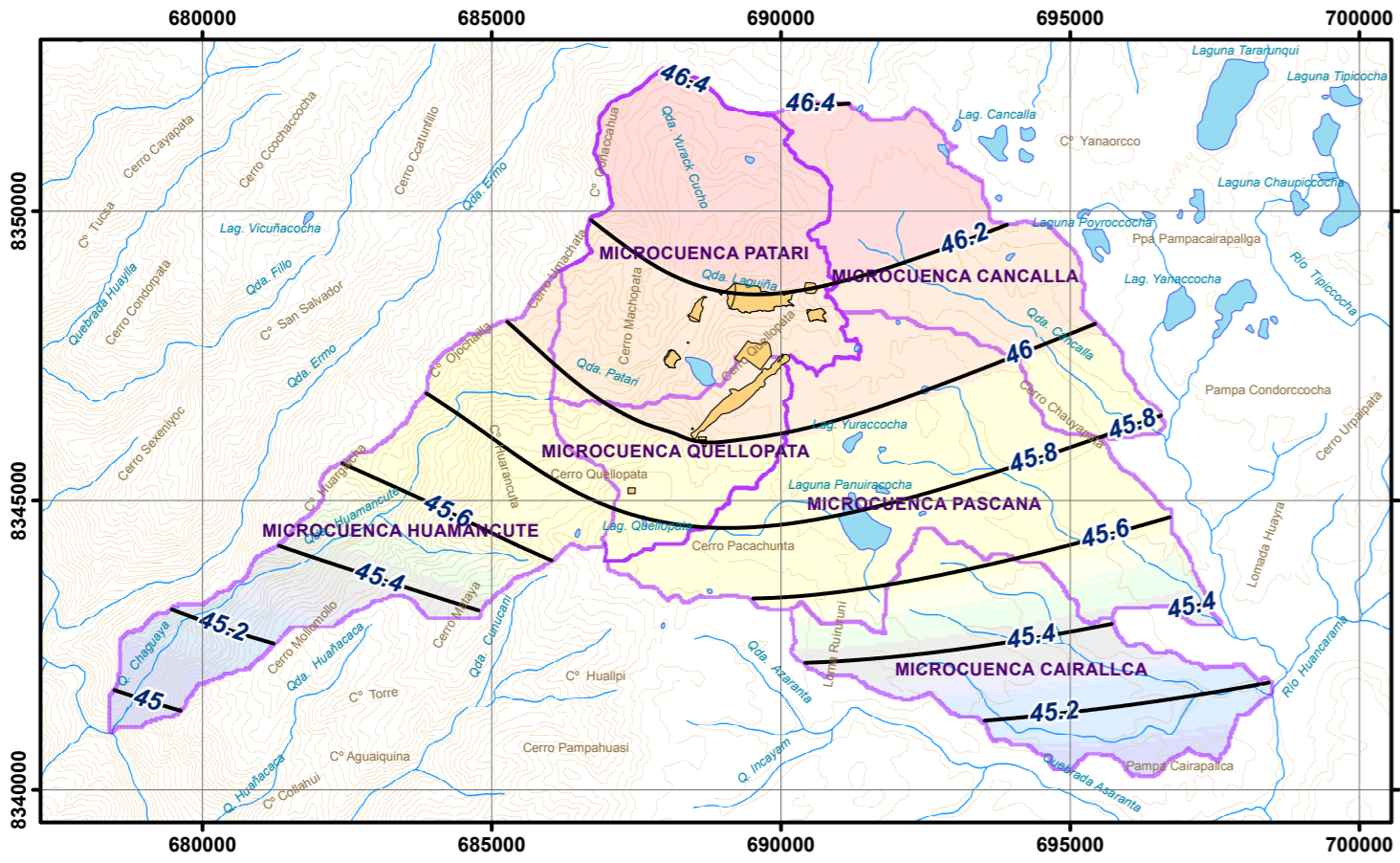
DATUM: UTM WGS84 ZONA: 18S

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA
 ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA - GEOTÉCNICA

TESIS: ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDROGEOLÓGICO PARA DETERMINAR IMPACTOS EN LAS ETAPAS DE OPERACIÓN CIERRE DEL PROYECTO MINERO INMACULADA REGIÓN AYACUCHO

DESCRIPCIÓN:	ISOYETAS PRECIPITACIONES MEDIAS ANUALES
ELABORADO:	URIEL NESTOR MARCA VENTURA
ESCALA:	1:50,000
FECHA:	DICIEMBRE, 2012
FUENTE:	CARTAS NACIONALES DEL IGN ESC. 1/100 000

08



1:50,000

1:50,000

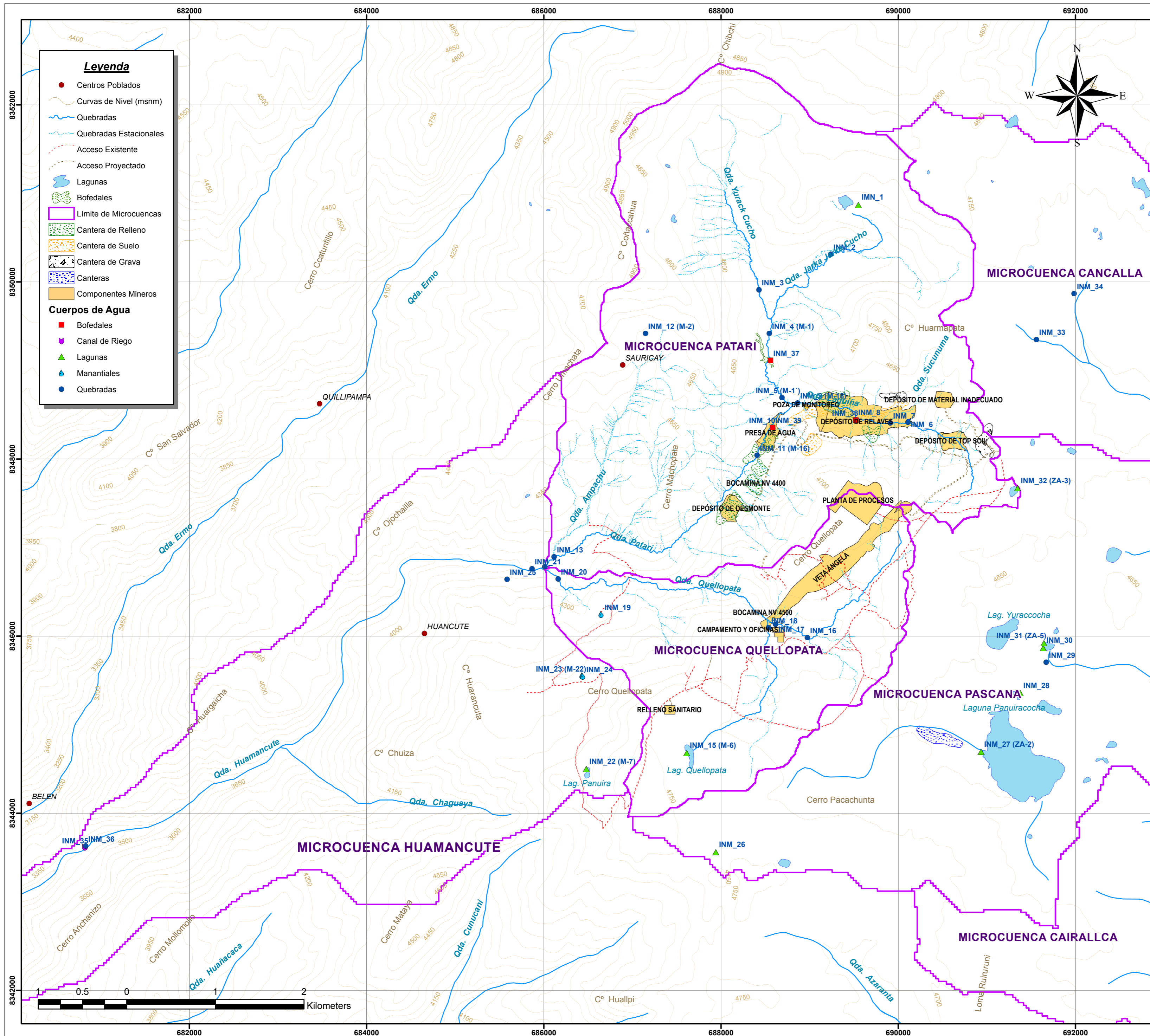
1:50,000

Leyenda

- Curva de Isoyeta (mm)
- Curvas de Nivel (msnm)
- Ríos / Quebradas
- Lagunas
- Límite de Microcuenca
- Componentes Mineros

DATUM: UTM WGS84 ZONA: 18S

	UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA - GEOTÉCNICA		
	TESIS: ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDROGEOLÓGICO PARA DETERMINAR IMPACTOS EN LAS ETAPAS DE OPERACIÓN CIERRE DEL PROYECTO MINERO INMACULADA REGIÓN AYACUCHO		
DESCRIPCIÓN:	PRECIPITACIONES MÁXIMAS - TIEMPO DE RETORNO		MAPA:
ELABORADO:	URIEL NESTOR MARCA VENTURA		<div style="font-size: 2em; font-weight: bold; text-align: center;">09</div>
ESCALA:	S/E		
FECHA:	DICIEMBRE, 2012		
FUENTE:	CARTAS NACIONALES DEL IGN ESC. 1/100 000		

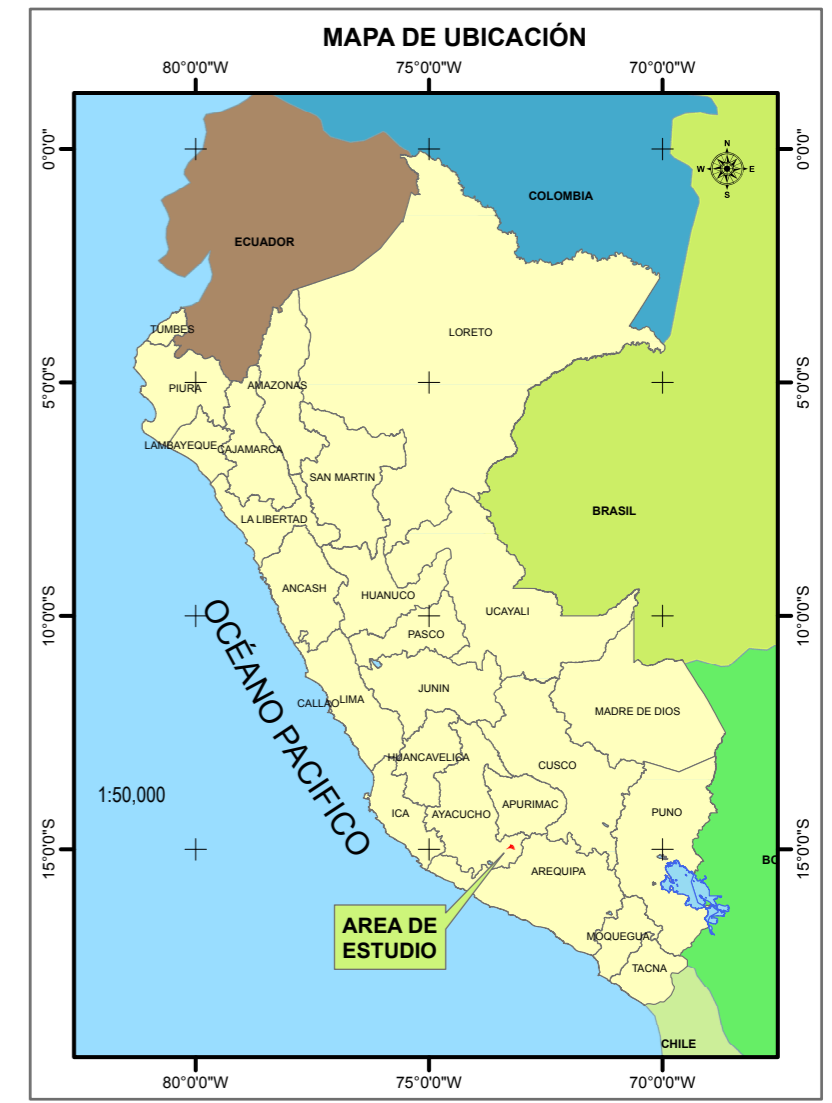


Legenda

- Centros Poblados
- Curvas de Nivel (msnm)
- Quebradas
- Quebradas Estacionales
- Acceso Existente
- Acceso Proyectado
- Lagunas
- Bofedales
- Límite de Microcuencas
- Cantera de Relleno
- Cantera de Suelo
- Cantera de Grava
- Canteras
- Componentes Mineros

Cuerpos de Agua

- Bofedales
- Canal de Riego
- Lagunas
- Manantiales
- Quebradas



UBICACIÓN DE FUENTES DE AFOROS SUPERFICIAL

N°	CÓDIGO DE INVENTARIO	NOMBRE	CUERPO DE AGUA	COORDENADAS UTM - PSAD56	CAUDAL (l/s)	CAUDAL (l/s)	CAUDAL (l/s)	CAUDAL (l/s)		
				ESTE	NORTE	ALTITUD (m)	Mayo 2011	Agosto 2011	Diciembre 2011	Febrero 2012
1	MIN_1	Chorlaqocha	Laguna	689501	835389	4642	0.00	0.00	-	-
2	MIN_2	Janka Janka Cucho	Quebrada	689229	835313	4625	19.80	0.00	0.00	71.90
3	MIN_3	Yurack Cucho	Quebrada	689429	834919	4653	119.10	15.40	10.30	309.57
4	MIN_4 (M-1)	Patari	Quebrada	689545	834948	4510	61.41	13.90	-	-
5	MIN_5 (M-1)	Patari	Quebrada	689858	834925	4490	102.44	4.70	11.40	414.90
6	MIN_6	Laguna	Quebrada	691111	834847	4649	16.70	0.20	-	-
7	MIN_7	Sucunuma	Quebrada	689911	834908	4590	6.80	0.00	-	-
8	MIN_8	Laguna	Quebrada	689519	834845	4524	41.85	2.20	-	-
9	MIN_9 (M-16)	Laguna	Quebrada	689864	834932	4488	34.55	0.20	2.60	192.03
10	MIN_10	Patari	Quebrada	689581	834836	4431	127.94	23.80	-	-
11	MIN_11 (M-16)	Patari	Quebrada	689408	834941	4426	151.80	32.01	35.00	732.37
12	MIN_12 (M-2)	Patari	Quebrada	687148	8349418	4650	179.04	24.81	-	-
13	MIN_13	Ampachu	Quebrada	686117	834984	4651	37.19	11.20	-	-
14	MIN_14 (M-5)	Patari	Quebrada	688012	8346783	4658	179.10	69.06	112.40	845.10
15	MIN_15 (M-6)	Quellopata	Laguna	687614	834680	4730	0.00	0.00	-	-
16	MIN_16	Quellopata	Quebrada	688975	834584	4632	0.00	0.00	-	-
17	MIN_17	Quellopata	Quebrada	688616	8346132	4649	2.52	0.30	4.50	63.50
18	MIN_18	Quellopata	Quebrada	688537	8349293	4656	0.50	0.12	0.00	37.40
19	MIN_19	Manantial	Manantial	686646	8346247	4640	3.46	2.30	-	-
20	MIN_20	Quellopata	Quebrada	686163	8346545	4659	76.23	32.80	53.00	317.10
21	MIN_21	Huamancute	Quebrada	689988	8346760	4659	194.20	69.10	141.00	1679.70
22	MIN_22 (M-7)	Patari	Laguna	689490	834948	4645	0.00	0.00	-	-
23	MIN_23 (M-25)	Patari	Manantial	688430	834562	4641	1.20	0.00	-	-
24	MIN_24	Patari	Manantial	686440	834547	4641	0.95	0.21	-	-
25	MIN_25	Apuhuaylas	Quebrada	685586	8346940	4742	24.40	0.10	-	-
26	MIN_26	Arzucocha	Laguna	687942	8343360	4648	0.00	0.00	-	-
27	MIN_27 (ZA-2)	Panuracocha 1	Laguna	693935	8349893	4663	0.00	0.00	-	-
28	MIN_28	Panuracocha 4	Laguna	691377	834335	4635	0.00	0.00	-	-
29	MIN_29	Caralca	Quebrada	691670	8345705	4630	0.00	0.00	-	-
30	MIN_30	Panuracocha 3	Laguna	691637	834985	4633	0.00	0.00	-	-
31	MIN_31 (ZA-5)	Panuracocha 2	Laguna	691644	834919	4633	0.00	0.00	-	-
32	MIN_32 (ZA-3)	Chiquito Panuracocha	Laguna	691348	8346760	4689	0.00	0.00	-	-
33	MIN_33	Puajalluma 1	Quebrada	691500	8349350	4648	4.44	0.00	-	-
34	MIN_34	Puajalluma 2	Quebrada	691985	834988	4647	3.10	0.00	-	-
35	MIN_35	Huamancute	Canal de Riego	680822	8343612	4741	45.07	-	-	-
36	MIN_36	Huamancute	Quebrada	688259	8343630	4740	253.21	-	-	-
37	MIN_37	Patari	Bofedal	688569	8349114	4510	0.00	0.00	-	-
38	MIN_38	Laguna	Bofedal	689521	8348440	4524	0.00	0.00	-	-
39	MIN_39	Patari	Bofedal	688692	8345355	4431	0.00	0.00	-	-

S/E

DATUM: UTM WGS84 ZONA: 16S

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA
 ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA - GEOTÉCNICA

TESIS: ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDROGEOLÓGICO PARA DETERMINAR IMPACTOS EN LAS ETAPAS DE OPERACIÓN CIERRE DEL PROYECTO MINERO INMACULADA REGIÓN AYACUCHO

DESCRIPCIÓN: UBICACIÓN DE AFOROS SUPERFICIALES

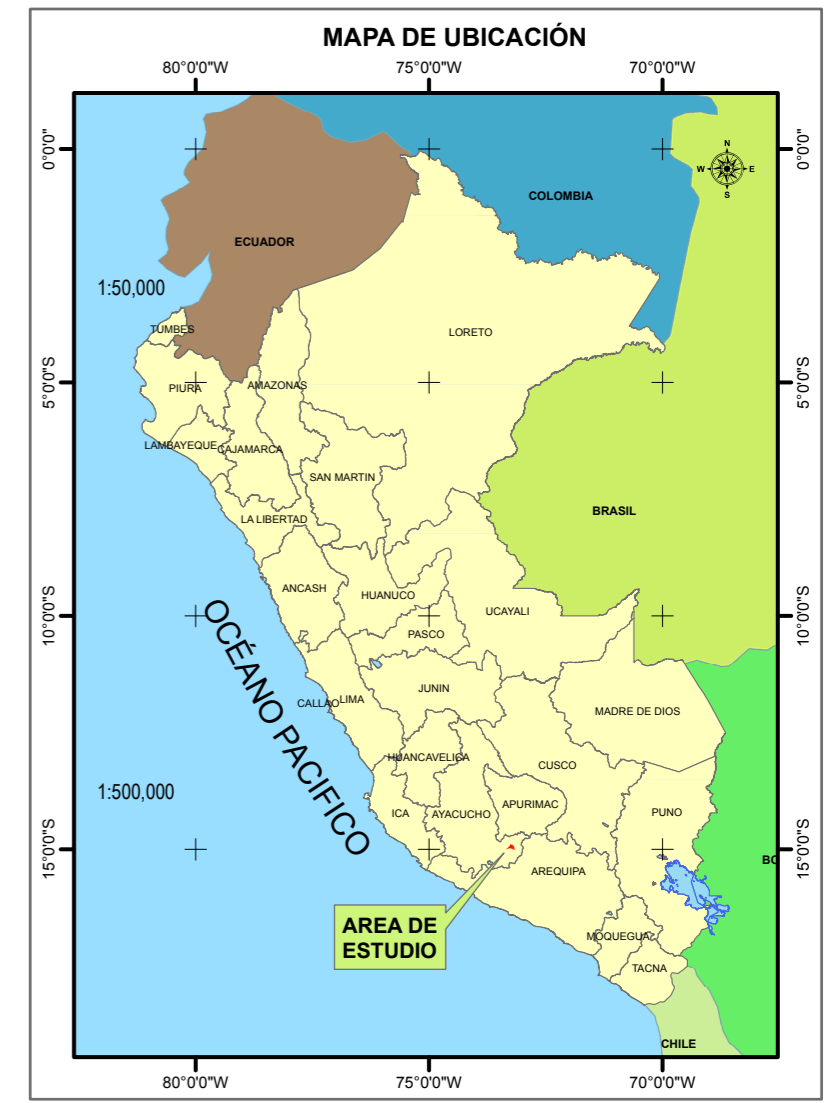
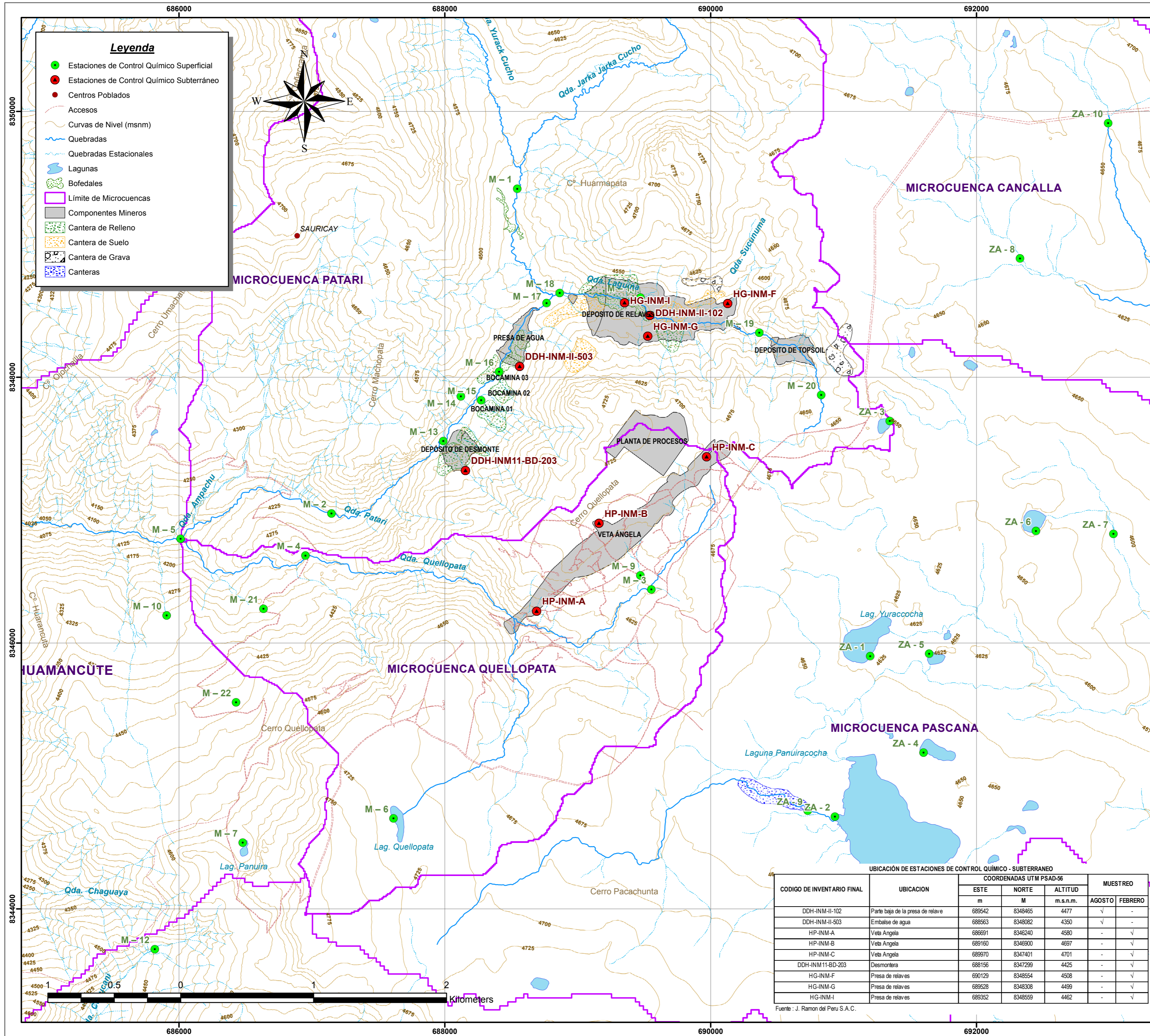
ELABORADO: URIEL NESTOR MARCA VENTURA

ESCALA: 1:30,000

FECHA: DICIEMBRE, 2012

FUENTE: CARTAS NACIONALES DEL IGN ESC. 1/100,000

MAPA: **10**



UBICACIÓN DE ESTACIONES DE CONTROL QUÍMICO - SUPERFICIAL

CODIGO	CORPO DE AGUA	COORDENADAS UTM-PSAD 56			MUESTREO	
		ESTE m	NORTE m	ALTITUD msnm	Febrero	Junio
M-1	Quebrada Patari	688545	8349418	4458	✓	✓
M-2	Quebrada Patari	687148	8346975	4220	✓	✓
M-3	Quebrada Quellopata	689554	8364403	4619	✓	-
M-4	Quebrada Quellopata	686952	8346658	4298	✓	✓
M-5	Quebrada Patari	686012	8346783	4119	✓	✓
M-6	Quebrada Quellopata	687614	8344680	4711	✓	✓
M-7	Laguna Panuira	686480	8344498	4611	✓	✓
M-9	Quebrada s/n 1	689471	8346509	4657	✓	-
M-10	Quebrada s/n 2	685908	8346207	4338	✓	✓
M-11	Quebrada	689472	8348599	4578	✓	✓
M-12	Quebrada Curucani	685818	8343695	4618	✓	✓
M-13	Quebrada Patari	687989	8347519	4372	✓	✓
M-14	Quebrada s/n 5	688121	8347855	4376	✓	-
M-15	Quebrada s/n 6	688274	8347826	4382	✓	-
M-16	Quebrada Patari	688408	8348041	4392	✓	✓
M-17	Quebrada Patari	688766	8348557	4424	✓	✓
M-18	Quebrada Laguña	688864	8348632	4430	✓	✓
M-19	Quebrada Laguña	690366	8348333	4555	✓	✓
M-20	Quebrada Laguña	690832	8347866	4641	✓	-
M-21	Manantial	686636	8346256	4329	✓	✓
M-22	Manantial	686430	8345552	4469	✓	✓
ZA-1	Laguna Yuracococha	691201	8345901	4622	-	✓
ZA-2	Laguna Panuiracocha	690935	8344693	4628	-	✓
ZA-3	Laguna Sin Nombre N° 1.	691348	8347670	4661	-	✓
ZA-4	Laguna Sin Nombre N° 2.	691602	8345175	4638	-	✓
ZA-5	Laguna Sin Nombre N° 3.	691644	8345919	4621	-	✓
ZA-6	Laguna Sin Nombre N° 4.	692448	8346842	4624	-	✓
ZA-7	Quebrada Pascana	693031	8346820	4611	-	-
ZA-8	Quebrada s/n 3	692328	8348893	4618	-	✓
ZA-9	Quebrada s/n 4	690731	8344737	4602	-	-
ZA-10	Quebrada Cancalla	692991	8349910	4657	-	✓

Fuente : J. Ramon del Peru S.A.C.

UBICACIÓN DE ESTACIONES DE CONTROL QUÍMICO - SUBTERRANEO

CODIGO DE INVENTARIO FINAL	UBICACION	COORDENADAS UTM PSAD-56			MUESTREO	
		ESTE m	NORTE M	ALTITUD m.s.n.m.	AGOSTO	FEBRERO
DDH-INM-II-102	Parte baja de la presa de relave	689542	8348465	4477	✓	-
DDH-INM-II-503	Embalse de agua	688563	8348082	4350	✓	-
HP-INM-A	Veta Angela	689691	8346240	4590	-	✓
HP-INM-B	Veta Angela	689160	8346900	4697	-	✓
HP-INM-C	Veta Angela	689970	8347401	4701	-	✓
DDH-INM11-BD-203	Desmontera	688156	8347299	4425	-	✓
HG-INM-F	Presa de relaves	690129	8348554	4508	-	✓
HG-INM-G	Presa de relaves	689528	8348308	4499	-	✓
HG-INM-I	Presa de relaves	689352	8348559	4462	-	✓

Fuente : J. Ramon del Peru S.A.C.

DATUM: UTM WGS84 ZONA: 18S

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA - GEOTÉCNICA

TESIS: ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDROGEOLÓGICO PARA DETERMINAR IMPACTOS EN LAS ETAPAS DE OPERACIÓN CIERRE DEL PROYECTO MINERO INMACULADA REGIÓN AYACUCHO

DESCRIPCIÓN: ESTACIONES DE CONTROL QUÍMICO

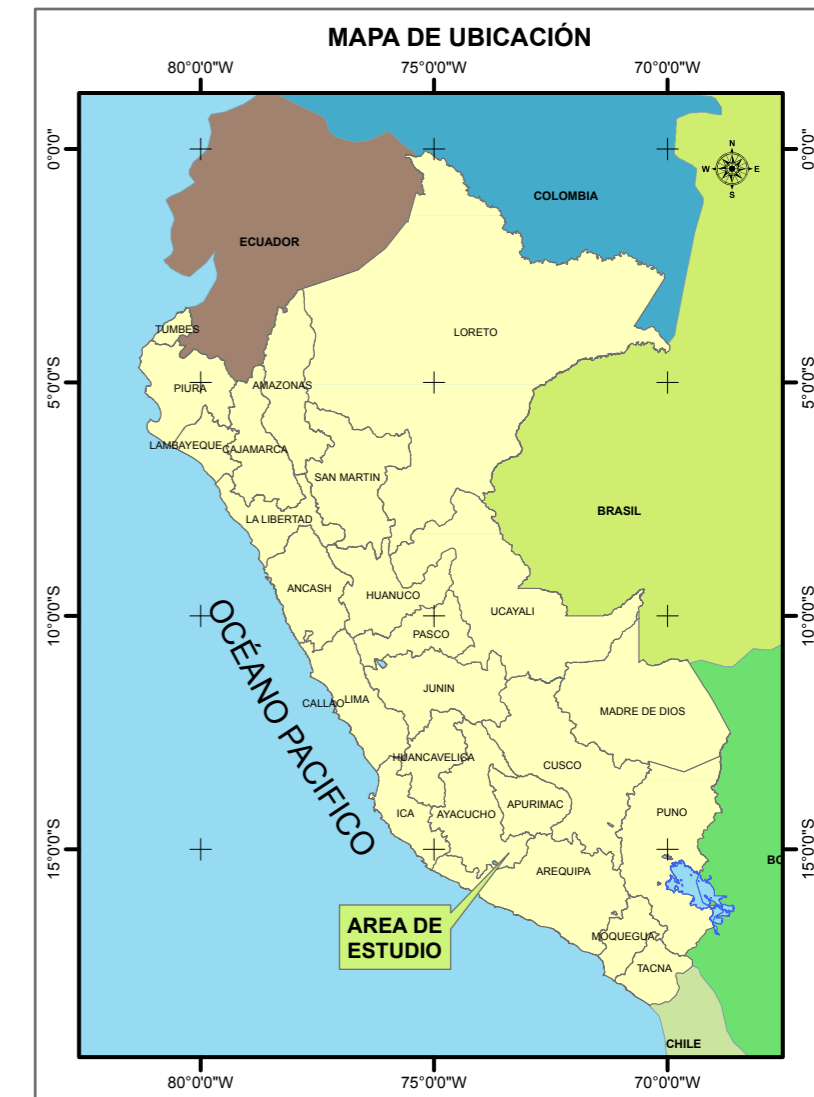
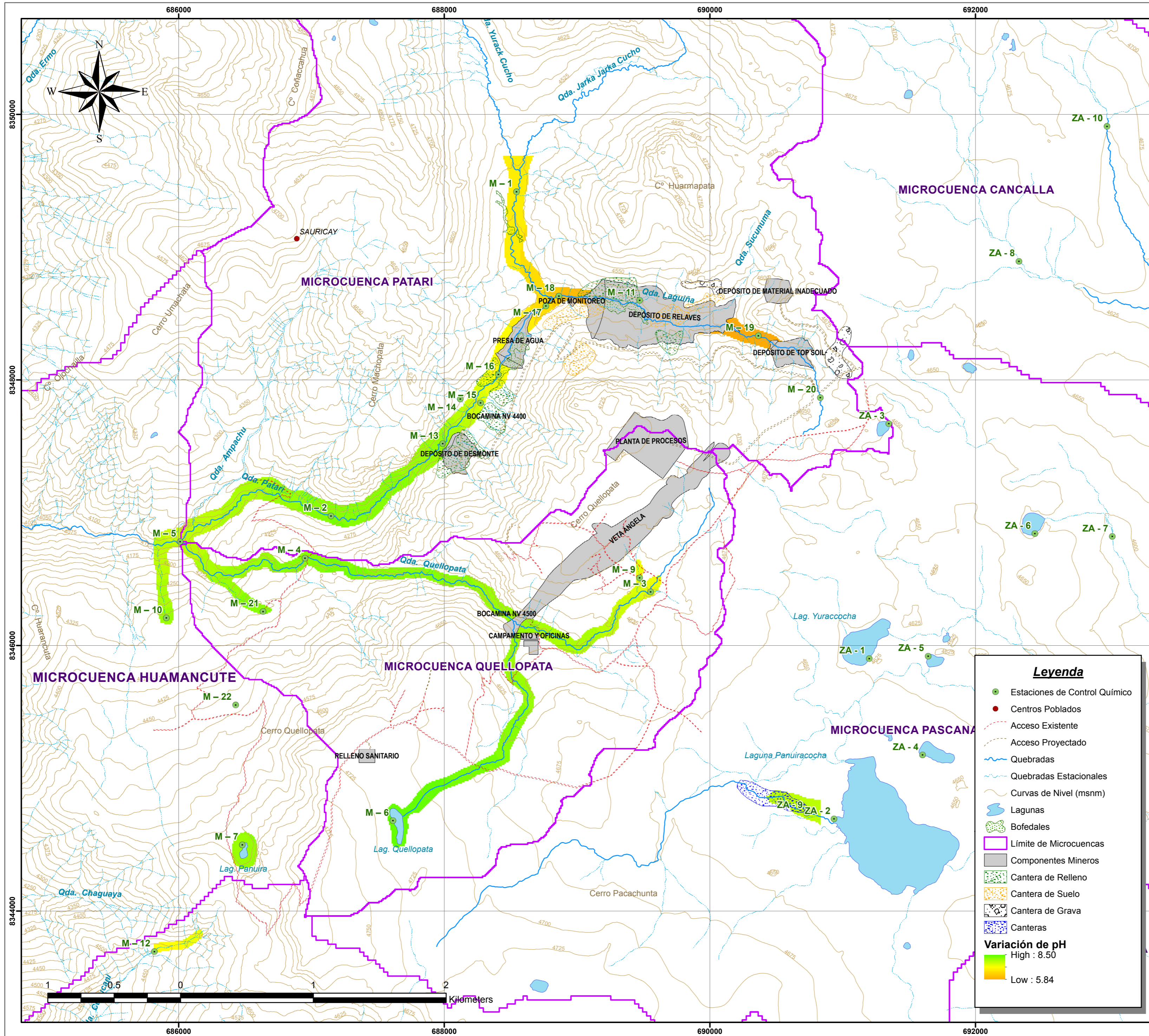
ELABORADO: URIEL NESTOR MARCA VENTURA

ESCALA: 1:20,000

FECHA: DICIEMBRE, 2012

FUENTE: CARTAS NACIONALES DEL IGN ESC. 1/100 000

MAPA: **11**



UBICACIÓN DE ESTACIONES DE CONTROL QUÍMICO

CODIGO	CUERPO DE AGUA	COORDENADAS UTM-PSAD 56			pH
		ESTE	NORTE	ALTITUD	
M - 1	Quebrada Patari	688545	8349418	4458	7.58
M - 2	Quebrada Patari	687148	8346975	4220	8.39
M - 3	Quebrada Quellopata	689554	8364403	4619	8.45
M - 4	Quebrada Quellopata	686952	8346658	4298	8.12
M - 5	Quebrada Patari	686012	8346783	4119	7.49
M - 6	Quebrada Quellopata	687614	8346800	4711	8.50
M - 7	Laguna Panuira	686480	8344498	4611	8.36
M - 9	Quebrada s/n 1	689471	8346509	4657	7.74
M - 10	Quebrada s/n 2	685908	8346207	4338	8.31
M - 11	Quebrada	689472	8348599	4578	5.91
M - 12	Quebrada Cunucani	685818	8343695	4618	7.13
M - 13	Quebrada Patari	687989	8347519	4372	8.35
M - 14	Quebrada s/n 5	688121	8347855	4376	7.95
M - 15	Quebrada s/n 6	688274	8347826	4382	7.77
M - 16	Quebrada Patari	688408	8348041	4392	7.56
M - 17	Quebrada Patari	688766	8348557	4424	7.60
M - 18	Quebrada Laguina	688864	8348632	4430	6.34
M - 19	Quebrada Laguina	690366	8348333	4555	5.84
M - 20	Quebrada Laguina	690832	8347866	4641	7.96
M - 21	Manantial	686636	8346256	4329	8.34
M - 22	Manantial	686430	8345552	4469	7.95
ZA - 1	Laguna Yuracocha	691201	8345901	4622	-
ZA - 2	Laguna Panuiracocha	690935	8344693	4628	-
ZA - 3	Laguna Sin Nombre N° 1.	691348	8347670	4661	-
ZA - 4	Laguna Sin Nombre N° 2.	691602	8345175	4638	-
ZA - 5	Laguna Sin Nombre N° 3.	691644	8345919	4621	-
ZA - 6	Laguna Sin Nombre N° 4.	692448	8346842	4624	-
ZA - 7	Quebrada Pascana	693031	8346820	4611	-
ZA - 8	Quebrada s/n 3	692328	8348893	4618	-
ZA - 9	Quebrada s/n 4	690731	8344737	4602	-
ZA - 10	Quebrada Cancalla	692991	8349910	4657	-

Fuente : J. Ramon del Peru S.A.C.

Legenda

- Estaciones de Control Químico
- Centros Poblados
- - - Acceso Existente
- - - Acceso Proyectado
- ~ Quebradas
- ~ Quebradas Estacionales
- ~ Curvas de Nivel (msnm)
- Lagunas
- Bofedales
- Límite de Microcuencas
- Componentes Mineros
- Cantera de Relleno
- Cantera de Suelo
- Cantera de Grava
- Canteras

Variación de pH

High : 8.50

Low : 5.84

DATUM: UTM WGS84 ZONA: 18S

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA
 ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA - GEOTÉCNICA

TESIS: ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDROGEOLÓGICO PARA DETERMINAR IMPACTOS EN LAS ETAPAS DE OPERACIÓN CIERRE DEL PROYECTO MINERO INMACULADA REGIÓN AYACUCHO

DESCRIPCIÓN: VARIACIÓN DE PH DE AGUA SUPERFICIAL – ÉPOCA DE LLUVIA

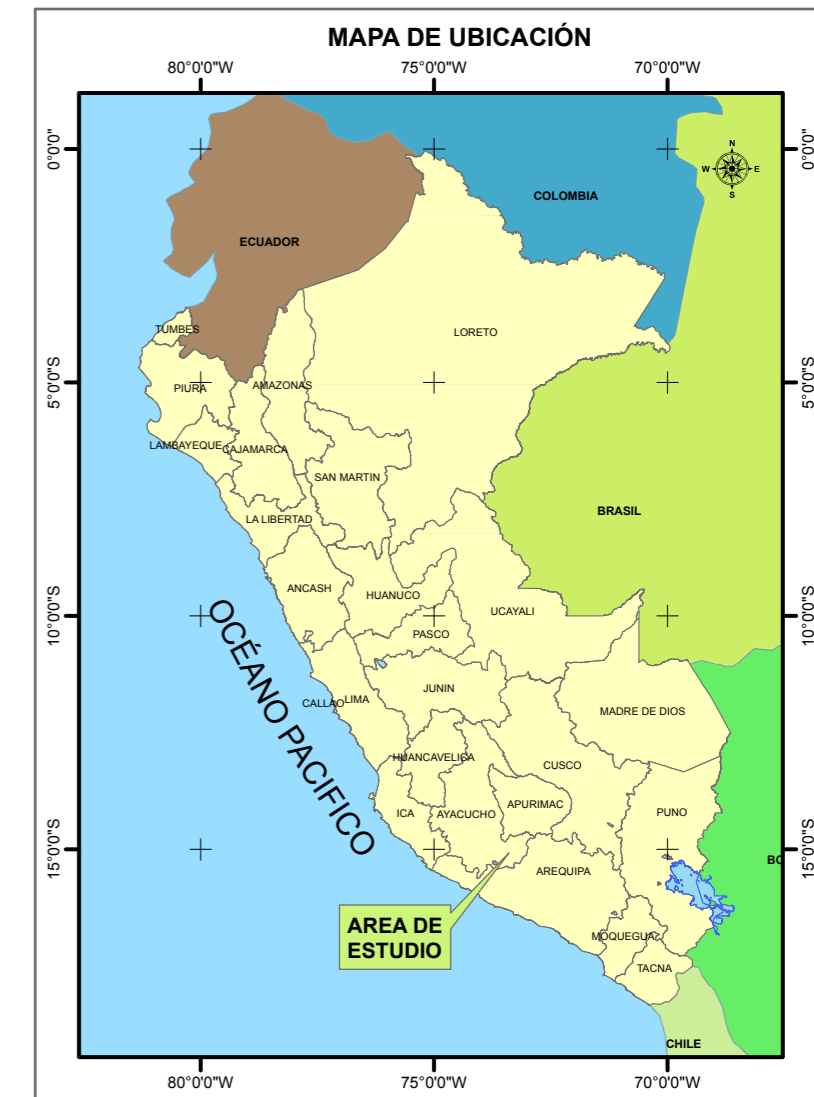
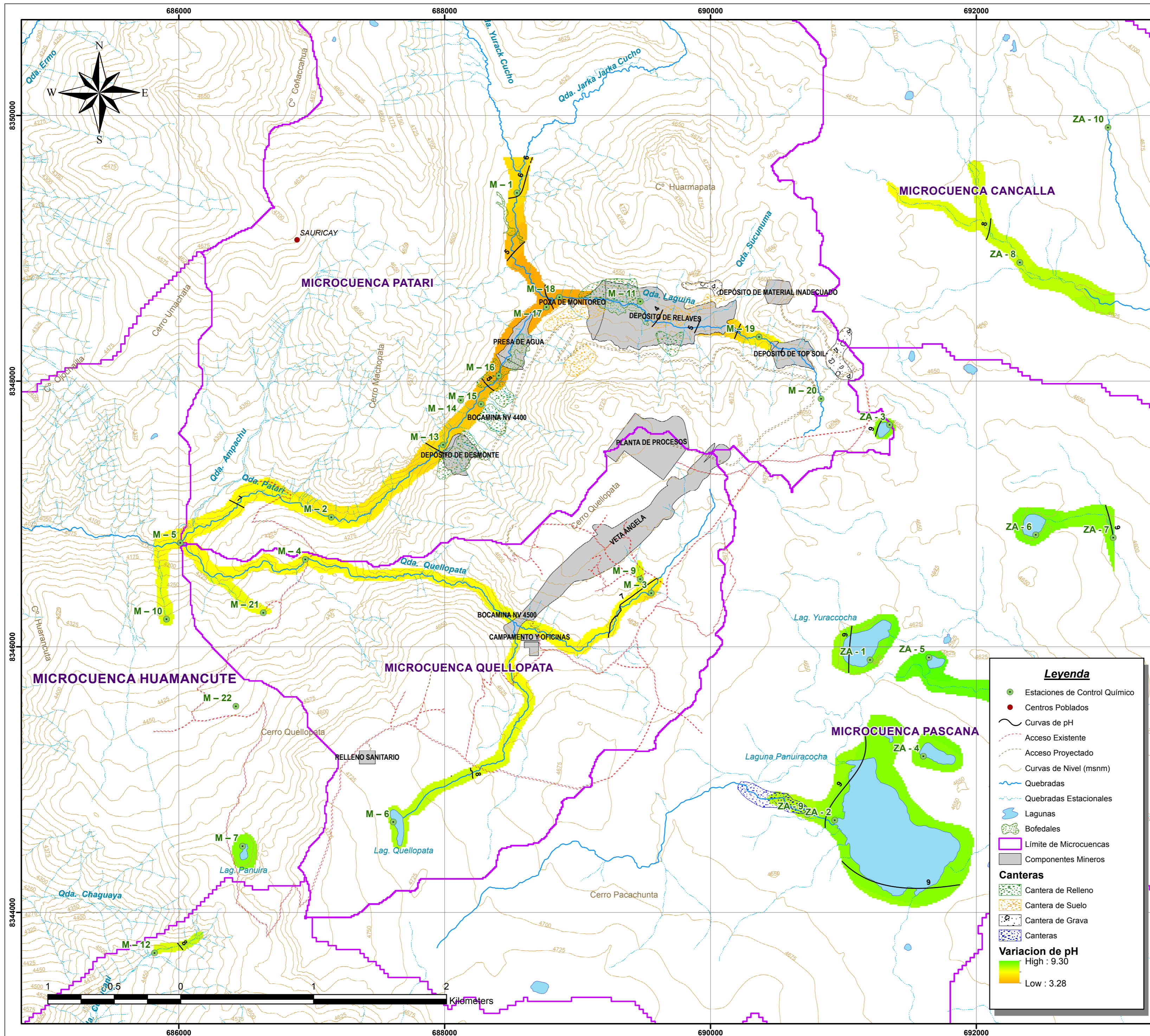
ELABORADO: URIEL NESTOR MARCA VENTURA

ESCALA: 1:20,000

FECHA: DICIEMBRE, 2012

FUENTE: CARTAS NACIONALES DEL IGN ESC. 1/100 000

MAPA: 12



UBICACIÓN DE ESTACIONES DE CONTROL QUÍMICO

CODIGO	CUERPO DE AGUA	COORDENADAS UTM-PSAD 56			pH
		ESTE	NORTE	ALTITUD	
		m	m	msnm	
M - 1	Quebrada Patari	688545	8349418	4458	6.08
M - 2	Quebrada Patari	687148	8346975	4220	6.76
M - 3	Quebrada Quellopata	689554	8364403	4619	-
M - 4	Quebrada Quellopata	686952	8346658	4298	7.07
M - 5	Quebrada Patari	686012	8346783	4119	7.32
M - 6	Quebrada Quellopata	687614	8344680	4711	8.50
M - 7	Laguna Panuira	686480	8344498	4611	9.20
M - 9	Quebrada s/n 1	689471	8346509	4657	-
M - 10	Quebrada s/n 2	685908	8346207	4338	7.78
M - 11	Quebrada	689472	8348599	4578	3.37
M - 12	Quebrada Cunucari	685818	8343695	4618	7.74
M - 13	Quebrada Patari	687989	8347519	4372	5.93
M - 14	Quebrada s/n 5	688121	8347855	4376	-
M - 15	Quebrada s/n 6	688274	8347826	4382	-
M - 16	Quebrada Patari	688408	8348041	4392	4.78
M - 17	Quebrada Patari	688766	8348557	4424	4.37
M - 18	Quebrada Laguña	688864	8348632	4430	3.28
M - 19	Quebrada Laguña	690366	8348333	4555	6.56
M - 20	Quebrada Laguña	690832	8347866	4641	-
M - 21	Manantial	686636	8346256	4329	7.59
M - 22	Manantial	686430	8345552	4469	7.78
ZA - 1	Laguna Yuracocha	691201	8345901	4622	9.23
ZA - 2	Laguna Panuiracocha	690935	8344693	4628	9.25
ZA - 3	Laguna Sin Nombre N° 1.	691348	8347670	4661	9.14
ZA - 4	Laguna Sin Nombre N° 2.	691602	8345175	4638	9.04
ZA - 5	Laguna Sin Nombre N° 3.	691644	8345919	4621	9.72
ZA - 6	Laguna Sin Nombre N° 4.	692448	8346842	4624	9.30
ZA - 7	Quebrada Pascana	693031	8346820	4611	-
ZA - 8	Quebrada s/n 3	692328	8348893	4618	8.10
ZA - 9	Quebrada s/n 4	690731	8344737	4602	-
ZA - 10	Quebrada Cancalla	692991	8349910	4657	8.70

Fuente: J. Ramon del Peru S.A.C.

DATUM: UTM WGS84 ZONA: 18S

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA - GEOTÉCNICA

TESIS: ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDROGEOLÓGICO PARA DETERMINAR IMPACTOS EN LAS ETAPAS DE OPERACIÓN CIERRE DEL PROYECTO MINERO INMACULADA REGIÓN AYACUCHO

DESCRIPCIÓN: VARIACIÓN DE PH DE AGUA SUPERFICIAL – ÉPOCA SECA

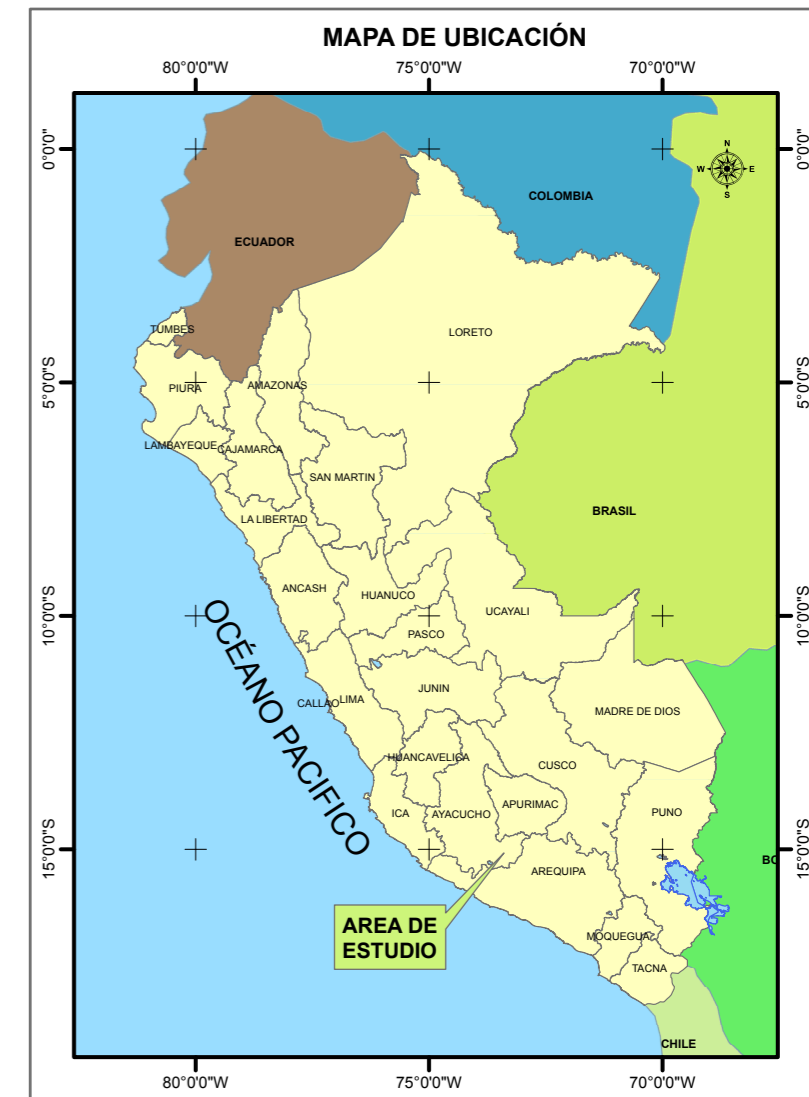
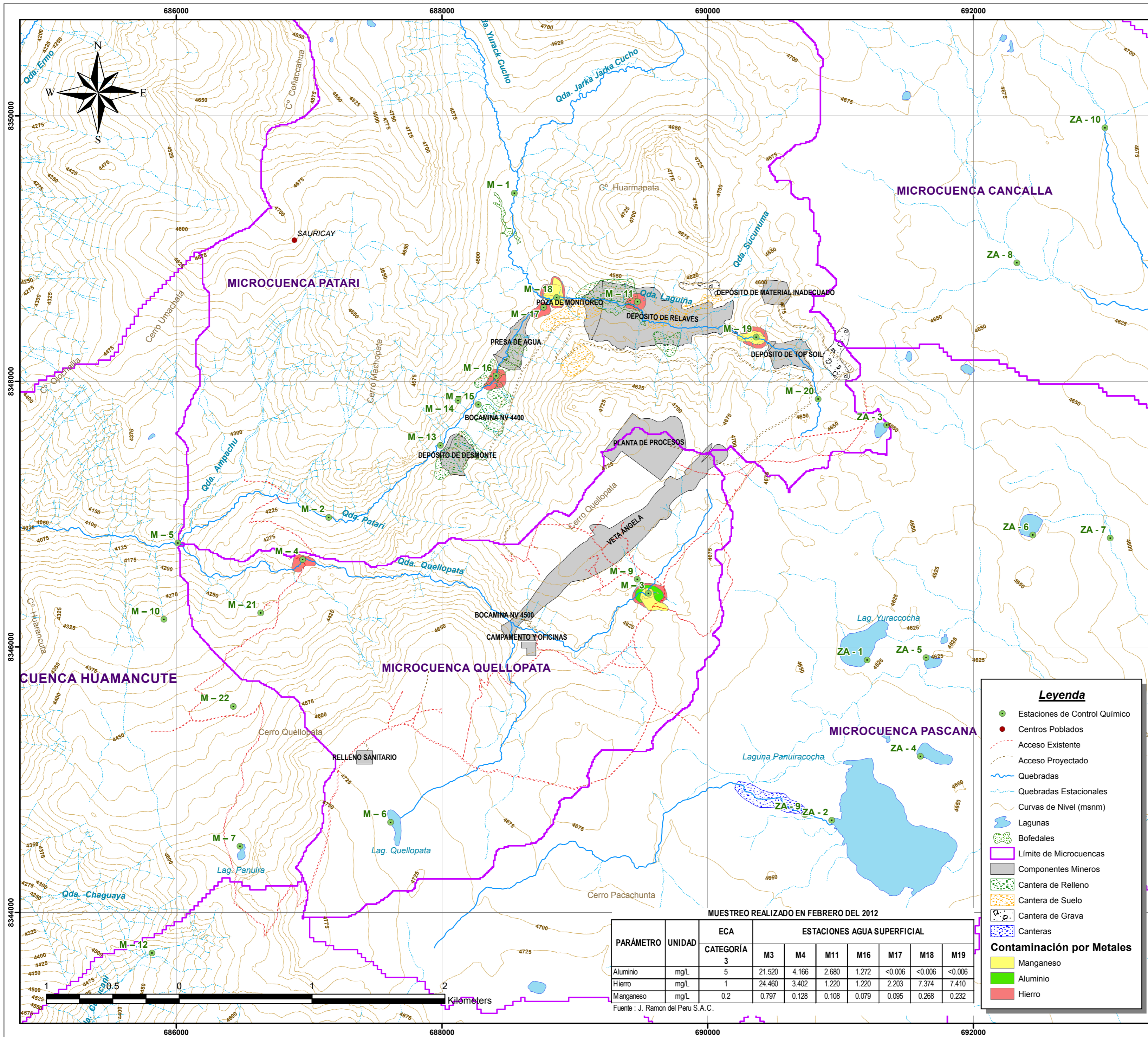
ELABORADO: URIEL NESTOR MARCA VENTURA

MAPA: 13

ESCALA: 1:20,000

FECHA: DICIEMBRE, 2012

FUENTE: CARTAS NACIONALES DEL IGN ESC. 1/100 000



UBICACIÓN DE ESTACIONES DE CONTROL QUÍMICO

CODIGO	CUERPO DE AGUA	COORDENADAS UTM-PSAD 56		
		ESTE	NORTE	ALTITUD
		m	m	msnm
M - 1	Quebrada Patari	688545	8349418	4458
M - 2	Quebrada Patari	687148	8346975	4220
M - 3	Quebrada Quellopata	689554	8364403	4619
M - 4	Quebrada Quellopata	686952	8346658	4298
M - 5	Quebrada Patari	688012	8346783	4119
M - 6	Quebrada Quellopata	687614	8344680	4711
M - 7	Laguna Panuira	686480	8344498	4611
M - 9	Quebrada s/n 1	689471	8346509	4657
M - 10	Quebrada s/n 2	685908	8346207	4338
M - 11	Quebrada	689472	8348599	4578
M - 12	Quebrada Cunucani	685818	8343695	4618
M - 13	Quebrada Patari	687989	8347519	4372
M - 14	Quebrada s/n 5	688121	8347855	4376
M - 15	Quebrada s/n 6	688274	8347826	4382
M - 16	Quebrada Patari	688408	8348041	4392
M - 17	Quebrada Patari	688766	8348557	4424
M - 18	Quebrada Laguiña	688864	8348632	4430
M - 19	Quebrada Laguiña	690366	8348333	4555
M - 20	Quebrada Laguiña	690832	8347866	4641
M - 21	Manantial	686636	8346256	4329
M - 22	Manantial	686430	8345552	4469
ZA - 1	Laguna Yuracocha	691201	8345901	4622
ZA - 2	Laguna Panuiracocha	690935	8344693	4628
ZA - 3	Laguna Sin Nombre N° 1.	691348	8347670	4661
ZA - 4	Laguna Sin Nombre N° 2.	691602	8345175	4638
ZA - 5	Laguna Sin Nombre N° 3.	691644	8345919	4621
ZA - 6	Laguna Sin Nombre N° 4.	692448	8346842	4624
ZA - 7	Quebrada Pascana	693031	8346820	4611
ZA - 8	Quebrada s/n 3	692328	8348893	4618
ZA - 9	Quebrada s/n 4	690731	8344737	4602
ZA - 10	Quebrada Concalla	692991	8349910	4657

Fuente : J. Ramon del Peru S.A.C.

Legenda

- Estaciones de Control Químico
- Centros Poblados
- - - Acceso Existente
- - - Acceso Proyectado
- ~ Quebradas
- ~ Quebradas Estacionales
- ~ Curvas de Nivel (msnm)
- ~ Lagunas
- ~ Bofedales
- ~ Límite de Microcuencas
- ~ Componentes Mineros
- ~ Cantera de Relleno
- ~ Cantera de Suelo
- ~ Cantera de Grava
- ~ Canteras

Contaminación por Metales

- Manganeso
- Aluminio
- Hierro

MUESTREO REALIZADO EN FEBRERO DEL 2012

PARÁMETRO	UNIDAD	ECA	ESTACIONES AGUA SUPERFICIAL						
			CATEGORÍA 3	M3	M4	M11	M16	M17	M18
Aluminio	mg/L	5	21.520	4.166	2.680	1.272	<0.006	<0.006	<0.006
Hierro	mg/L	1	24.460	3.402	1.220	1.220	2.203	7.374	7.410
Manganeso	mg/L	0.2	0.797	0.128	0.108	0.079	0.095	0.268	0.232

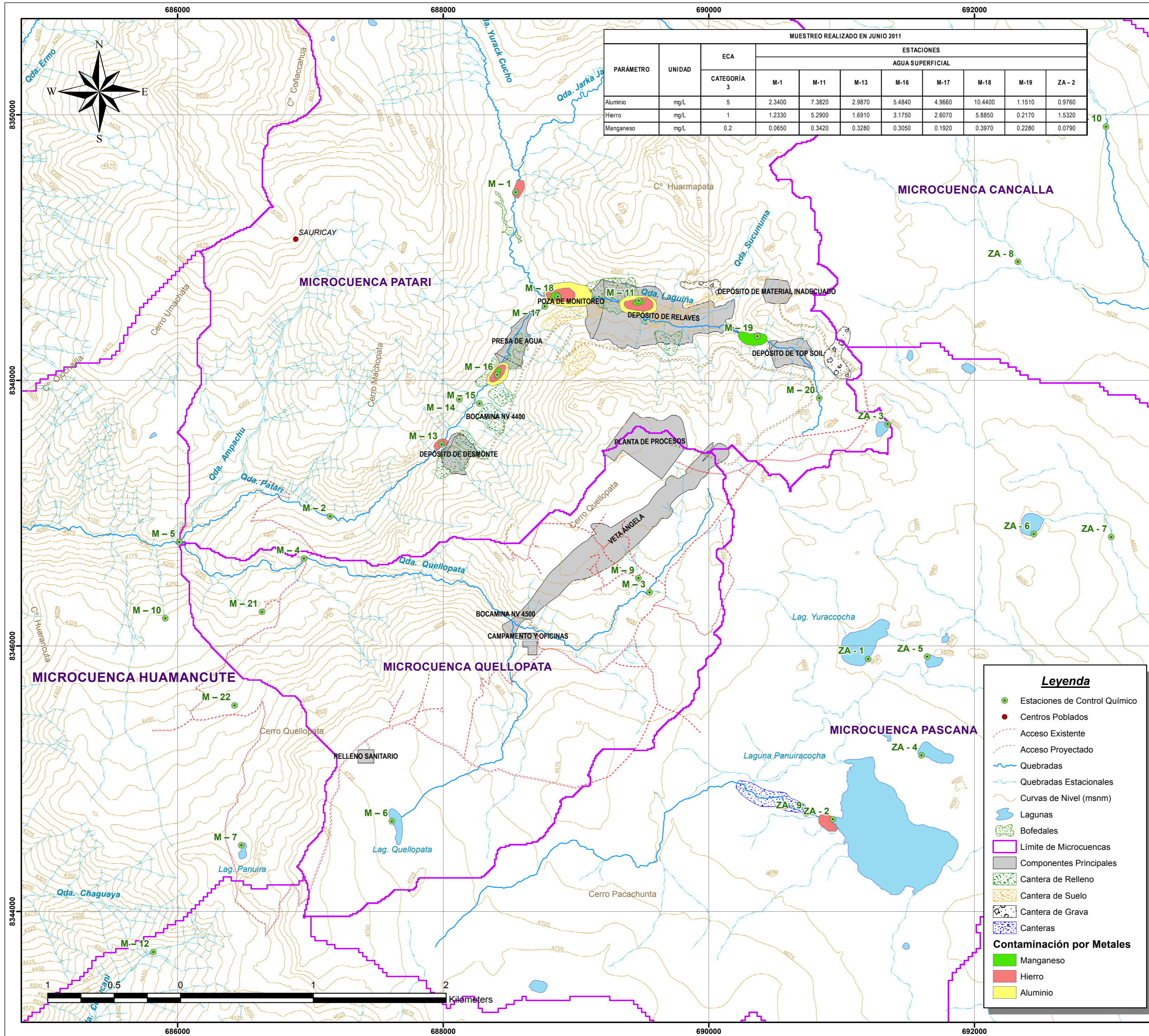
Fuente : J. Ramon del Peru S.A.C.

DATUM: UTM WGS84 ZONA: 18S

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA
 ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA - GEOTÉCNICA

TESIS: ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDROGEOLÓGICO PARA DETERMINAR IMPACTOS EN LAS ETAPAS DE OPERACIÓN CIERRE DEL PROYECTO MINERO INMACULADA REGIÓN AYACUCHO

DESCRIPCIÓN:	CONTAMINACIÓN DE AGUA SUPERFICIAL POR METALES - ÉPOCA DE LLUVIA	
ELABORADO:	URIEL NESTOR MARCA VENTURA	MAPA:
ESCALA:	1:20.000	14
FECHA:	DICIEMBRE, 2012	
FUENTE:	CARTAS NACIONALES DEL IGN ESC. 1/100 000	



UBICACIÓN DE ESTACIONES DE CONTROL QUÍMICO

CODIGO	CUERPO DE AGUA	COORDENADAS UTM-PSAD 56		
		ESTE m	NORTE m	ALTITUD msnm
M-1	Quebrada Patari	688545	8349418	4458
M-2	Quebrada Patari	687148	8346975	4220
M-3	Quebrada Quellopata	689554	8364403	4619
M-4	Quebrada Quellopata	686952	8346658	4298
M-5	Quebrada Patari	686012	8346783	4119
M-6	Quebrada Quellopata	687614	8344680	4711
M-7	Laguna Panuira	686480	8344498	4611
M-9	Quebrada s/n 1	689471	8346509	4657
M-10	Quebrada s/n 2	685908	8346207	4338
M-11	Quebrada	689472	8348599	4578
M-12	Quebrada Cunucani	685818	8343695	4618
M-13	Quebrada Patari	687989	8347519	4372
M-14	Quebrada s/n 5	688121	8347855	4376
M-15	Quebrada s/n 6	688274	8347826	4382
M-16	Quebrada Patari	688408	8348041	4392
M-17	Quebrada Patari	688766	8348557	4424
M-18	Quebrada Laguiña	688864	8348632	4430
M-19	Quebrada Laguiña	690366	8348333	4555
M-20	Quebrada Laguiña	690832	8347866	4641
M-21	Manantial	686636	8346256	4329
M-22	Manantial	686430	8345552	4469
ZA-1	Laguna Yuracocha	691201	8345901	4622
ZA-2	Laguna Yuracocha	690935	8344693	4628
ZA-3	Laguna Sin Nombre N° 1.	691348	8347670	4661
ZA-4	Laguna Sin Nombre N° 2.	691602	8345175	4638
ZA-5	Laguna Sin Nombre N° 3.	691644	8345919	4621
ZA-6	Laguna Sin Nombre N° 4.	692448	8346842	4624
ZA-7	Quebrada Pascana	693031	8346820	4611
ZA-8	Quebrada s/n 3	692328	8348893	4618
ZA-9	Quebrada s/n 4	690731	8344737	4602
ZA-10	Quebrada Concalla	692991	8349910	4657

Fuente : J. Ramon del Peru S.A.C.

Legenda

- Estaciones de Control Químico
- Centros Poblados
- Acceso Existente
- Acceso Proyectado
- Quebradas
- Quebradas Estacionales
- Curvas de Nivel (msnm)
- Lagunas
- Bofedales
- Límite de Microcuencas
- Componentes Principales
- Cantera de Relleno
- Cantera de Suelo
- Cantera de Grava
- Canteras

Contaminación por Metales

- Manganeso
- Hierro
- Aluminio

DATUM: UTM WGS84 ZONA: 18S

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA - GEOTÉCNICA

TESIS: ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDROGEOLÓGICO PARA DETERMINAR IMPACTOS EN LAS ETAPAS DE OPERACIÓN CIERRE DEL PROYECTO MINERO INMACULADA REGIÓN AYACUCHO

DESCRIPCIÓN: CONTAMINACIÓN DE AGUA SUPERFICIAL POR METALES - ÉPOCA SECA

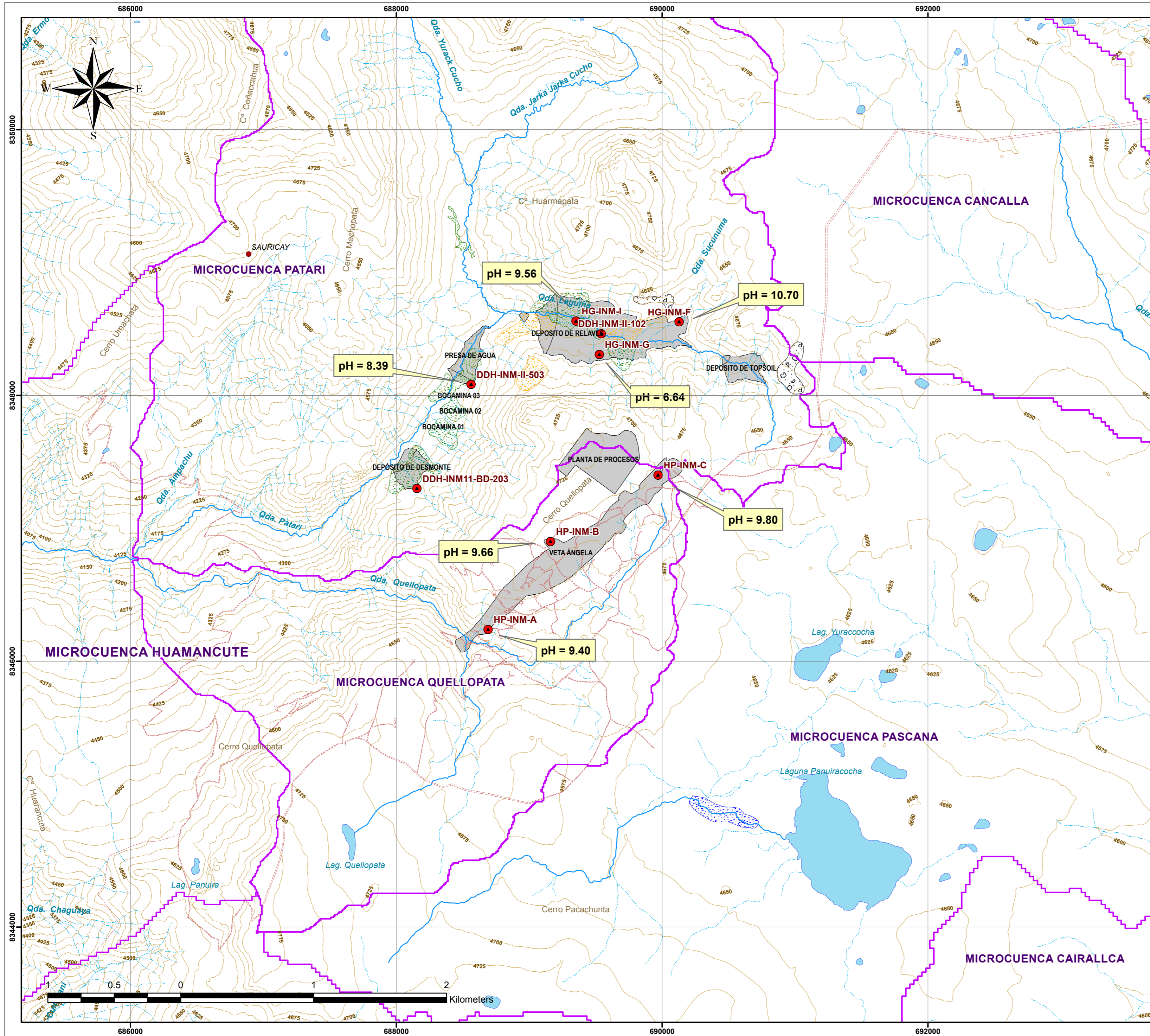
ELABORADO: URIEL NESTOR MARCA VENTURA

ESCALA: 1:20,000

FECHA: DICIEMBRE, 2012

FUENTE: CARTAS NACIONALES DEL IGN ESC. 1/100 000

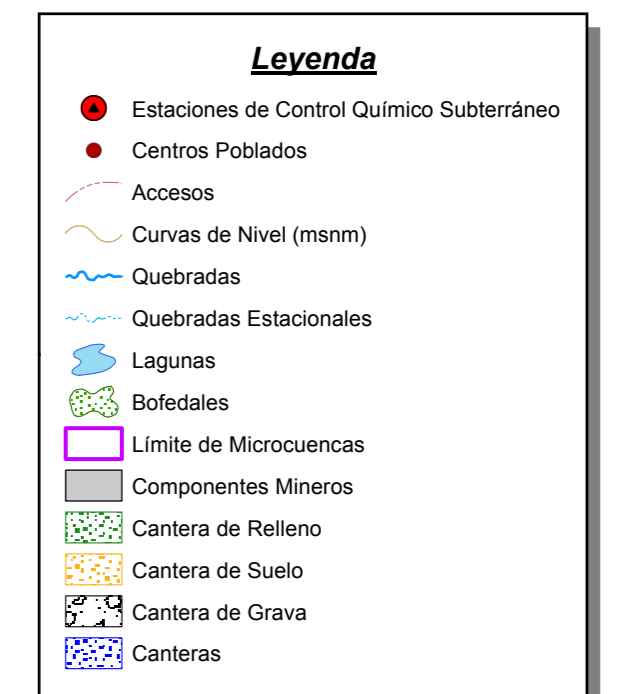
15



UBICACIÓN DE ESTACIONES DE CONTROL QUÍMICO - SUBTERRANEO
COORDENADAS UTM PSAD-56

CODIGO DE INVENTARIO FINAL	UBICACION	ESTE	NORTE	ALTITUD	pH
		m	M	m.s.n.m.	
DDH-INM-II-102	Parte baja de la presa de relave	689542	8348465	4477	-
DDH-INM-II-503	Embalse de agua	688663	8348082	4350	-
HP-INM-A	Veta Angela	686691	8346240	4580	9.4
HP-INM-B	Veta Angela	689160	8346900	4697	9.66
HP-INM-C	Veta Angela	689970	8347401	4701	9.8
DDH-INM11-BD-203	Desmontera	688156	8347299	4425	8.39
HG-INM-F	Presa de relaves	690129	8348554	4508	9.56
HG-INM-G	Presa de relaves	689528	8348308	4499	6.64
HG-INM-I	Presa de relaves	689352	8348559	4462	10.7

Fuente : J. Ramon del Peru S.A.C.



DATUM: UTM WGS84 ZONA: 18S

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA - GEOTÉCNICA

TESIS: ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDROGEOLÓGICO PARA DETERMINAR IMPACTOS EN LAS ETAPAS DE OPERACIÓN CIERRE DEL PROYECTO MINERO INMACULADA REGIÓN AYACUCHO

DESCRIPCIÓN: VARIACIÓN DE PH DE AGUA SUBTERRANEA – ÉPOCA DE LLUVIA

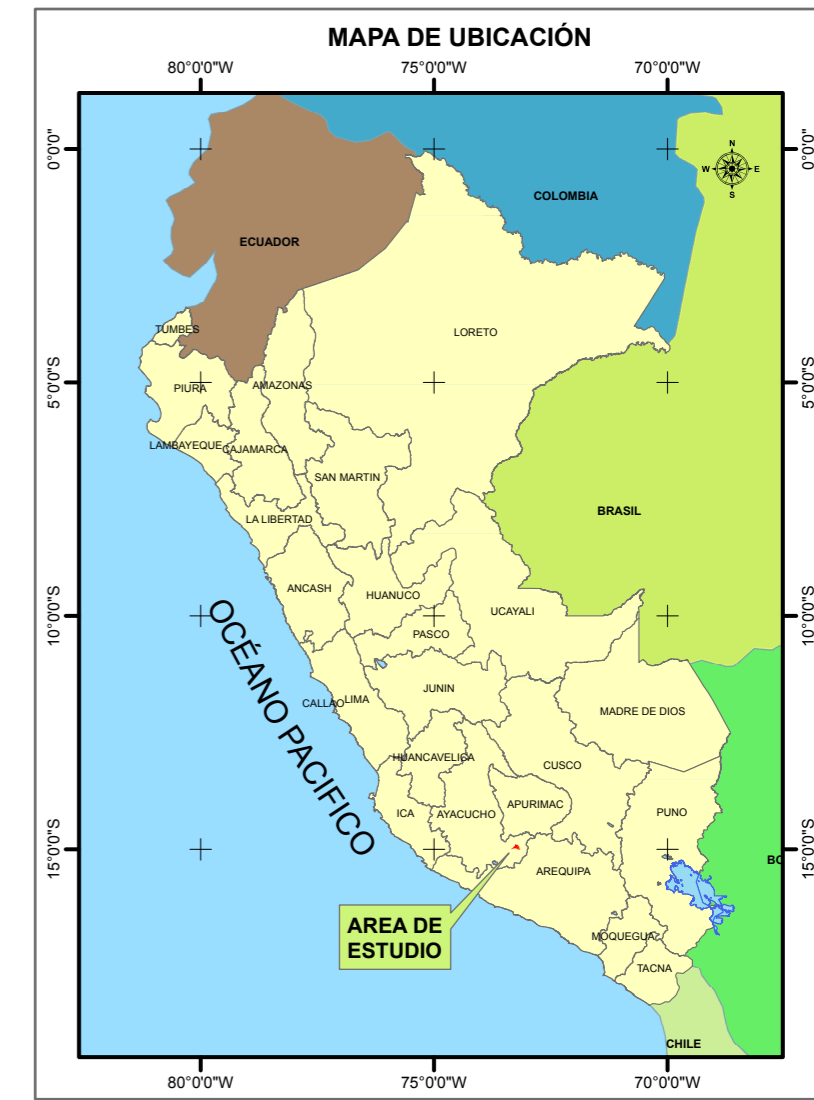
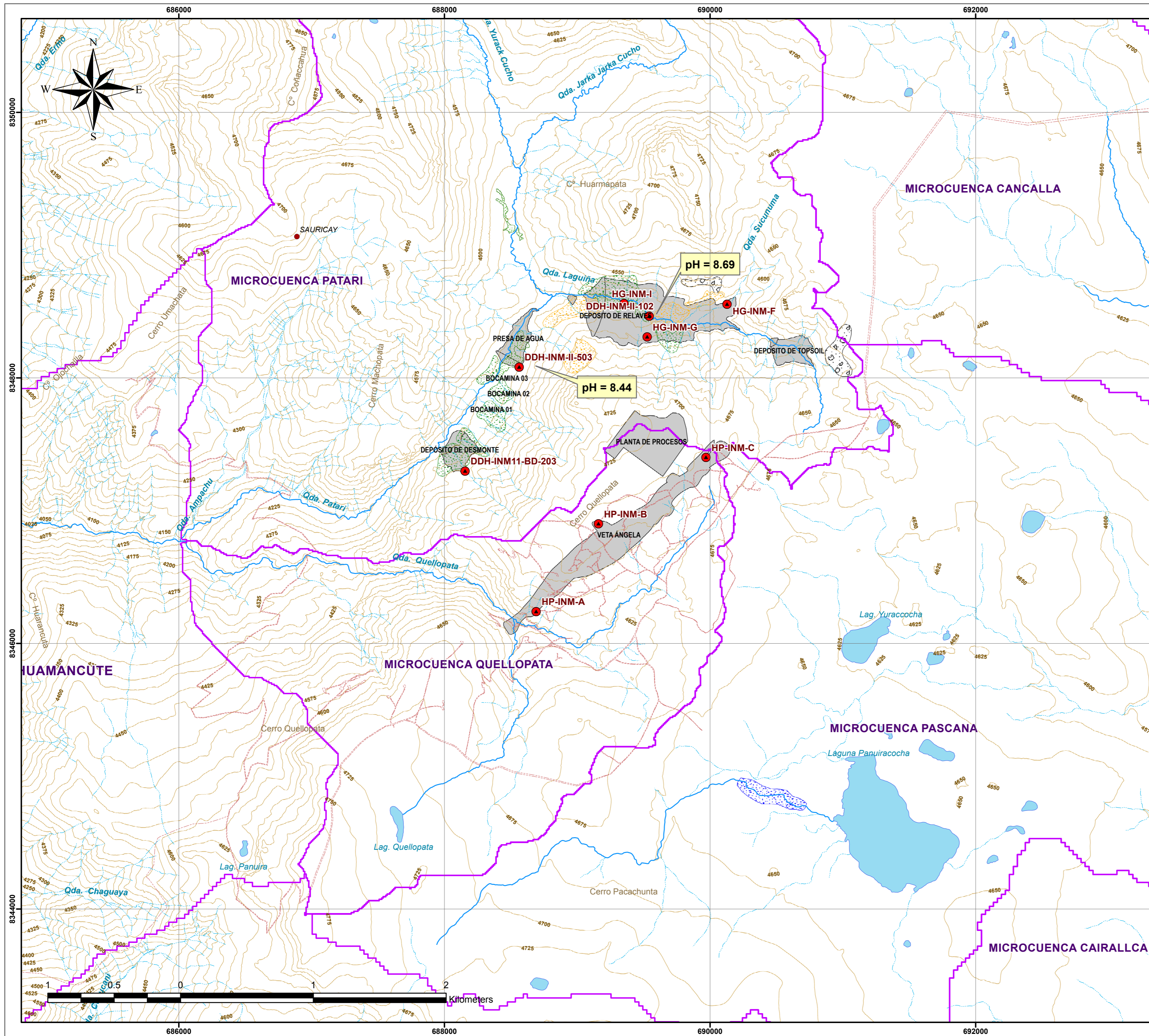
ELABORADO: URIEL NESTOR MARCA VENTURA

ESCALA: 1:20,000

FECHA: DICIEMBRE, 2012

FUENTE: CARTAS NACIONALES DEL IGN ESC. 1/100 000

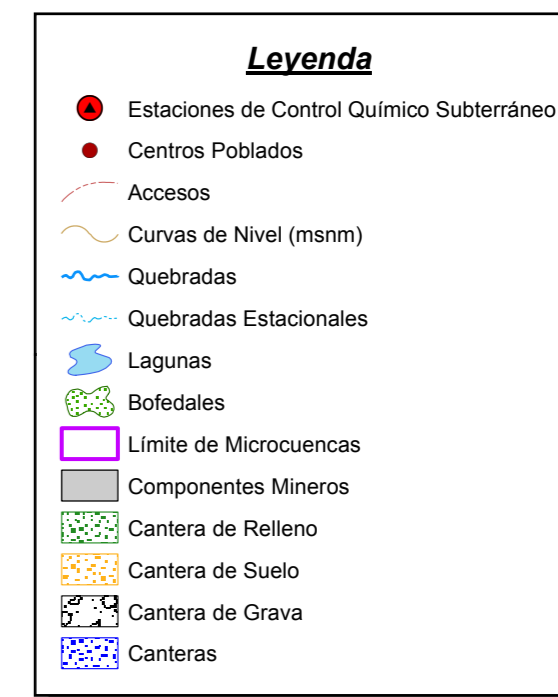
MAPA: 16



UBICACIÓN DE ESTACIONES DE CONTROL QUÍMICO - SUBTERRÁNEO

CODIGO DE INVENTARIO FINAL	UBICACION	COORDENADAS UTM PSAD-56			pH
		ESTE m	NORTE M	ALTITUD m. s.n.m.	
DDH-INM-II-102	Parte baja de la presa de relave	689542	8348465	4477	8.69
DDH-INM-II-503	Embalse de agua	688663	8348082	4350	8.44
HP-INM-A	Veta Ángela	686691	8346240	4580	-
HP-INM-B	Veta Ángela	689160	8346900	4697	-
HP-INM-C	Veta Ángela	689970	8347401	4701	-
DDH-INM11-BD-203	Desmontera	688156	8347299	4425	-
HG-INM-F	Presa de relaves	690129	8348554	4508	-
HG-INM-G	Presa de relaves	689528	8348308	4499	-
HG-INM-I	Presa de relaves	689352	8348559	4462	-

Fuente : J. Ramon del Peru S.A.C.



DATUM: UTM WGS84 ZONA: 18S

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA
 ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA - GEOTÉCNICA

TESIS: ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDROGEOLÓGICO PARA DETERMINAR IMPACTOS EN LAS ETAPAS DE OPERACIÓN CIERRE DEL PROYECTO MINERO INMACULADA REGIÓN AYACUCHO

DESCRIPCIÓN: VARIACIÓN DE PH DE AGUA SUBTERRÁNEA – EPOCA SECA

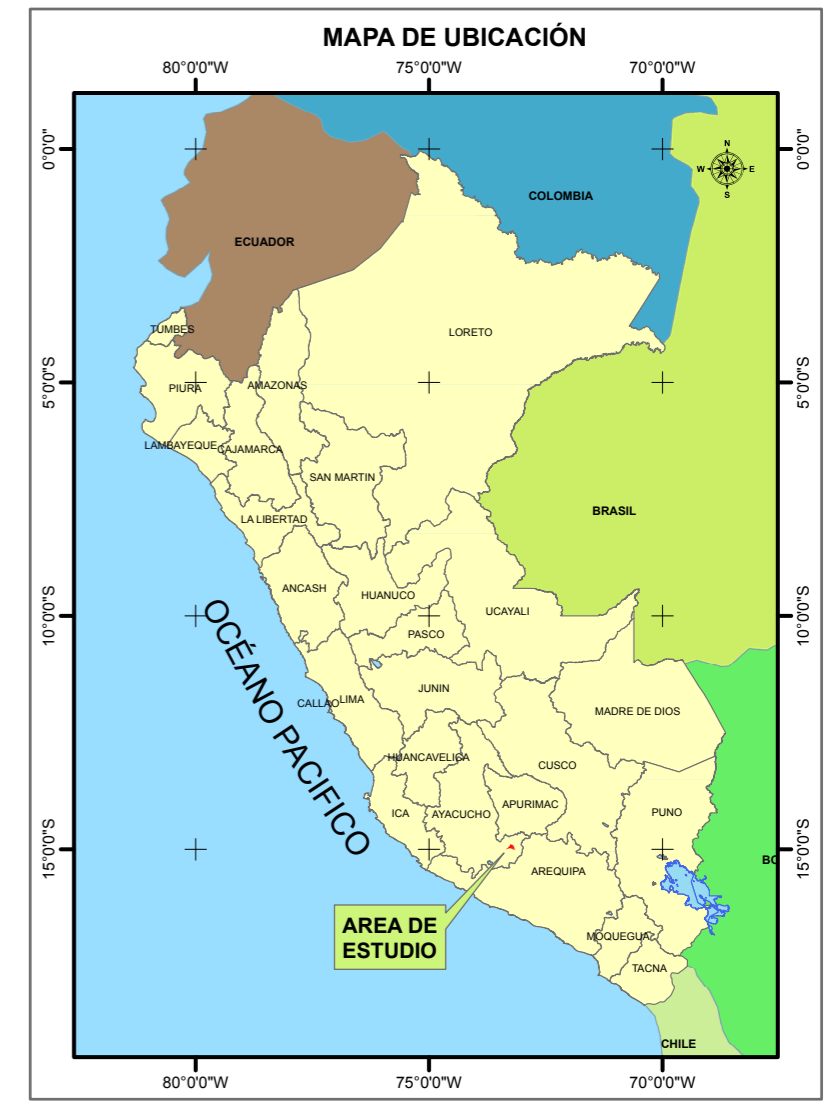
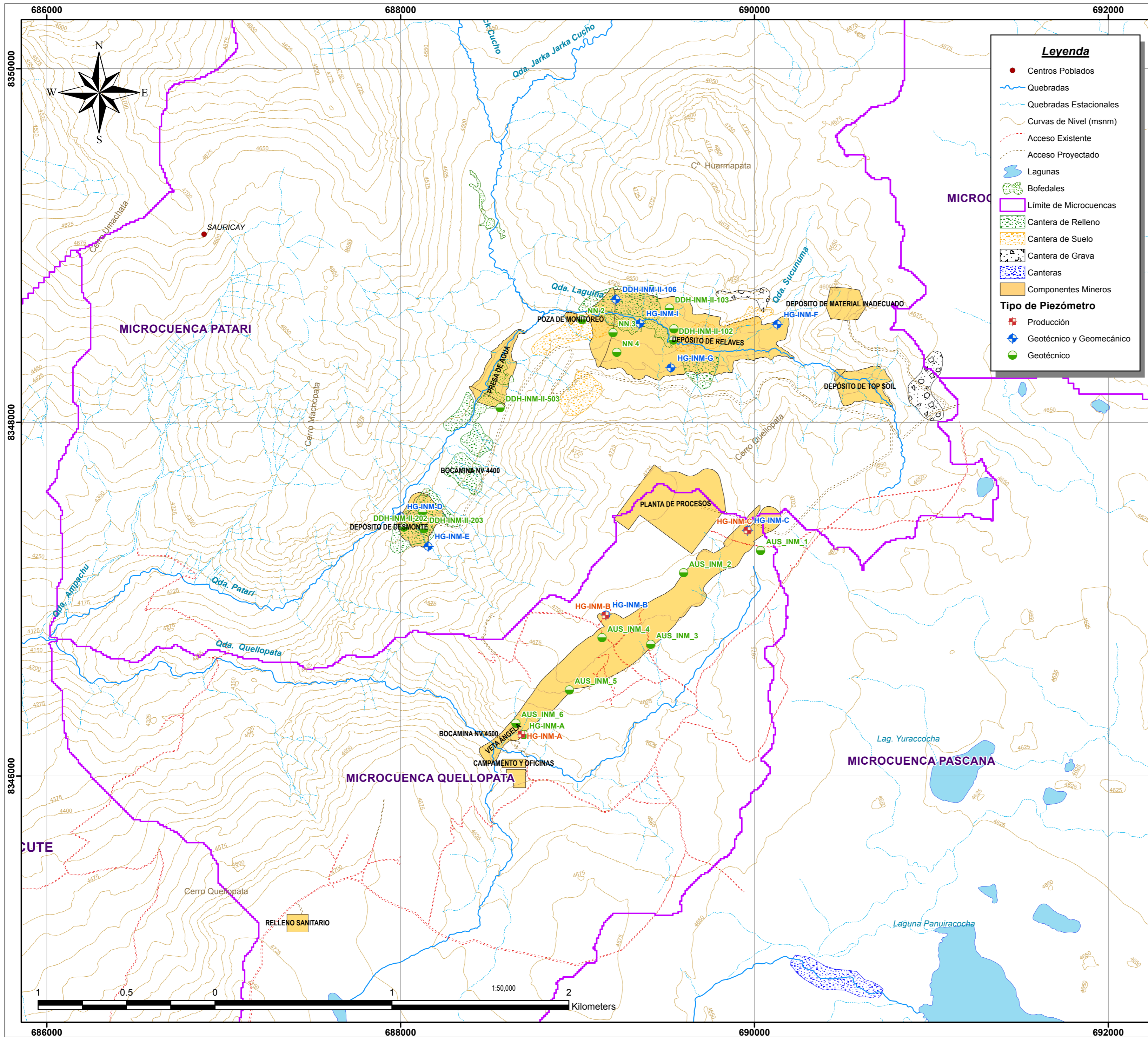
ELABORADO: URIEL NESTOR MARCA VENTURA

ESCALA: 1:20,000

FECHA: DICIEMBRE, 2012

FUENTE: CARTAS NACIONALES DEL IGN ESC. 1/100 000

MAPA: 17



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	680129	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	688963	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

DATUM: UTM WGS84 ZONA: 18S

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA - GEOTÉCNICA

TESIS: ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDROGEOLÓGICO PARA DETERMINAR IMPACTOS EN LAS ETAPAS DE OPERACIÓN CIERRE DEL PROYECTO MINERO INMACULADA REGIÓN AYACUCHO

DESCRIPCIÓN: UBICACIÓN DE FUENTES DE AGUA SUBTERRÁNEA

ELABORADO: URIEL NESTOR MARCA VENTURA

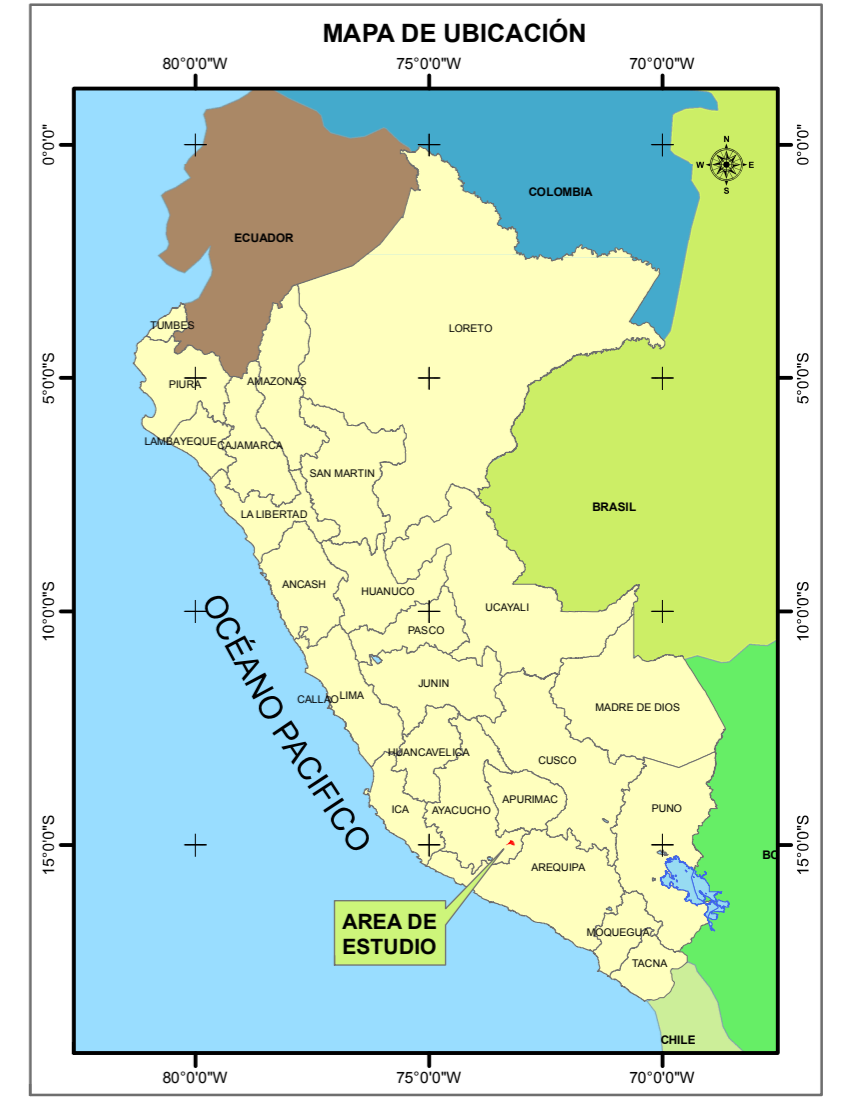
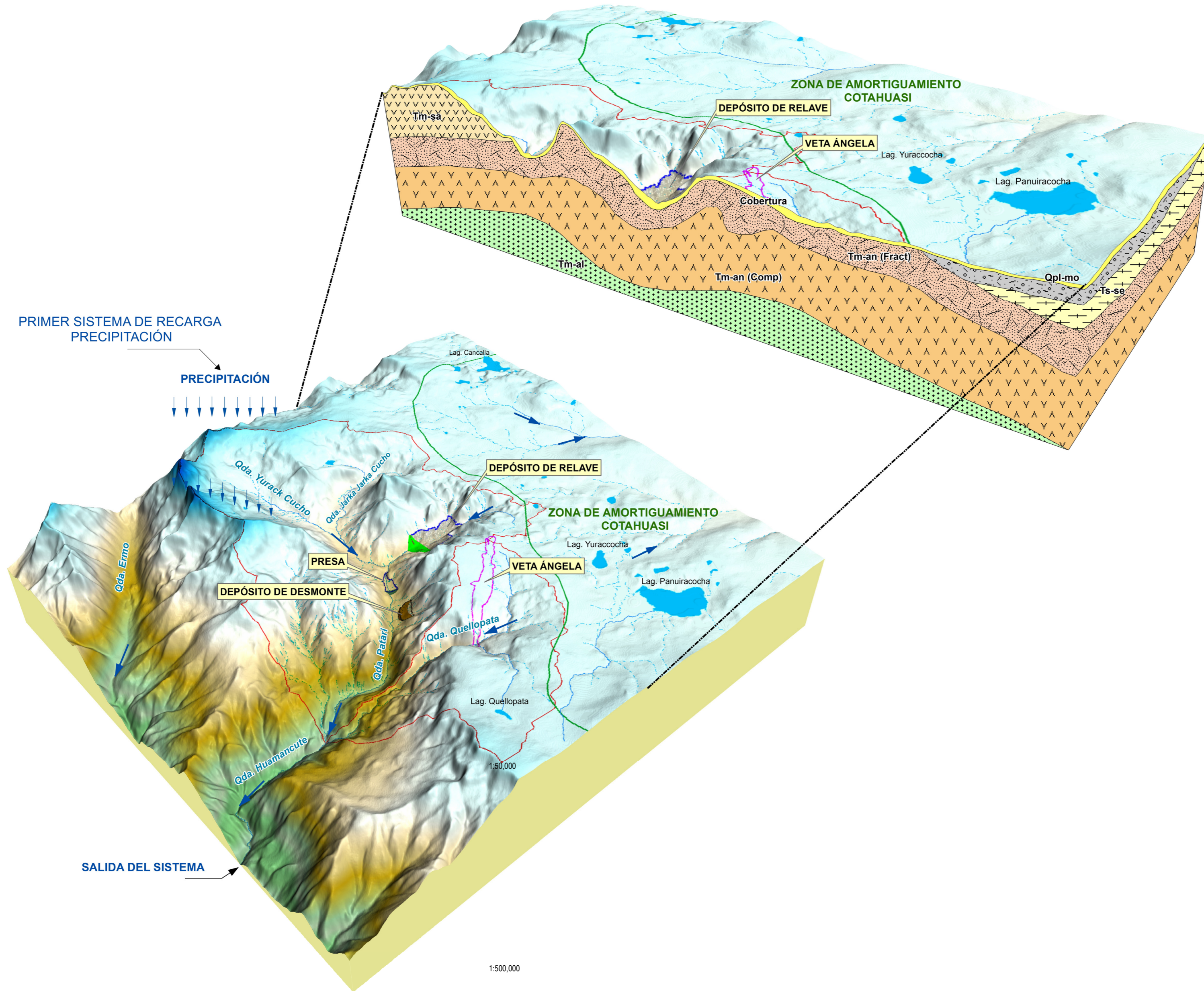
ESCALA: 1:15,000

FECHA: DICIEMBRE, 2012

FUENTE: CARTAS NACIONALES DEL IGN ESC. 1/100 000

MAPA: **18**

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 Alpbamba (Tm-al)

DATUM: UTM WGS84 ZONA: 18S

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA - GEOTÉCNICA

TESIS: ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDROGEOLÓGICO PARA DETERMINAR IMPACTOS EN LAS ETAPAS DE OPERACIÓN CIERRE DEL PROYECTO MINERO INMACULADA REGIÓN AYACUCHO

DESCRIPCIÓN: MODELO HIDROGEOLÓGICO CONCEPTUAL

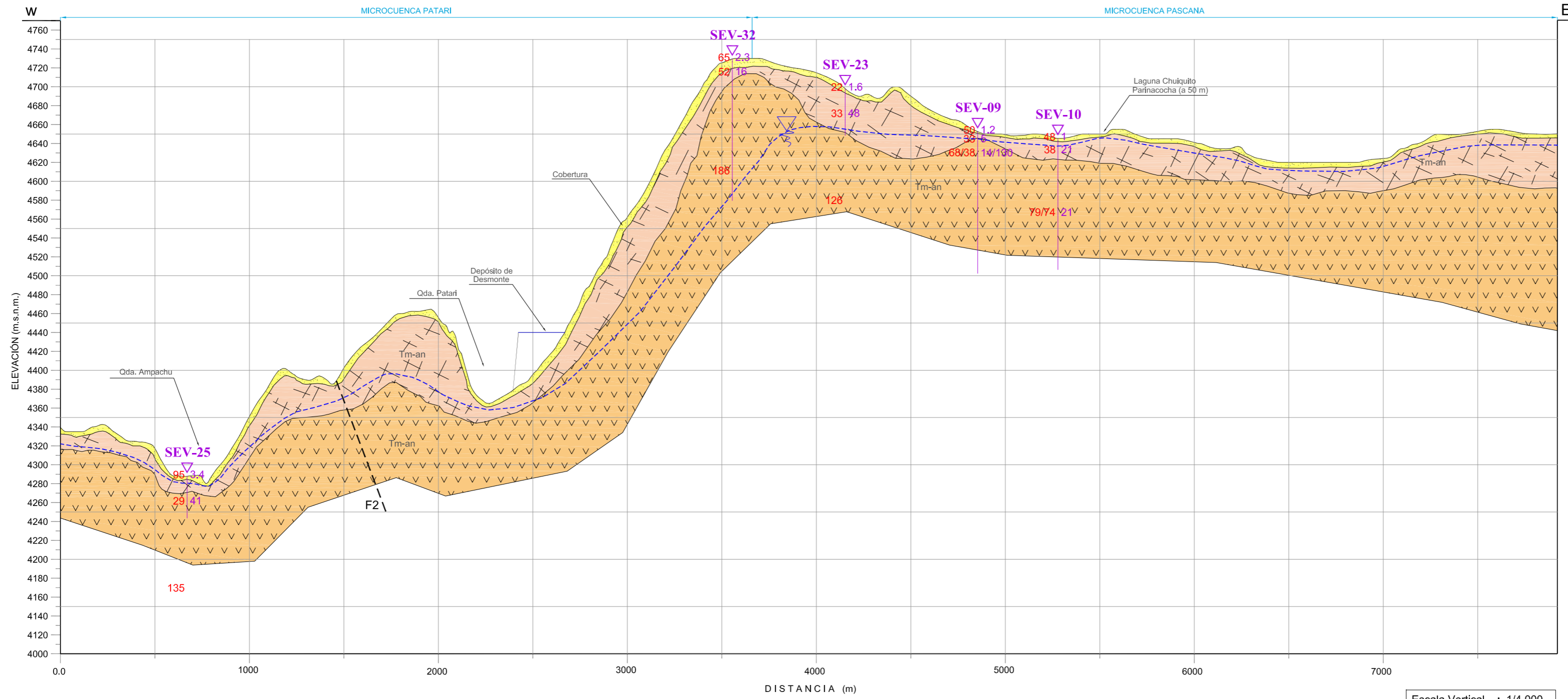
ELABORADO: URIEL NESTOR MARCAVENTURA

ESCALA: S/E

FECHA: DICIEMBRE, 2012

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

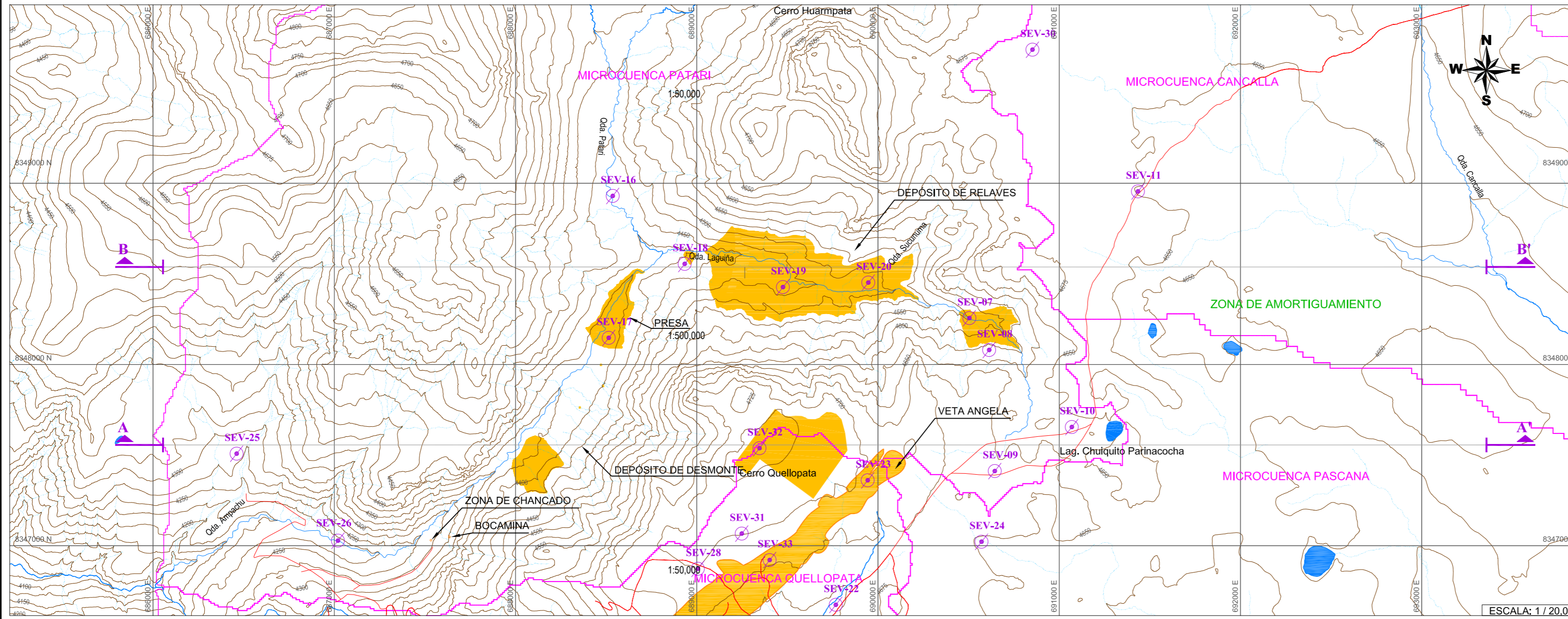
SECCIÓN HIDROGEOLÓGICA A-A'



LEYENDA		
Unidades Geológicas	Unidades Hidrogeológicas	
	Modelo Conceptual Litología	Modelo Matemático Comportamiento Hidráulico
Cobertura	Acuífero Detritico	Acuífero Superficial
Arenisca Tobacea (Roca Fracturada)	Acuífero Fracturado	Acuífero Libre
Arenisca Tobacea (Roca Compacta)	Acuífero	Basamento Rocoso

Escala Vertical : 1/4.000
Escala Horizontal: 1/20.000

VISTA EN PLANTA



1:15,000

SIMBOLOGIA	
	Curva de nivel Principal
	Quebradas Estacionarias
	Quebradas
	Límite de Microcuencas
	Deposito de Desmontes
	SEV-23 Sondaje Electrico Vertical
	45.62 Resistividad en ohm-m
	10.27 Espesor en metros
	Taladros Diamantinos
	Nivel Estático de Agua
	Líneamiento Regional

DATUM: UTM WGS84 ZONA: 18S

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA - GEOTECNICA

TESIS: ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDROGEOLÓGICO PARA DETERMINAR IMPACTOS EN LAS ETAPAS DE OPERACIÓN CIERRE DEL PROYECTO MINERO INMACULADA REGIÓN AYACUCHO

DESCRIPCIÓN: SECCIÓN HIDROGEOLÓGICA A-A'

ELABORADO: URIEL NESTOR MARCA VENTURA

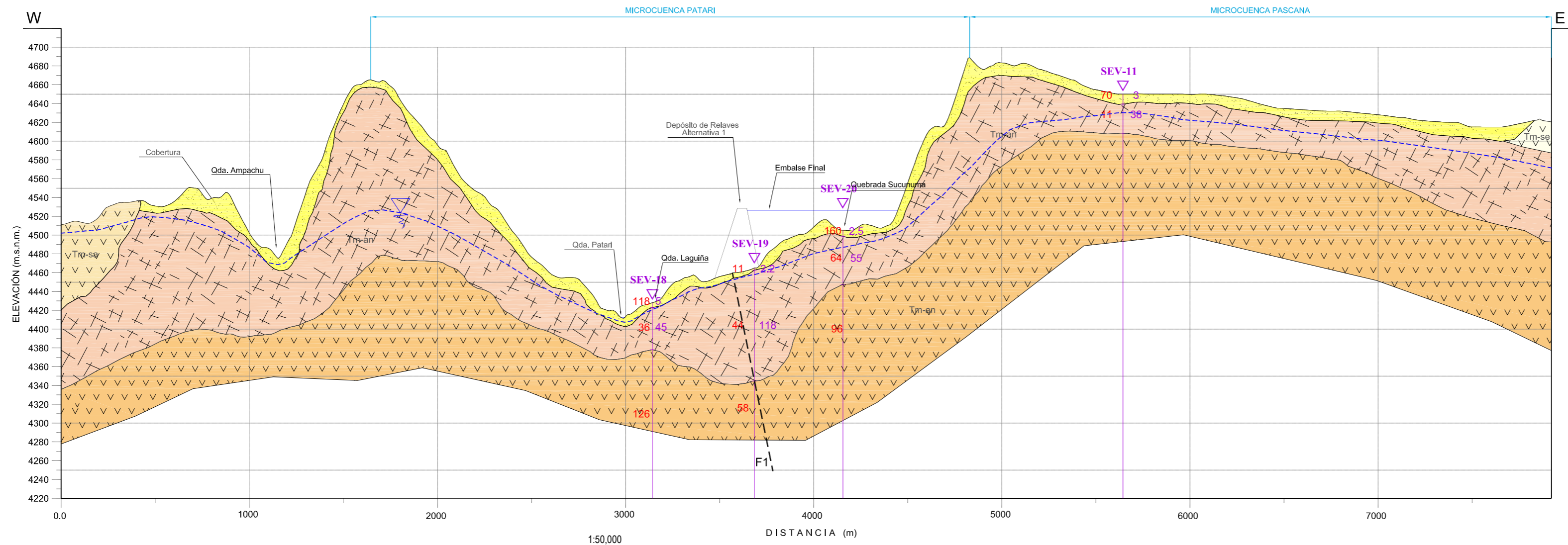
ESCALA: INDICADA

FECHA: DICIEMBRE, 2012

FUENTE: CARTAS NACIONALES DEL IGN ESC. 1/100 000

MAPA: **20**

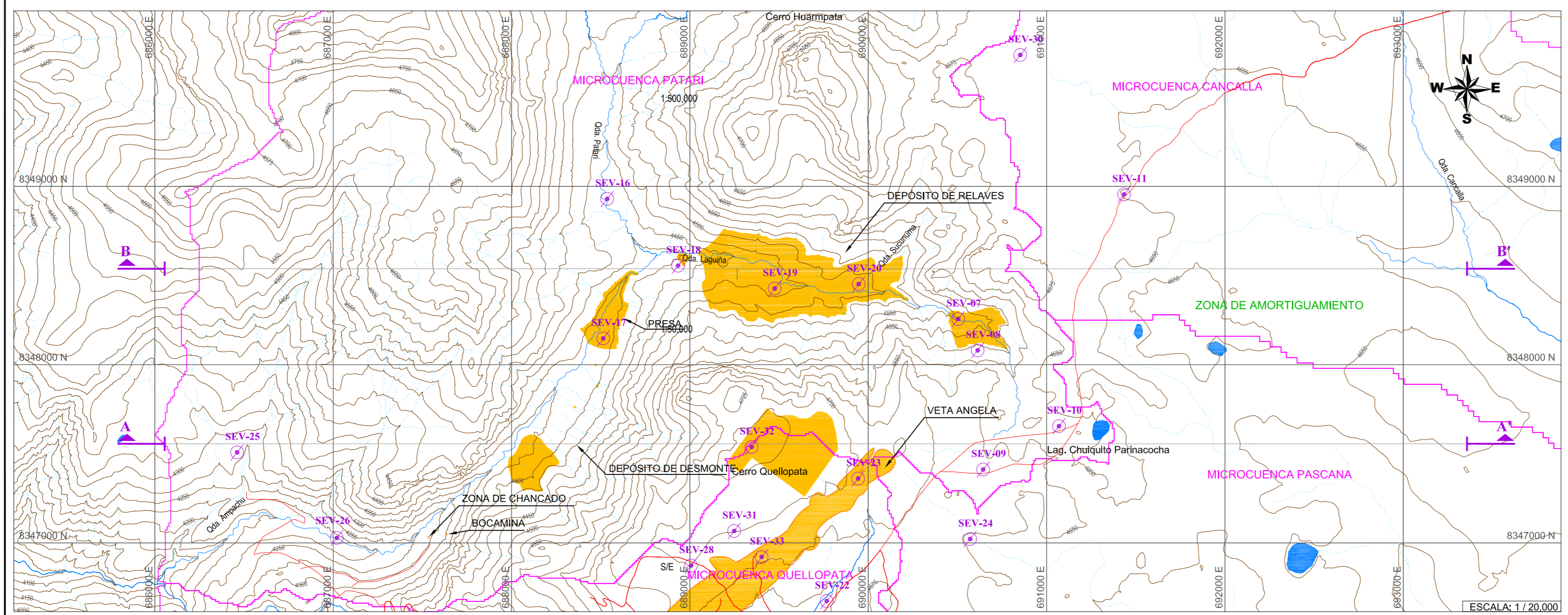
SECCIÓN HIDROGEOLÓGICA B-B'



Escala Vertical : 1/4,000
Escala Horizontal: 1/20,000

LEYENDA		
Unidades Geológicas	Unidades Hidrogeológicas	
	Modelo Conceptual	Modelo Matemático
	Litología	Comportamiento Hidráulico
Cobertura	Acuífero Detritico	Acuífero Superficial
Arenisca Tobacea (Roca Fracturada)	Acuífero Fracturado	Acuífero Libre
Arenisca Tobacea (Roca Compacta)	Acuífugo	Basamento Rocoso
Andesita	Acuífugo	Basamento Rocoso
Toba Dactílica	Acuífugo	Basamento Rocoso

VISTA EN PLANTA



SIMBOLOGÍA	
—100—	Curva de nivel Principal
—	Quebradas Estacionarias
—	Quebradas
—	Límite de Microcuencas
△	Presa de Relaves
SEV-23	Sondaje Eléctrico Vertical
45.62	Resistividad en ohm-m
10.27	Espesor en metros
INMAC	Taladros Diamantinos
—	Nivel Estático de Agua
—	Lineamiento Regional

DATUM: UTM WGS84 ZONA: 18S

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLÓGICA - GEOTÉCNICA

TESIS: ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDROGEOLÓGICO PARA DETERMINAR IMPACTOS EN LAS ETAPAS DE OPERACIÓN CIERRE DEL PROYECTO MINERO INMACULADA REGIÓN AYACUCHO

DESCRIPCIÓN: SECCIÓN HIDROGEOLÓGICA B-B'

ELABORADO: URIEL NESTOR MARCA VENTURA

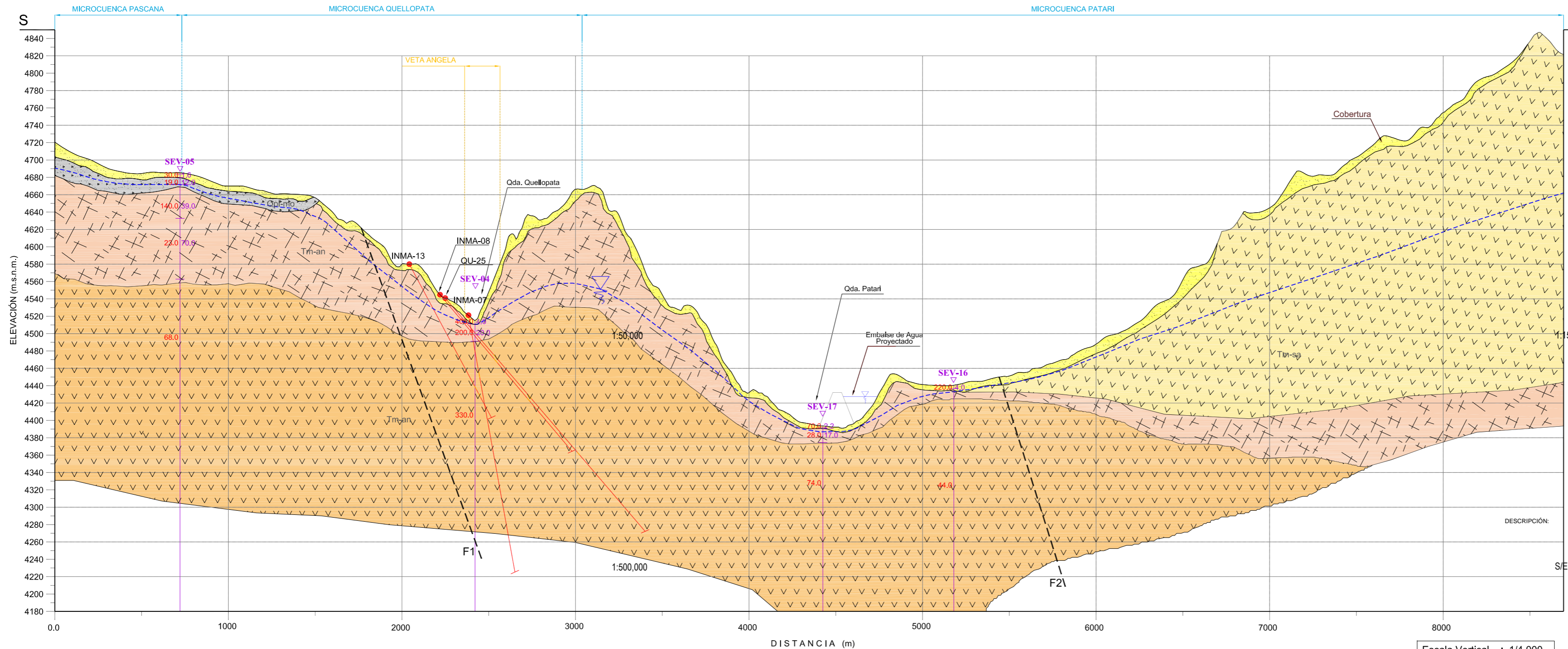
ESCALA: INDICADA

FECHA: DICIEMBRE, 2012

FUENTE: CARTAS NACIONALES DEL IGN ESC. 1/100 000

MAPA: **21**

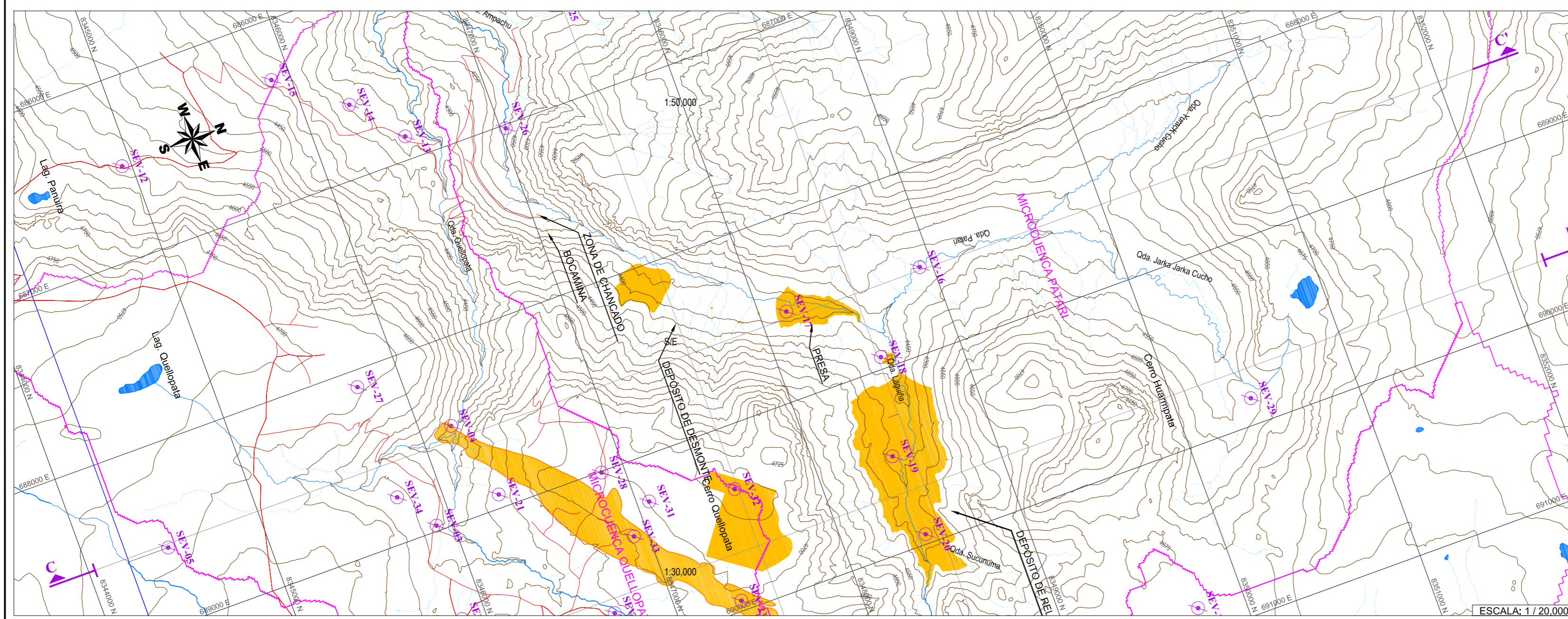
SECCIÓN HIDROGEOLÓGICA C-C'



LEYENDA		
Unidades Geológicas	Unidades Hidrogeológicas	
	Modelo Conceptual Litológica	Modelo Matemático Comportamiento Hidráulico
Cobertura	Acuífero Detritico	Acuífero Superficial
Arenisca Tobacea (Roca Fracturada)	Acuífero Fracturado	Acuífero Libre
Arenisca Tobacea (Roca Compacta)	Acuífugo	Basamento Rocoso
Andesita	Acuífugo	Basamento Rocoso
Toba Dacítica	Acuífugo	Basamento Rocoso

Escala Vertical : 1/4,000
Escala Horizontal: 1/20,000

VISTA EN PLANTA



INDICADA	SIMBOLOGÍA
	Curva de nivel Principal
	Quebradas Estacionarias
	Quebradas
	Límite de Microcuencas
	Presa de Relaves
	SEV-23 Sonda de Electricidad Vertical
	45.62 Resistividad en ohm-m
	10.27 Espesor en metros
	INMA Taladros Diamantinos
	Nivel Estático de Agua
	Líneamiento Regional

INDICADA

DATUM: UTM WGS84 ZONA: 18S

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA - GEOTÉCNICA

TESIS: ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDROGEOLÓGICO PARA DETERMINAR IMPACTOS EN LAS ETAPAS DE OPERACIÓN CIERRE DEL PROYECTO MINERO INMACULADA REGIÓN AYACUCHO

DESCRIPCIÓN: SECCIÓN HIDROGEOLÓGICA C-C'

ELABORADO: URIEL NESTOR MARCA VENTURA MAPA:

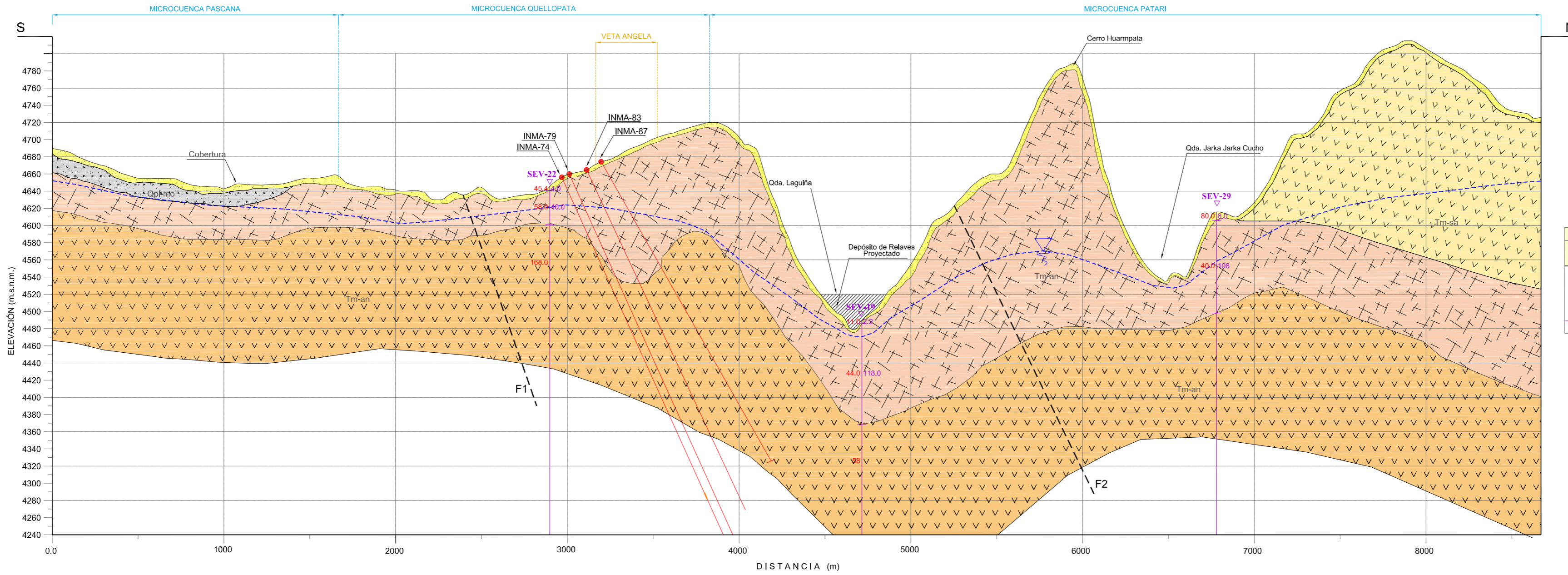
ESCALA: INDICADA

FECHA: DICIEMBRE, 2012

FUENTE: CARTAS NACIONALES DEL IGN ESC. 1/100 000

22

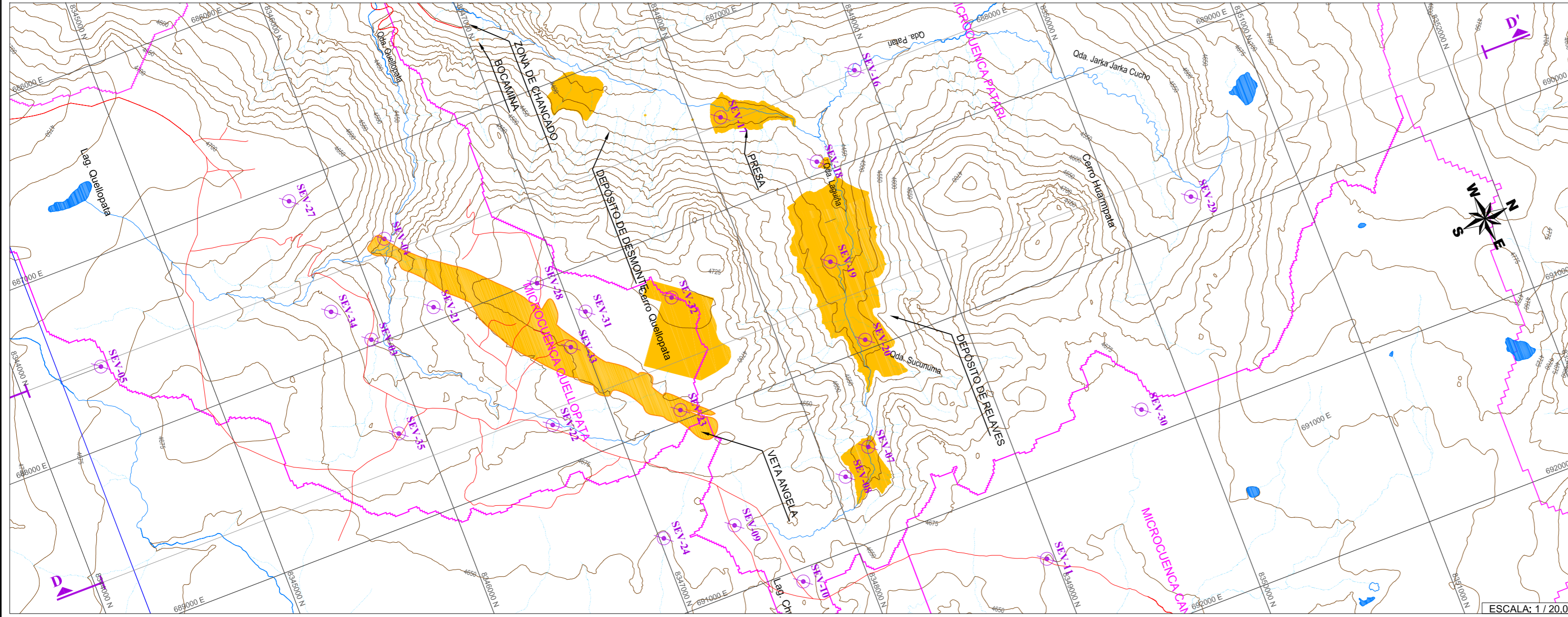
SECCIÓN HIDROGEOLÓGICA D-D'



Unidades Geológicas	Unidades Hidrogeológicas	
	Modelo Conceptual Litológica	Modelo Matemático Comportamiento Hidráulico
Cobertura	Acuífero Detrítico	Acuífero Superficial
Morrenas	Acuífero Detrítico	Acuífero Sub-Superficial
Andesita Fracturada	Acuífero Fracturado	Acuífero Libre
Andesita Compacta	Acuífero	Basamento Rocosos
Andesita	Acuífero	Basamento Rocosos

Escala Vertical : 1/4,000
Escala Horizontal: 1/20,000

VISTA EN PLANTA



SIMBOLOGÍA	
	Curva de nivel Principal
	Quebradas Estacionarias
	Quebradas
	Límite de Microcuencas
	Presa de Relaves
	SEV-23 Sondaje Eléctrico Vertical
	45.62 Resistividad en ohm-m
	10.27 Espesor en metros
	Taladros Diamantinos
	Nivel Estático de Agua
	Líneamiento Regional

DATUM: UTM WGS84 ZONA: 18S

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA - GEOTÉCNICA

TESIS: ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDROGEOLÓGICO PARA DETERMINAR IMPACTOS EN LAS ETAPAS DE OPERACIÓN CIERRE DEL PROYECTO MINERO INMACULADA REGIÓN AYACUCHO

DESCRIPCIÓN: SECCIÓN HIDROGEOLÓGICA D-D'

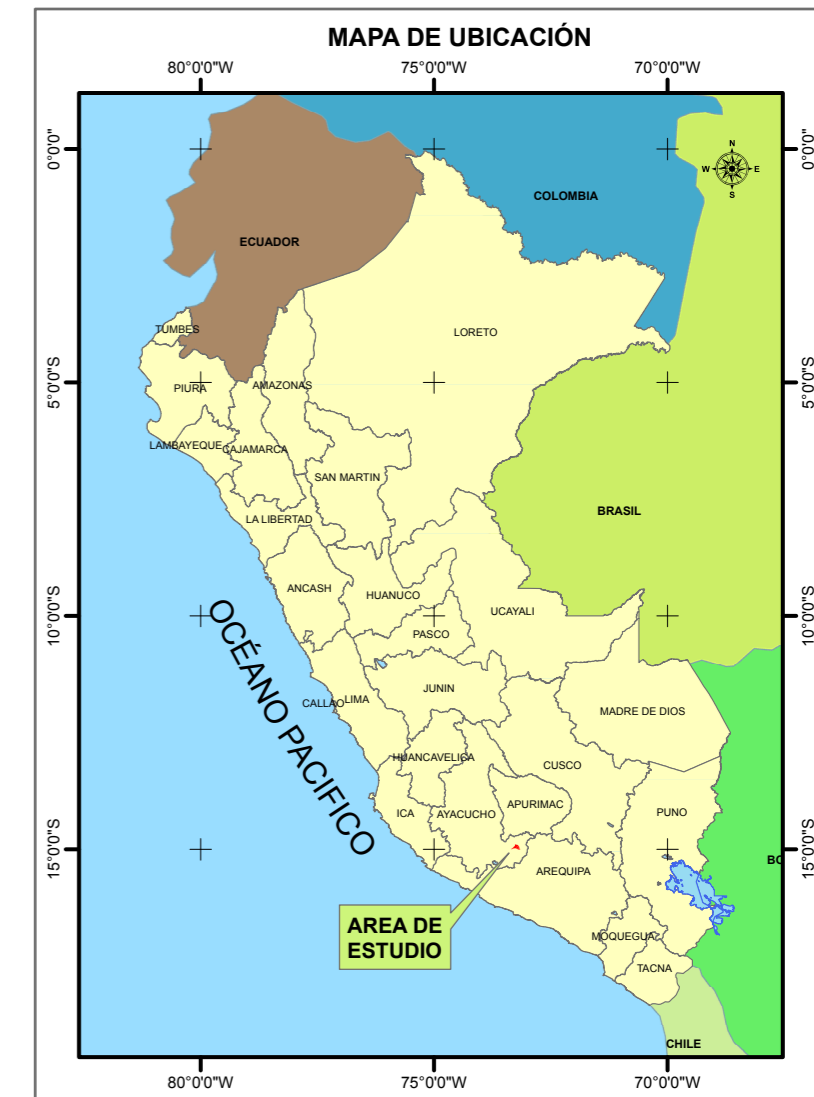
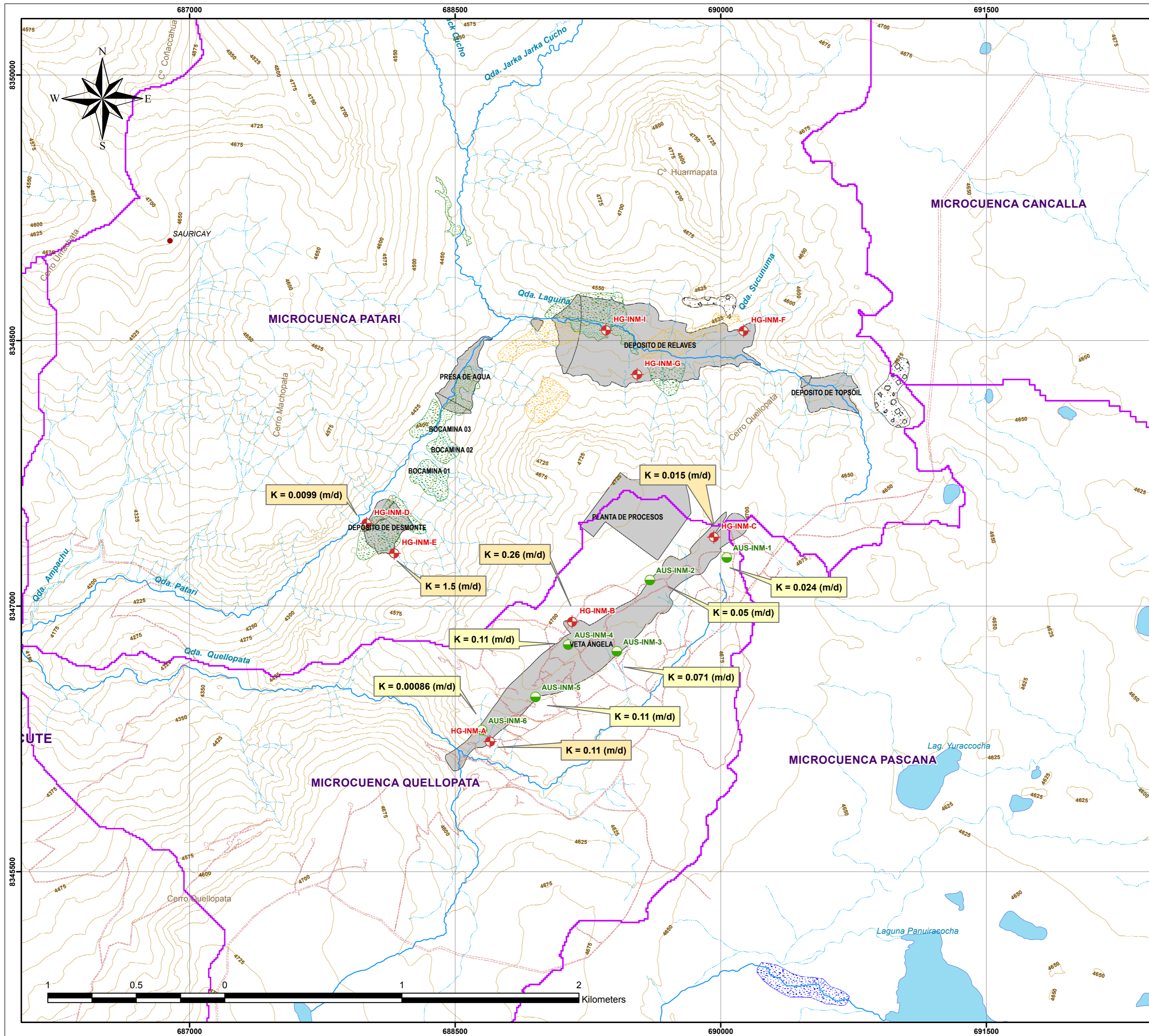
ELABORADO: URIEL NESTOR MARCA VENTURA MAPA:

ESCALA: INDICADA

FECHA: DICIEMBRE, 2012

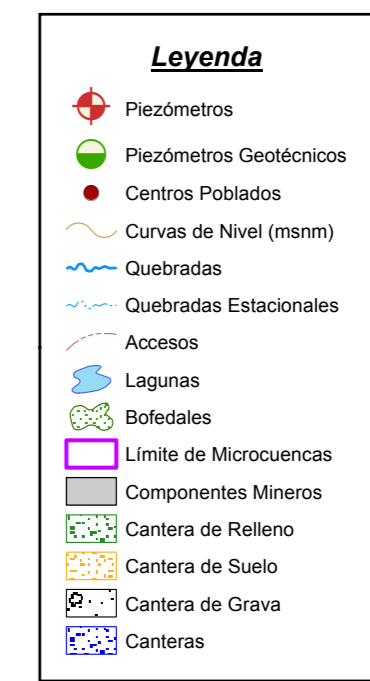
FUENTE: CARTAS NACIONALES DEL IGN ESC. 1/100 000

23



DISTRIBUCION DE PERMEABILIDAD (m/d)

CODIGO	UBICACIÓN	COORDENADAS UTM (PSAD-56)			PERMEABILIDAD (m/d)
		ESTE	NORTE	ALTITUD	
AUS-INM-01	Veta Angela	690035	8347275	4692	0.024
AUS-INM-02	Veta Angela	689600	8347148	4695	0.05
AUS-INM-03	Veta Angela	689414	8346744	4657	0.071
AUS-INM-04	Veta Angela	689139	8346782	4688	0.11
AUS-INM-05	Veta Angela	688954	8346487	4658	0.11
AUS-INM-06	Veta Angela	688652	8346299	4584	0.00086
HG-INM-A	Botadero de Desmonte	688697	8346234	4579	0.11
HG-INM-B	Botadero de Desmonte	689161	8346911	4695	0.26
HG-INM-C	Botadero de Desmonte	689961	8347390	4700	0.015
HG-INM-D	Botadero de Desmonte	688000	8347467	4369	0.0099
HG-INM-E	Botadero de Desmonte	688156	8347299	4425	1.5



DATUM: UTM WGS84 ZONA: 18S

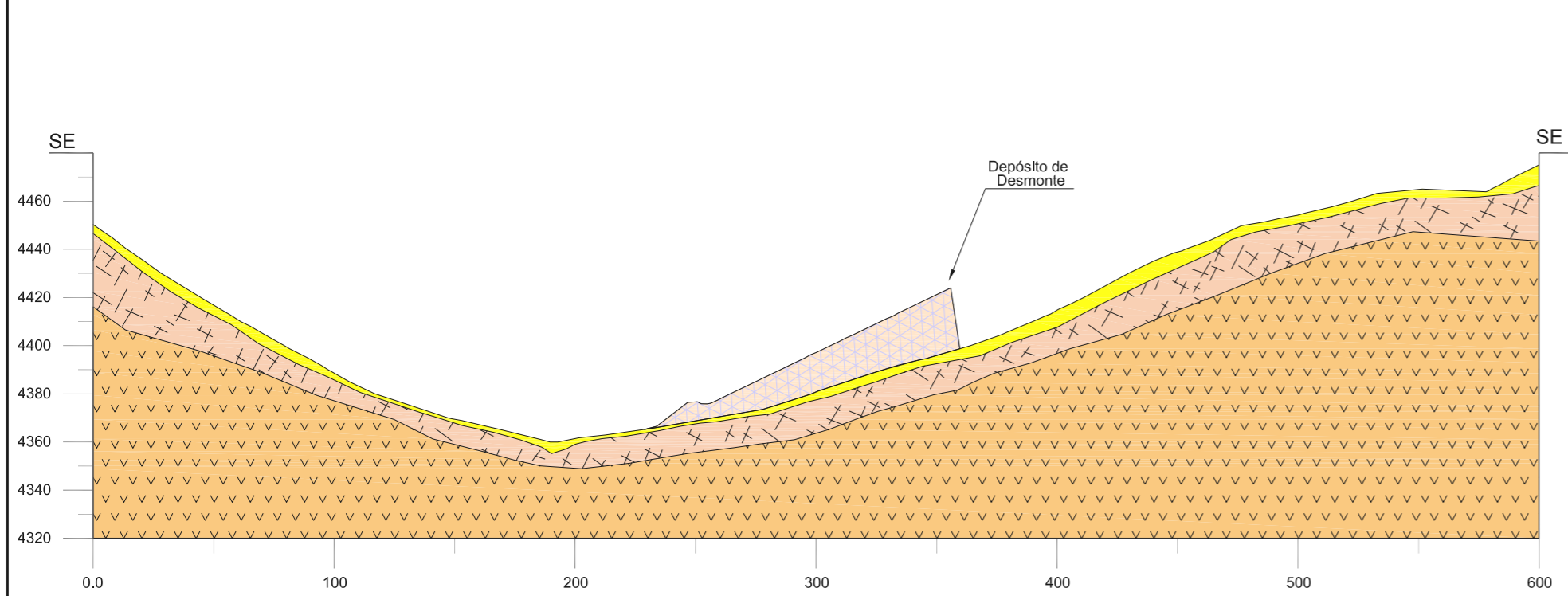
UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA - GEOTÉCNICA

TESIS: ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDROGEOLÓGICO PARA DETERMINAR IMPACTOS EN LAS ETAPAS DE OPERACIÓN CIERRE DEL PROYECTO MINERO INMACULADA REGIÓN AYACUCHO

DESCRIPCIÓN:	PERMEABILIDADES	
ELABORADO:	URIEL NESTOR MARCA VENTURA	
ESCALA:	1:15,000	
FECHA:	DICIEMBRE, 2012	
FUENTE:	CARTAS NACIONALES DEL IGN ESC. 1/100 000	

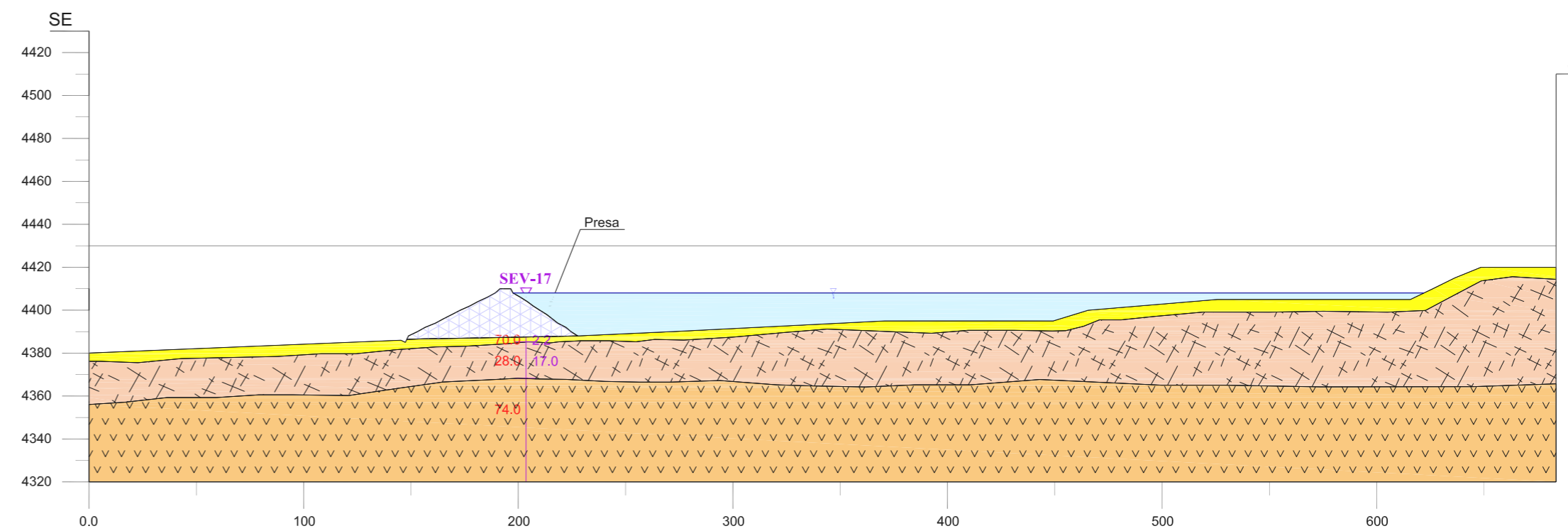
24

SECCIÓN GEOLÓGICA A - A' DEPÓSITO DE DESMONTE



Escala Vertical : 1/2,500
Escala Horizontal: 1/2,500

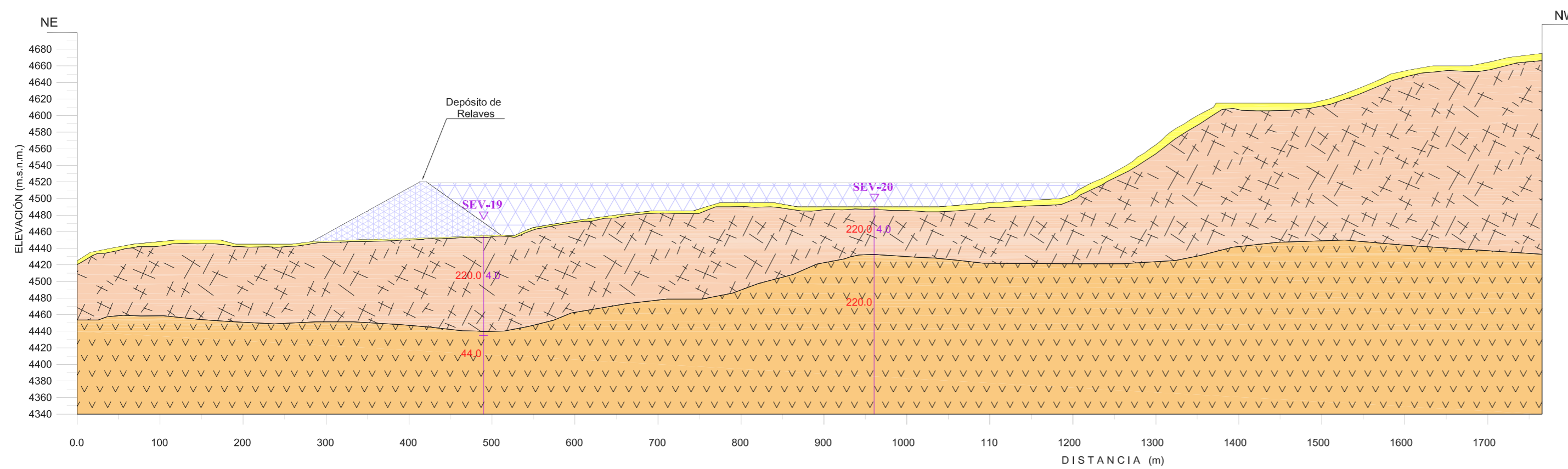
SECCIÓN GEOLÓGICA B - B' PRESA



Escala Vertical : 1/2,500
Escala Horizontal: 1/2,500

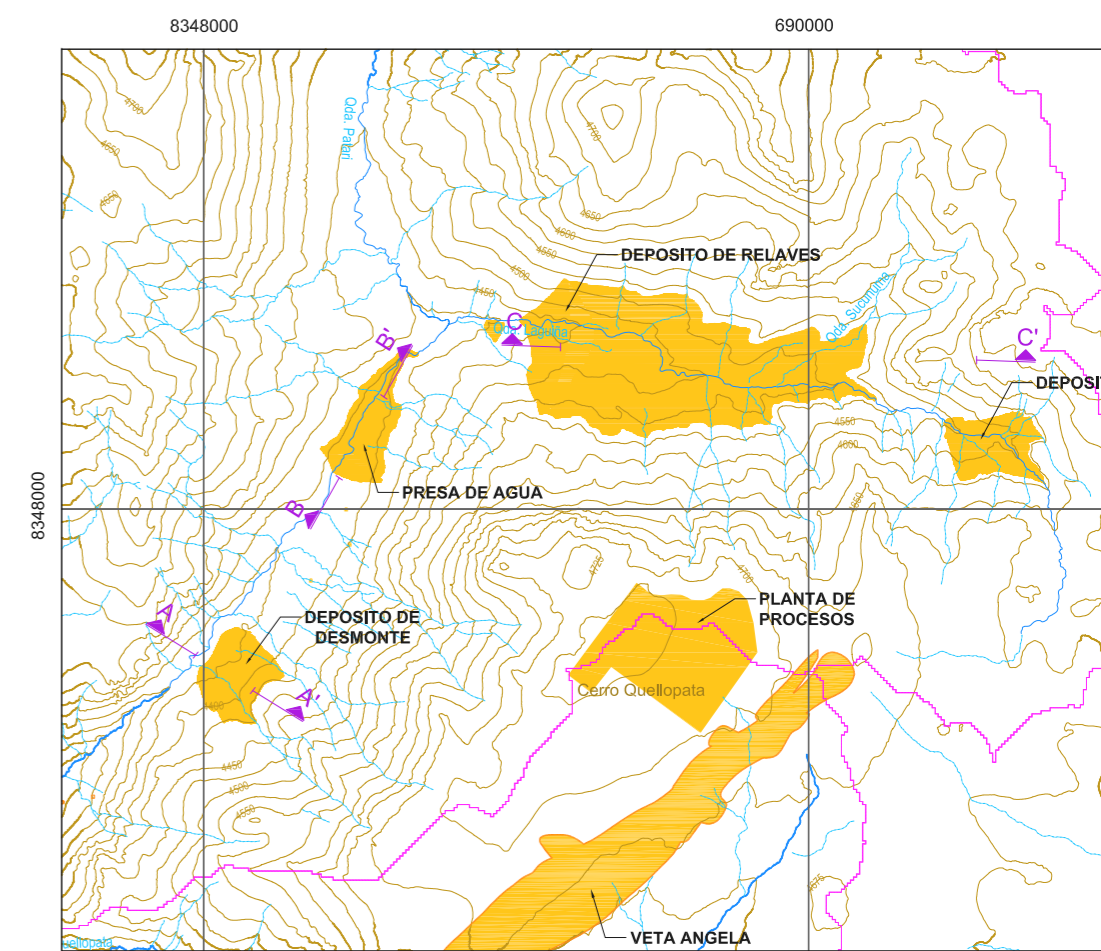
LEYENDA	
Unidades Geológicas	
	Cobertura
	Arenisca Tobacea (Roca Fracturada)
	Arenisca Tobacea (Roca Compacta)

SECCIÓN GEOLÓGICA C - C' DEPÓSITO DE RELAVES



Escala Vertical : 1/5,000
Escala Horizontal: 1/5,000

VISTA EN PLANTA



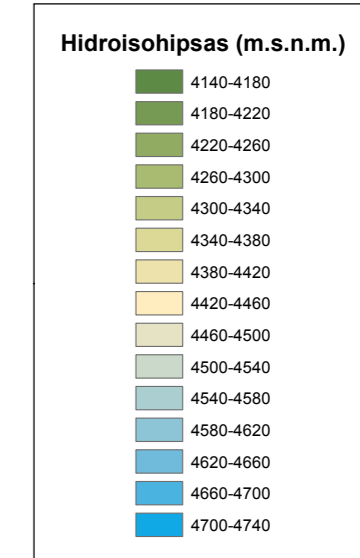
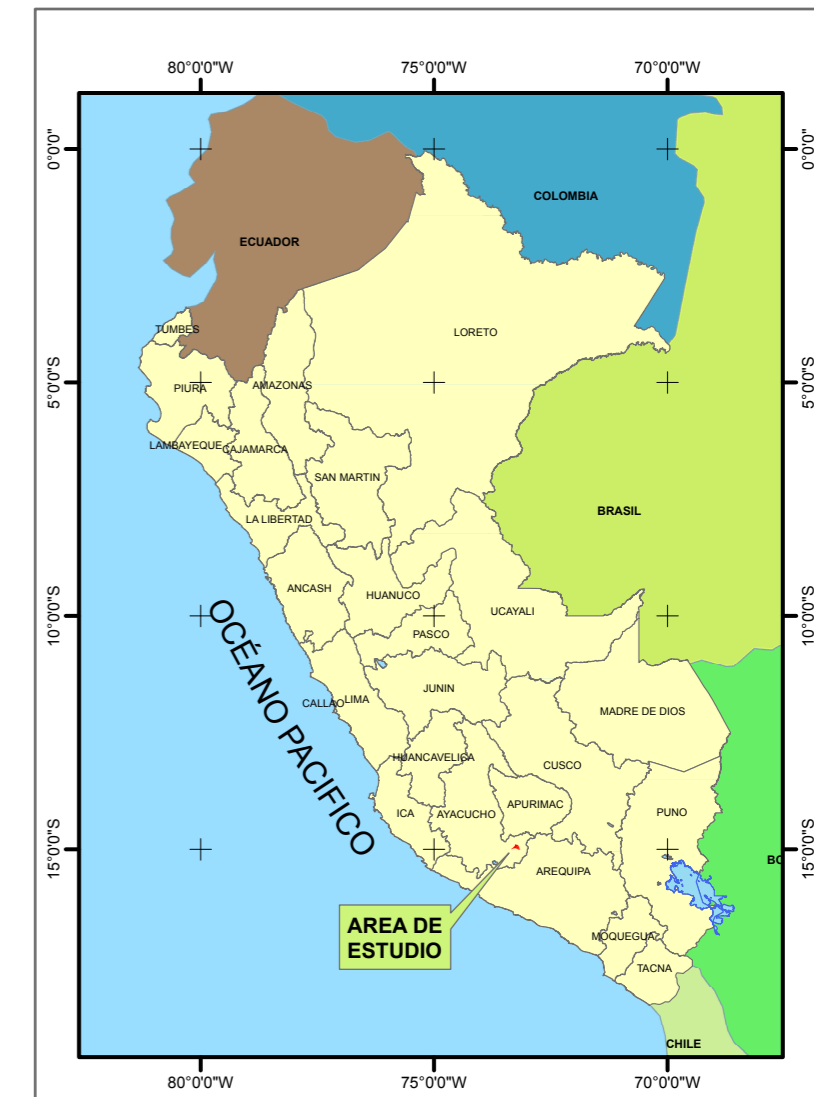
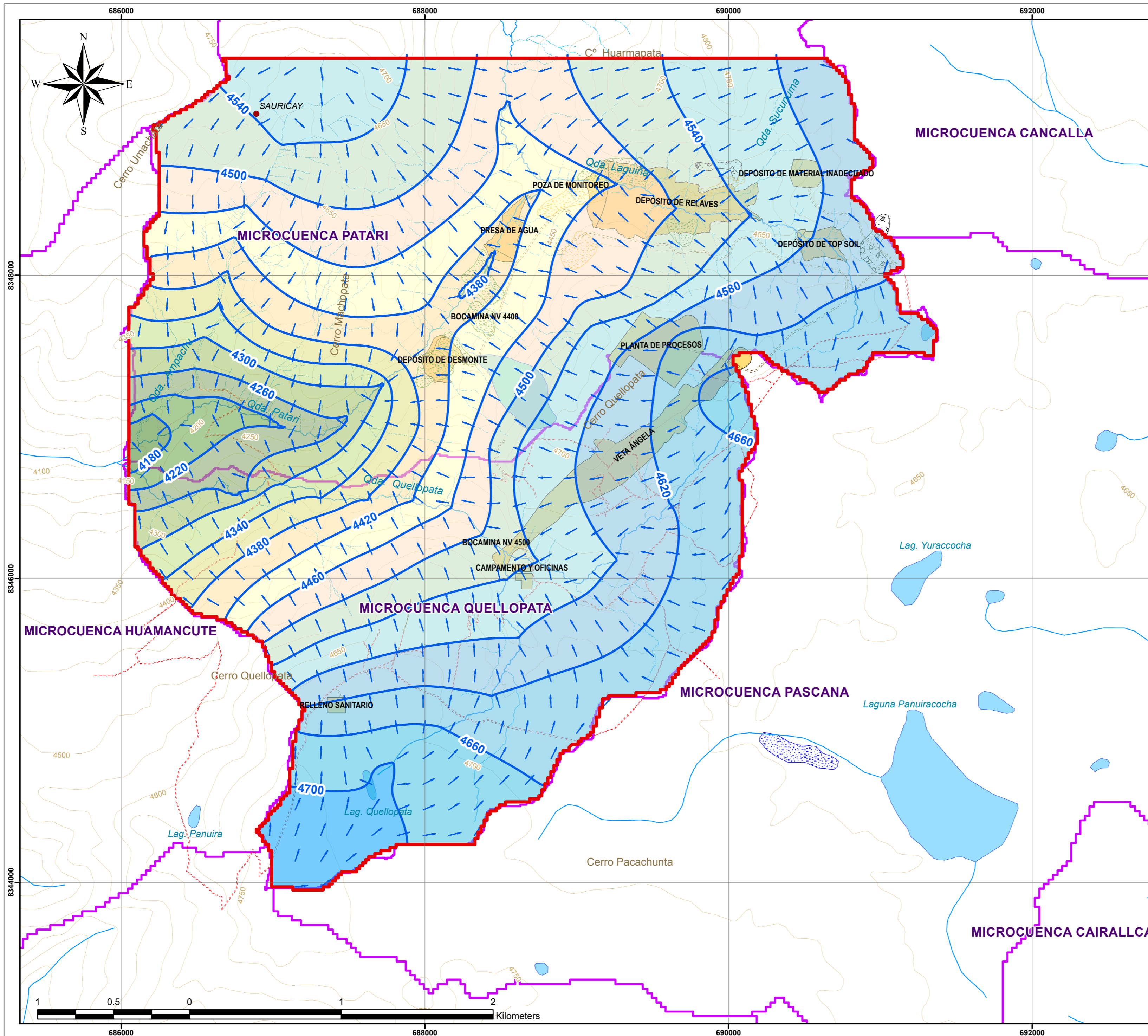
DATUM: UTM WGS84 ZONA: 18S

	UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA - GEOTÉCNICA	
--	--	--

TESIS: ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDROGEOLÓGICO PARA DETERMINAR IMPACTOS EN LAS ETAPAS DE OPERACIÓN CIERRE DEL PROYECTO MINERO INMACULADA REGIÓN AYACUCHO

DESCRIPCIÓN: SECCIONES TRANSVERSALES Y LONGITUDINALES DE LOS COMPONENTES MINEROS

ELABORADO: URIEL NESTOR MARCA VENTURA	MAPA:
ESCALA: INDICADA	25
FECHA: DICIEMBRE, 2012	
FUENTE: CARTAS NACIONALES DEL IGN ESC. 1/100 000	



DATUM: UTM WGS84 ZONA: 18S

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA - GEOTÉCNICA

TESIS: ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDROGEOLÓGICO PARA DETERMINAR IMPACTOS EN LAS ETAPAS DE OPERACIÓN CIERRE DEL PROYECTO MINERO INMACULADA REGIÓN AYACUCHO

DESCRIPCIÓN: **HIDROISOHIPSAS Y LINEAS DE FLUJO SUBTERRÁNEO-FASE INICIAL**

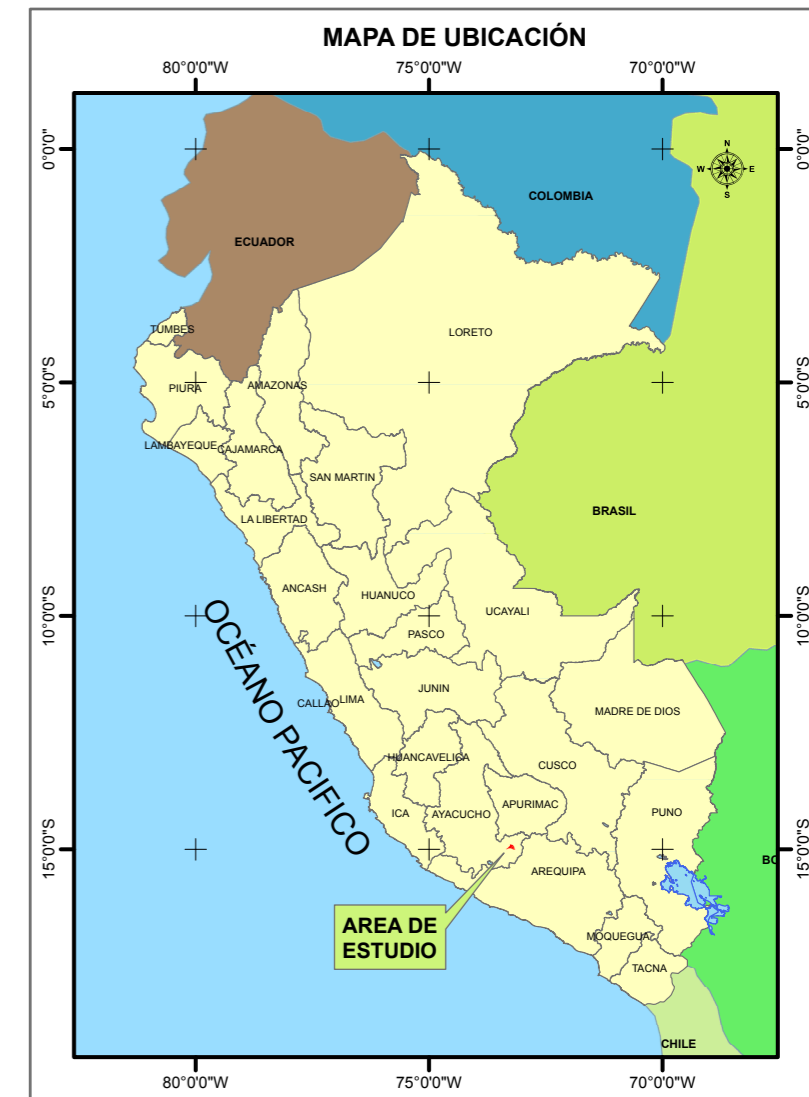
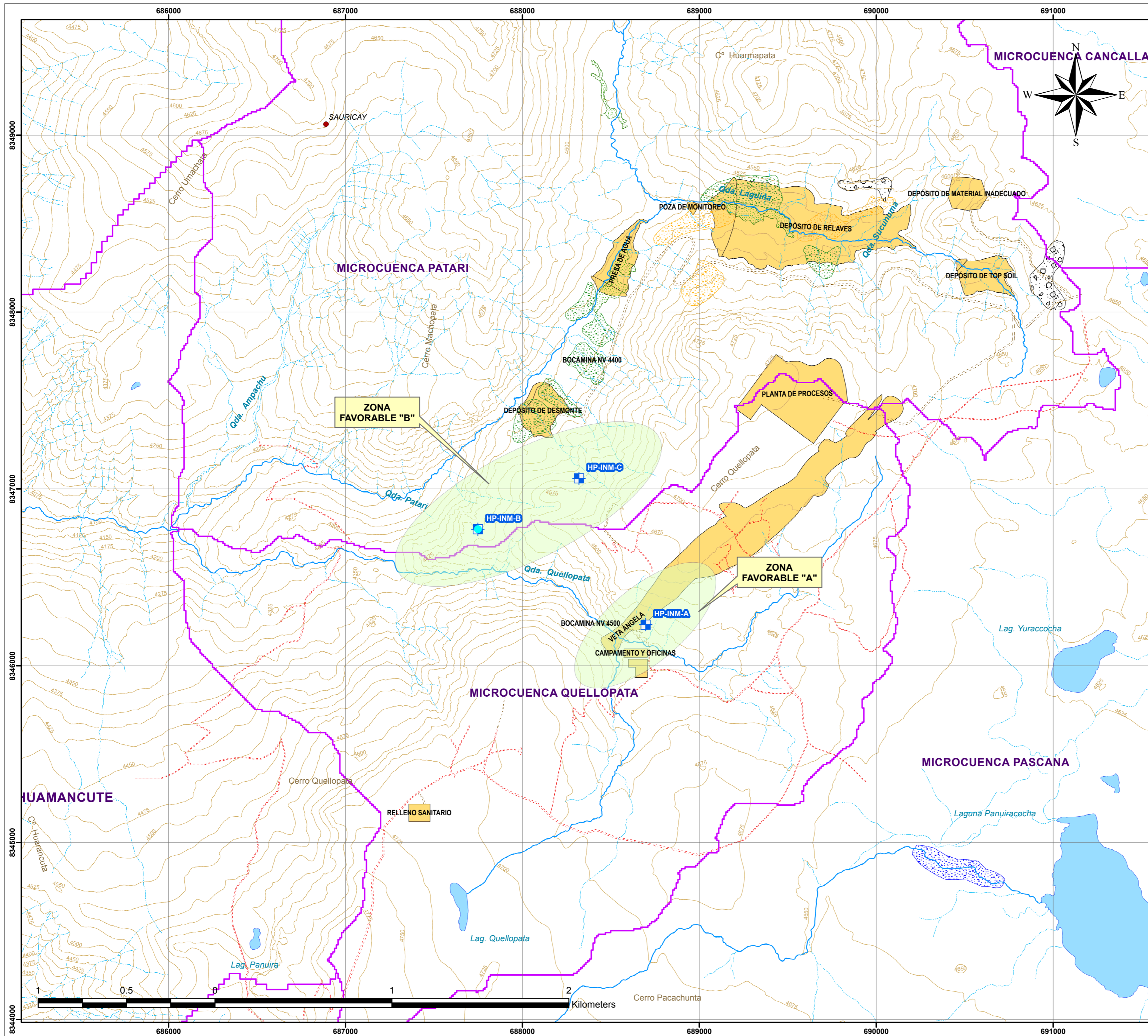
ELABORADO: **URIEL NESTOR MARCA VENTURA**

ESCALA: **1:17,500**

FECHA: **DICIEMBRE, 2012**

FUENTE: **CARTAS NACIONALES DEL IGN ESC. 1/100 000**

26



UBICACIÓN DE POZOS DE PRODUCCIÓN

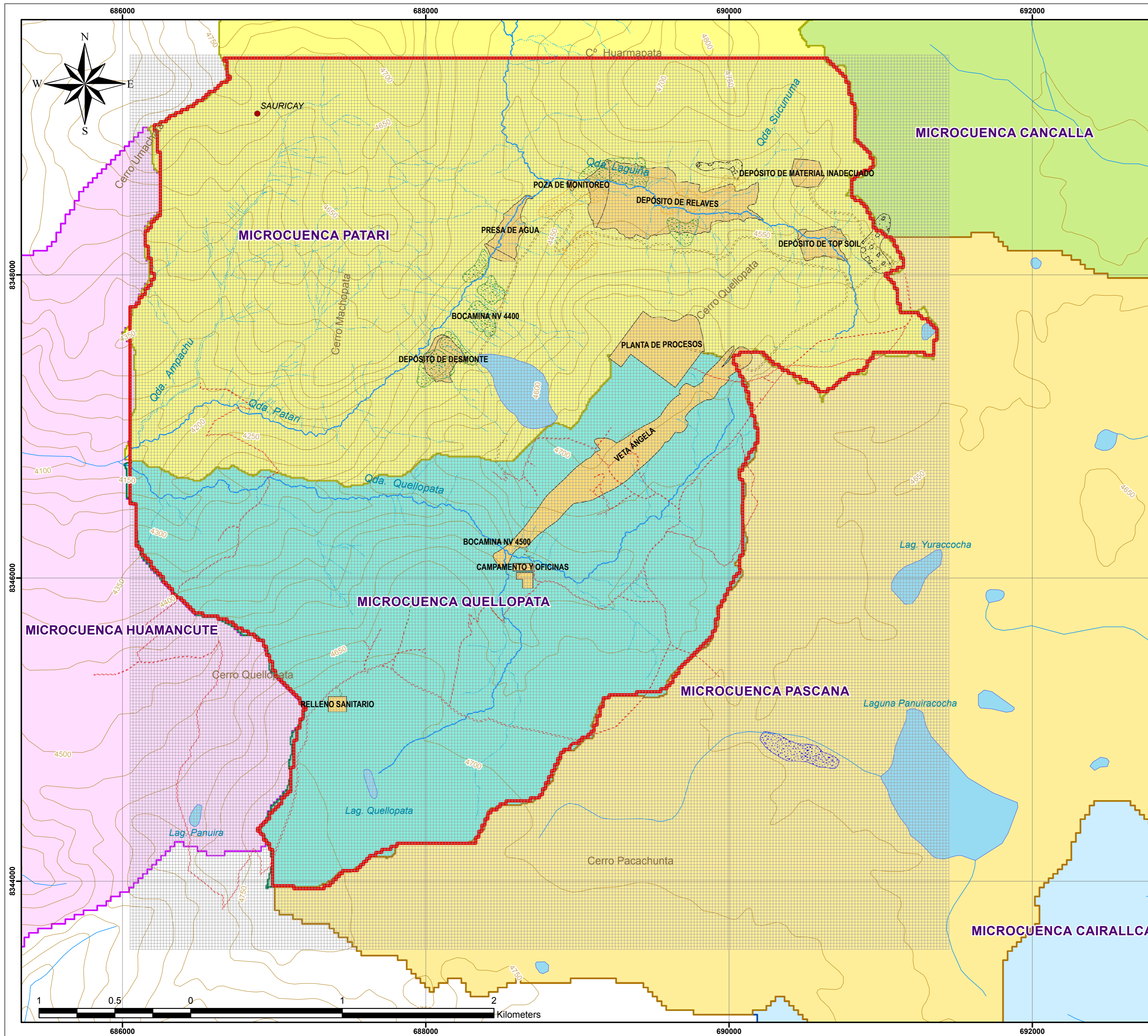
CODIGO DE INVENTARIO FINAL	COORDENADAS UTM (PSAD-56)		
	ESTE (m)	NORTE (m)	ALTITUD (msnm)
HP-INM-A	688697.534	8346232.842	4576
HP-INM-C	688320.524	8347060.376	4525
HP-INM-B	687749.013	8346771.974	4450

DATUM: UTM WGS84 ZONA: 18S

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA - GEOTÉCNICA

TESIS: ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDROGEOLÓGICO PARA DETERMINAR IMPACTOS EN LAS ETAPAS DE OPERACIÓN CIERRE DEL PROYECTO MINERO INMACULADA REGIÓN AYACUCHO

DESCRIPCIÓN: UBICACIÓN DE ZONAS FAVORABLES Y POZOS DE PRODUCCIÓN	
ELABORADO: URIEL NESTOR MARCA VENTURA	MAPA:
ESCALA: 1:15.000	27
FECHA: DICIEMBRE, 2012	
FUENTE: CARTAS NACIONALES DEL IGN ESC. 1/100 000	



Leyenda

- Centros Poblados
- Discretización del Sistema Acuífero
- - - Acceso Existente
- - - Acceso Proyectado
- Curvas de Nivel (msnm)
- Quebradas
- Quebradas Estacionales
- Lagunas
- ▭ Límite del Modelo Numérico
- Cantera de Relleno
- Cantera de Suelo
- Cantera de Grava
- Canteras
- Componentes Mineros

Microcuencas

- MICROCUENCA CAIRALLCA
- MICROCUENCA CANCELLA
- MICROCUENCA PASCANA
- MICROCUENCA PATARI
- MICROCUENCA QUELLOPATA
- MICROCUENCA HUAMANCUTE

DATUM: UTM WGS84 ZONA: 18S

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA
 ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA - GEOTÉCNICA

TESIS: ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDROGEOLÓGICO PARA DETERMINAR IMPACTOS EN LAS ETAPAS DE OPERACIÓN CIERRE DEL PROYECTO MINERO INMACULADA REGIÓN AYACUCHO

DESCRIPCIÓN: DISCRETIZACIÓN

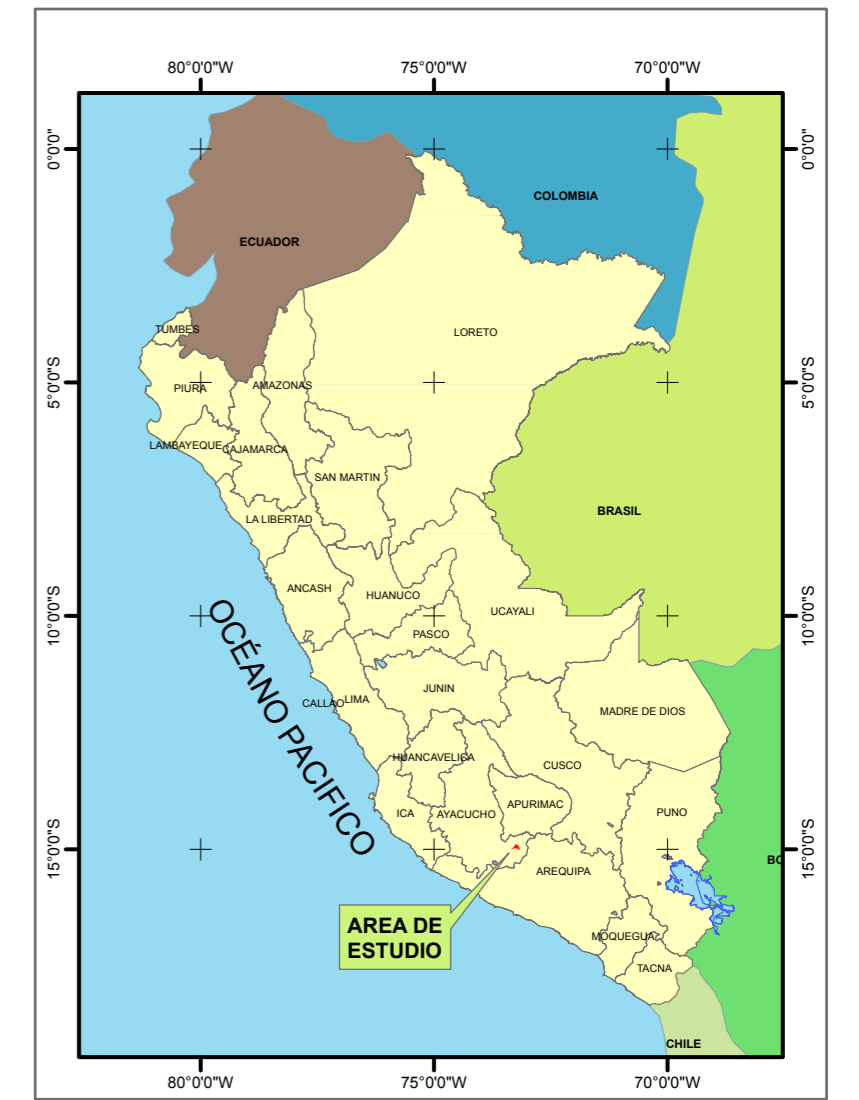
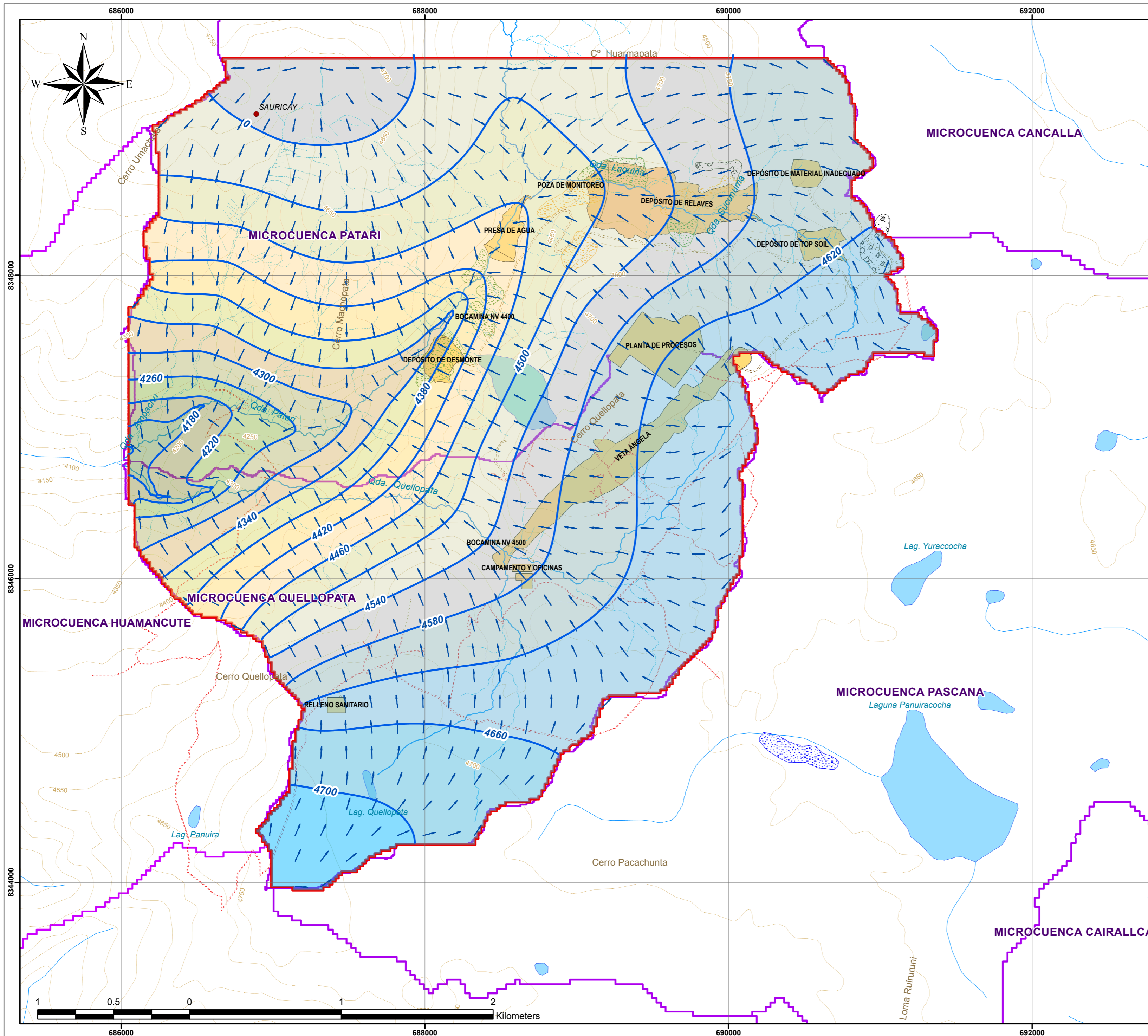
ELABORADO: URIEL NESTOR MARCA VENTURA

ESCALA: 1:17.500

FECHA: DICIEMBRE, 2012

FUENTE: CARTAS NACIONALES DEL IGN ESC. 1/100 000

MAPA: **28**



Leyenda

- Hidroisohipsas en Operación
- Líneas de Flujo en Operación
- Centros Poblados
- Quebradas
- Quebradas Estacionales
- Curvas de Nivel (msnm)
- Acceso Existente
- Acceso Proyectado
- Lagunas
- Límite del Modelo Numérico
- Componentes Mineros
- Cantera de Relleno
- Cantera de Suelo
- Cantera de Grava
- Canteras

Hidroisohipsas (m.s.n.m.)

4100-4140
4140-4180
4180-4220
4220-4260
4260-4300
4300-4340
4340-4380
4380-4420
4420-4460
4460-4500
4500-4540
4540-4580
4580-4620
4620-4660
4660-4700
4700-4740

DATUM: UTM WGS84 ZONA: 18S

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA - GEOTÉCNICA

TESIS: ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDROGEOLÓGICO PARA DETERMINAR IMPACTOS EN LAS ETAPAS DE OPERACIÓN CIERRE DEL PROYECTO MINERO INMACULADA REGIÓN AYACUCHO

DESCRIPCIÓN: HIDROISOHIPSAS Y LÍNEAS DE FLUJO SUBTERRÁNEO - FASE OPERACIÓN

ELABORADO: URIEL NESTOR MARCA VENTURA

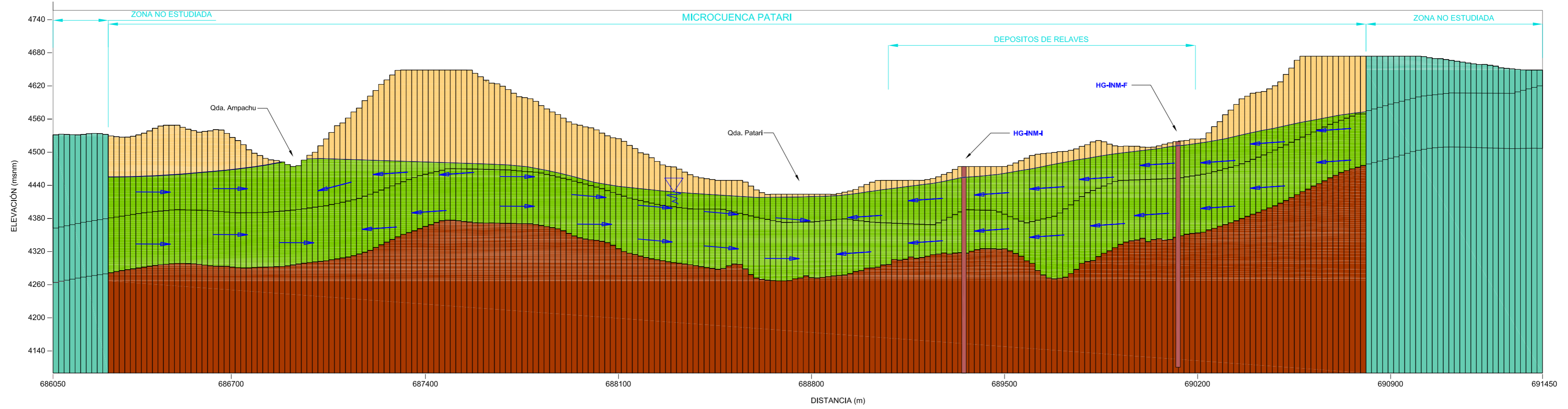
ESCALA: 1:17,500

FECHA: DICIEMBRE, 2012

FUENTE: CARTAS NACIONALES DEL IGN ESC. 1/100 000

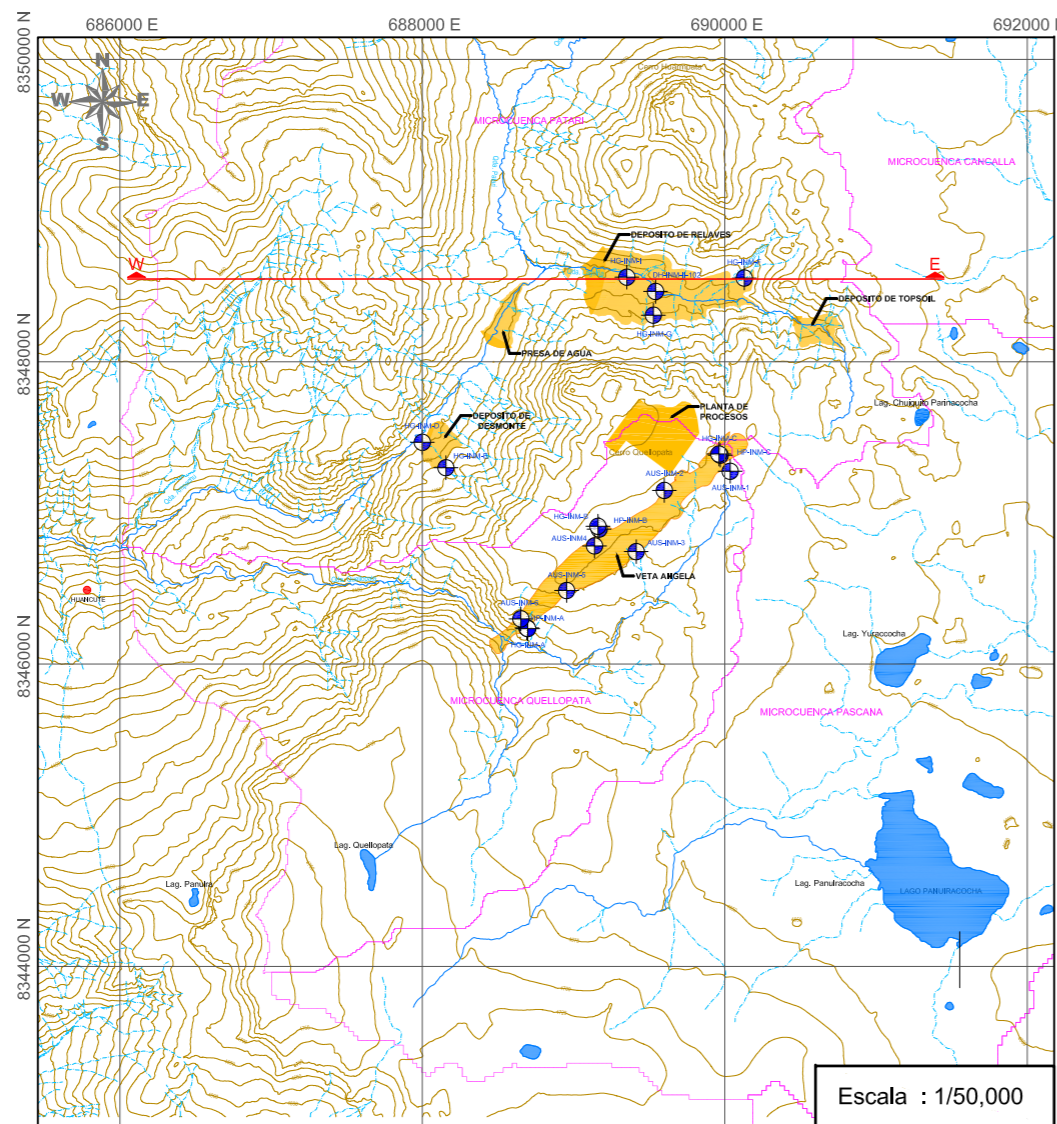
29

SECCIÓN HIDROGEOLÓGICA MODELADA - DEPÓSITO DE RELAVES (W-E) FASE INICIAL

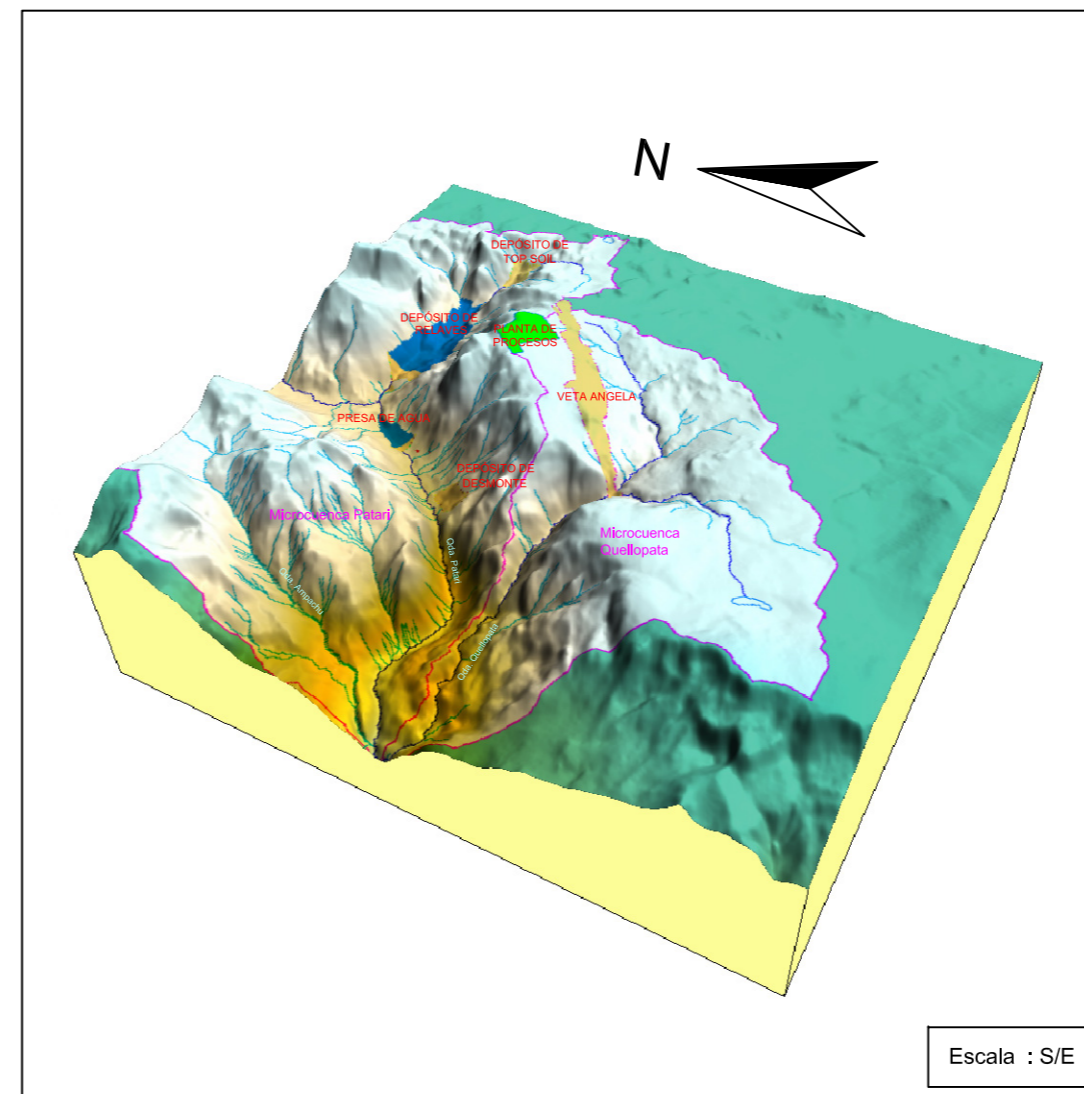


Escala Vertical : 1/6,000
 Escala Horizontal : 1/12,000

VISTA EN PLANTA



VISTA 3D DEL MODELO NUMÉRICO



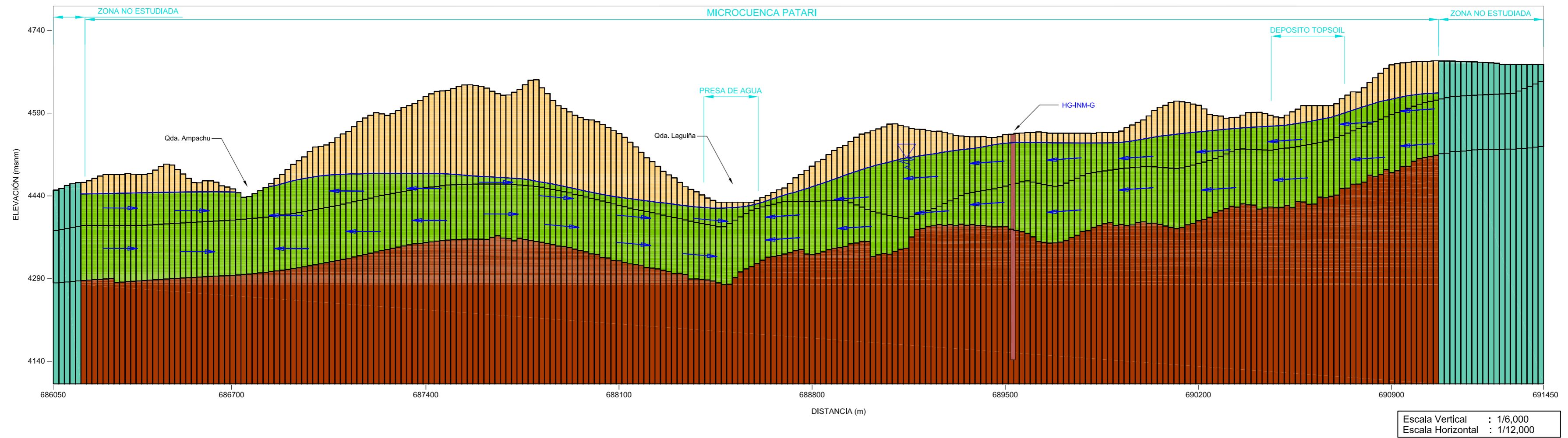
SIMBOLOGÍA	
	Nivel Estático (N.E)
	Dirección de Flujo

LEYENDA	
	Zona no saturada
	Zona Saturada
	Zona no Estudiada
	Basamento Hidrogeológico

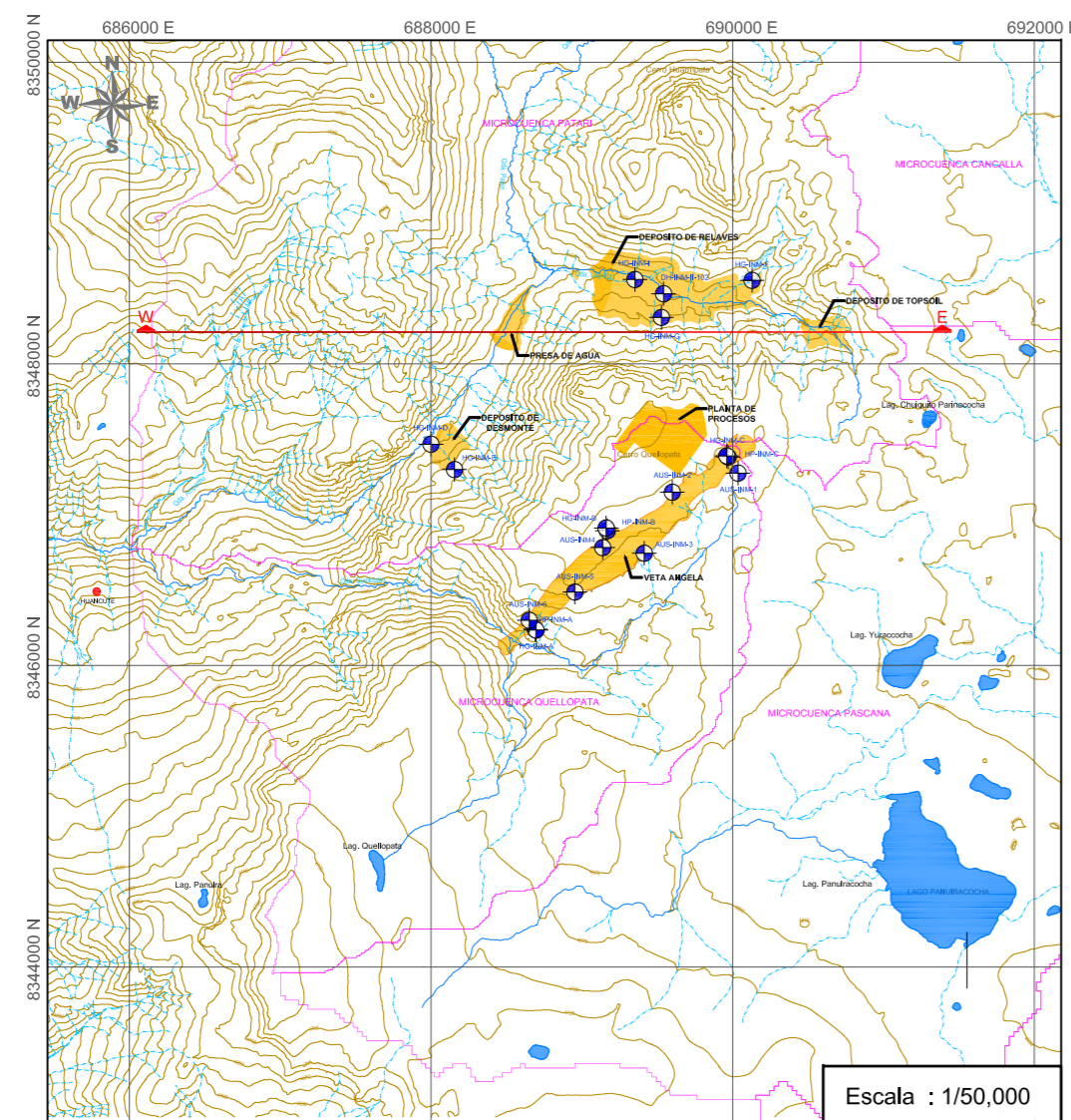
DATUM: UTM WGS84 ZONA: 18S

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA - GEOTÉCNICA	
TESIS: ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDROGEOLÓGICO PARA DETERMINAR IMPACTOS EN LAS ETAPAS DE OPERACIÓN CIERRE DEL PROYECTO MINERO INMACULADA REGIÓN AYACUCHO	
DESCRIPCIÓN: SECCIÓN HIDROGEOLÓGICA MODELADA W-E: DEPÓSITO DE RELAVES EN FASE INICIAL	
ELABORADO: URIEL NESTOR MARCA VENTURA	MAPA:
ESCALA: INDICADA	30
FECHA: DICIEMBRE, 2012	
FUENTE: CARTAS NACIONALES DEL IGN ESC. 1/100 000	

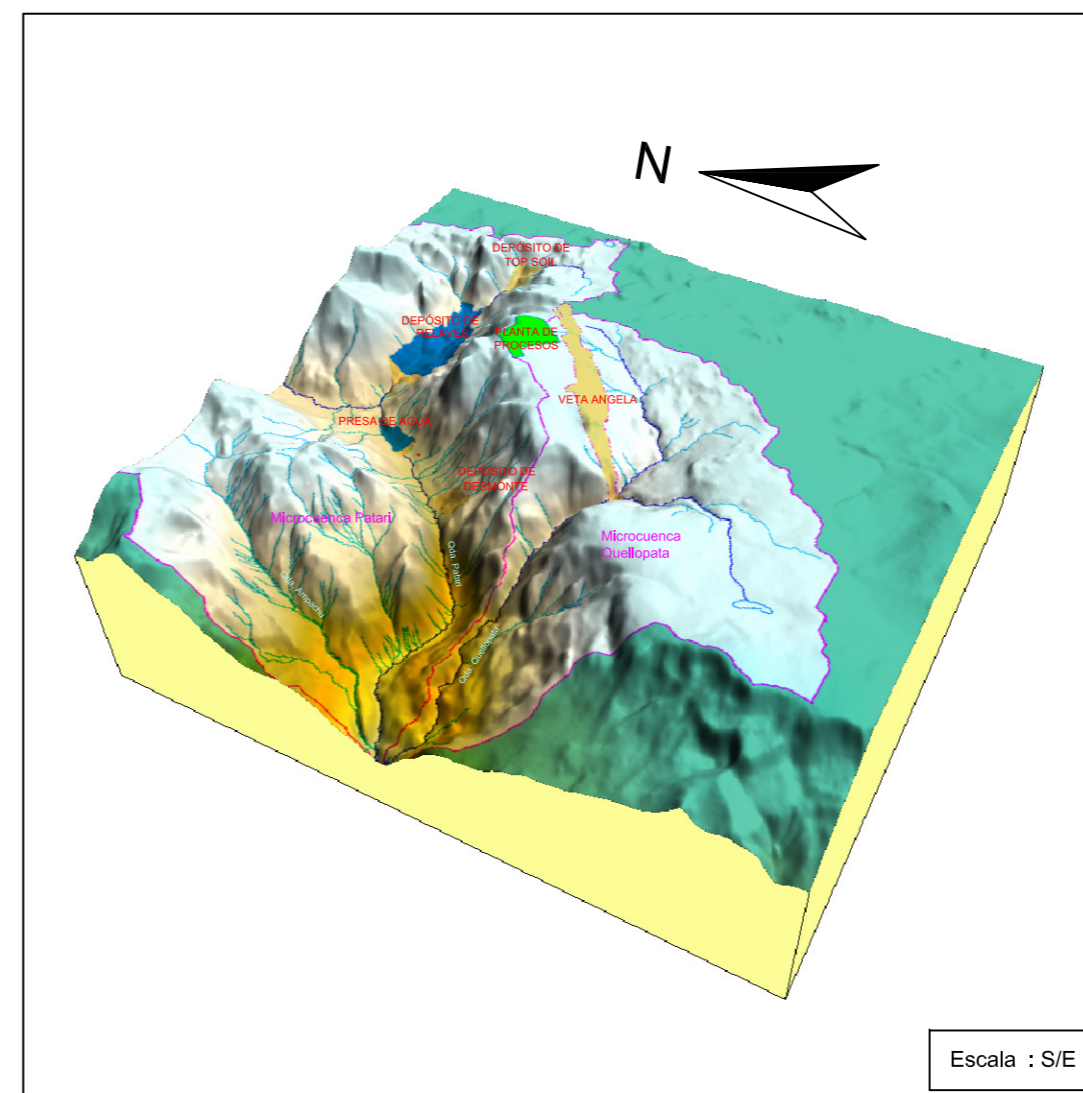
SECCIÓN HIDROGEOLÓGICA MODELADA - PRESA DE AGUA Y DEPOSITO DE TOPSOIL (W-E) FASE INICIAL



VISTA EN PLANTA



VISTA 3D DEL MODELO NUMÉRICO



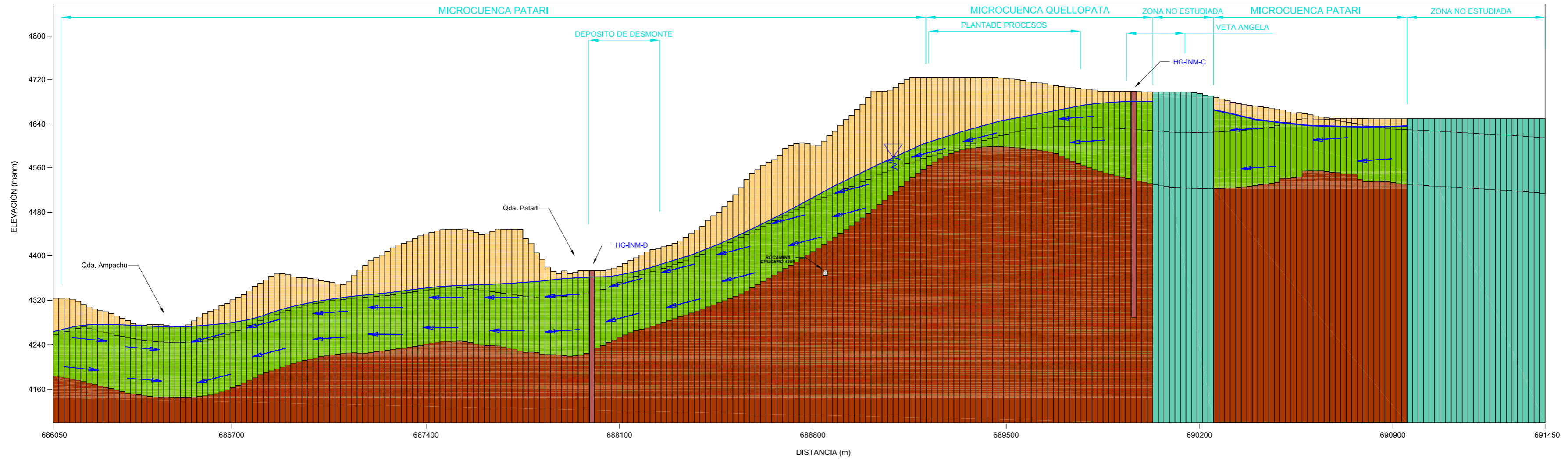
SIMBOLOGÍA	
	Nivel Estático (N.E)
	Dirección de Flujo

LEYENDA	
	Zona no saturada
	Zona Saturada
	Basamento Hidrogeológico

DATUM: UTM WGS84 ZONA: 18S

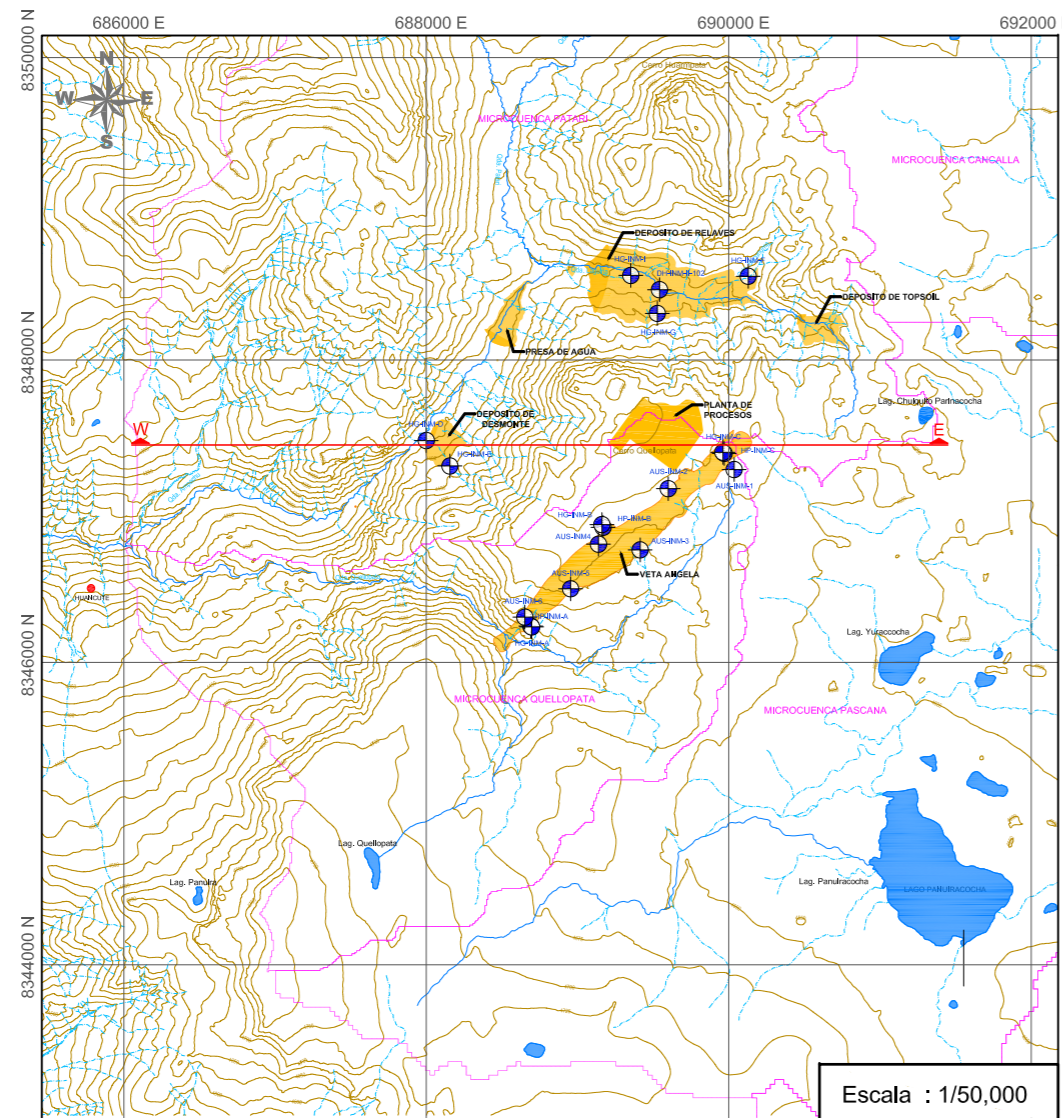
	UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA - GEOTÉCNICA	
TESIS: ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDROGEOLÓGICO PARA DETERMINAR IMPACTOS EN LAS ETAPAS DE OPERACIÓN CIERRE DEL PROYECTO MINERO INMACULADA REGIÓN AYACUCHO		
DESCRIPCIÓN: SECCIÓN HIDROGEOLÓGICA MODELADA W-E: PRESA DE AGUA Y DEPÓSITO DE TOPSOIL EN FASE INICIAL		
ELABORADO:	URIEL NESTOR MARCA VENTURA	MAPA:
ESCALA:	INDICADA	
FECHA:	DICIEMBRE, 2012	
FUENTE:	CARTAS NACIONALES DEL IGN ESC. 1/100 000	

SECCIÓN HIDROGEOLÓGICA MODELADA - DEPÓSITO DE DESMONTE (W-E) FASE INICIAL

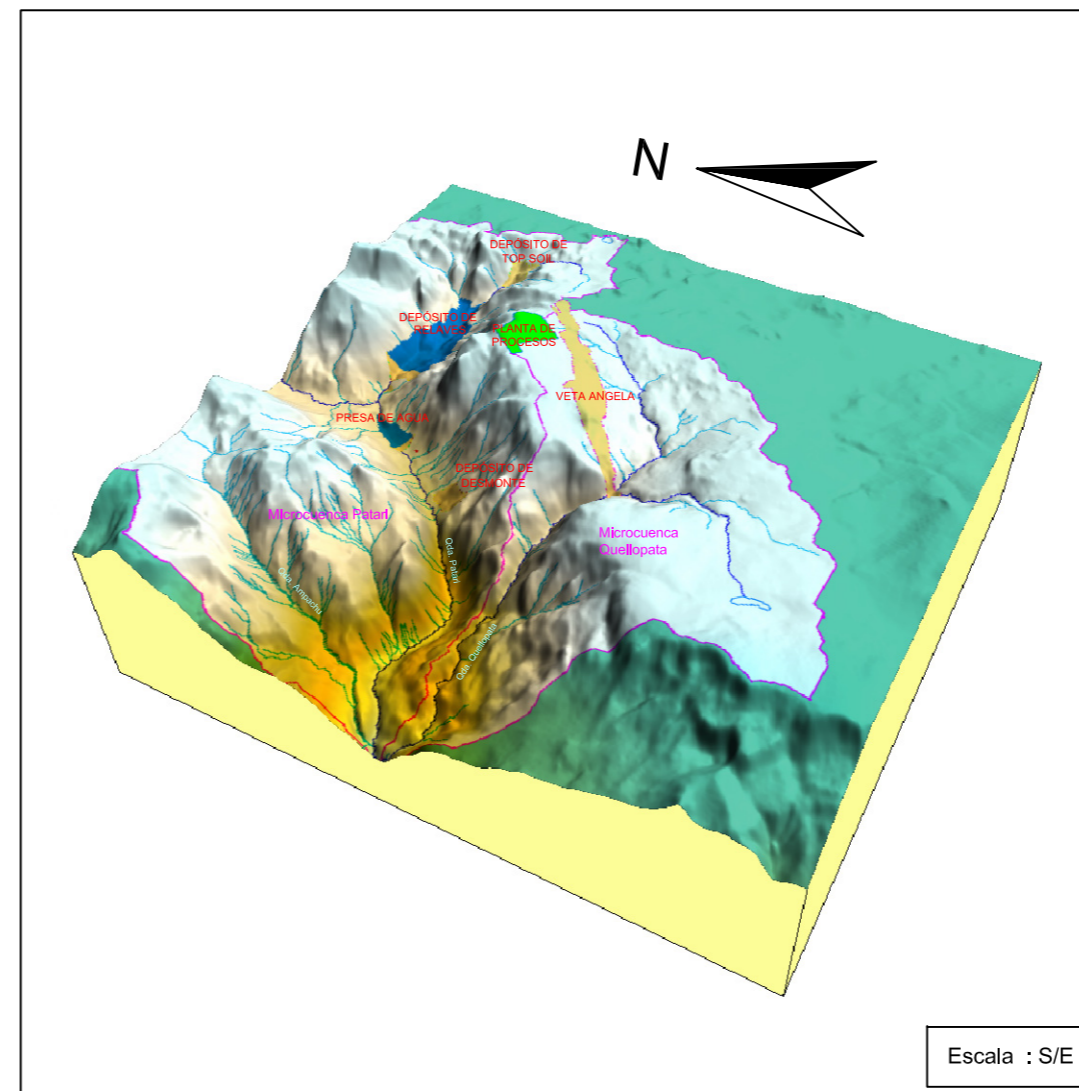


Escala Vertical : 1/6,000
Escala Horizontal : 1/12,000

VISTA EN PLANTA



VISTA 3D DEL MODELO NUMÉRICO



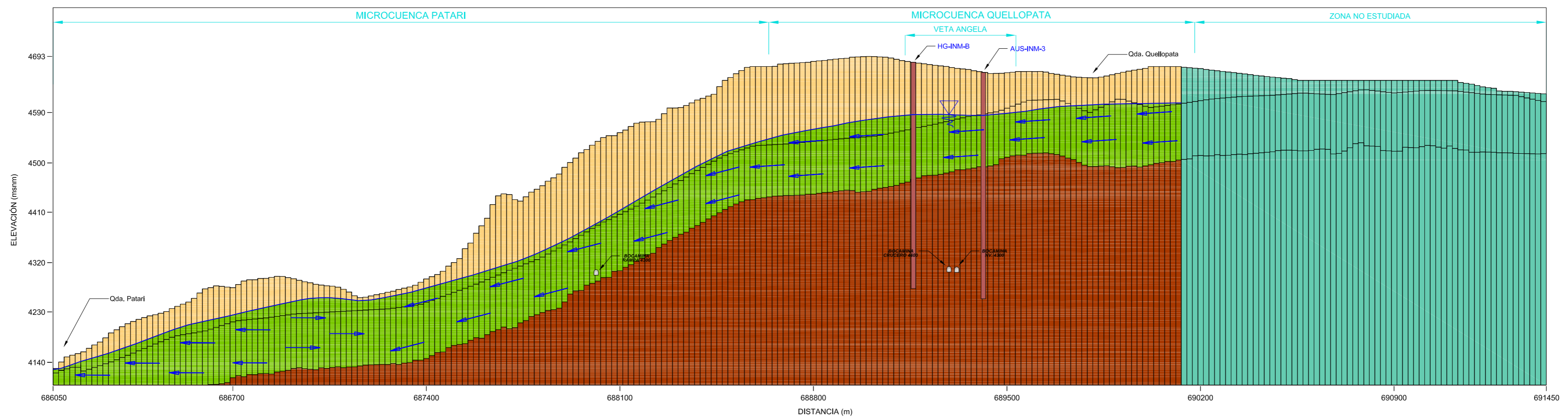
SIMBOLOGÍA	
	Nivel Estático (N.E)
	Dirección de Flujo

LEYENDA	
	Zona no saturada
	Zona Saturada
	Zona no Estudiada
	Basamento Hidrogeológico

DATUM: UTM WGS84 ZONA: 18S

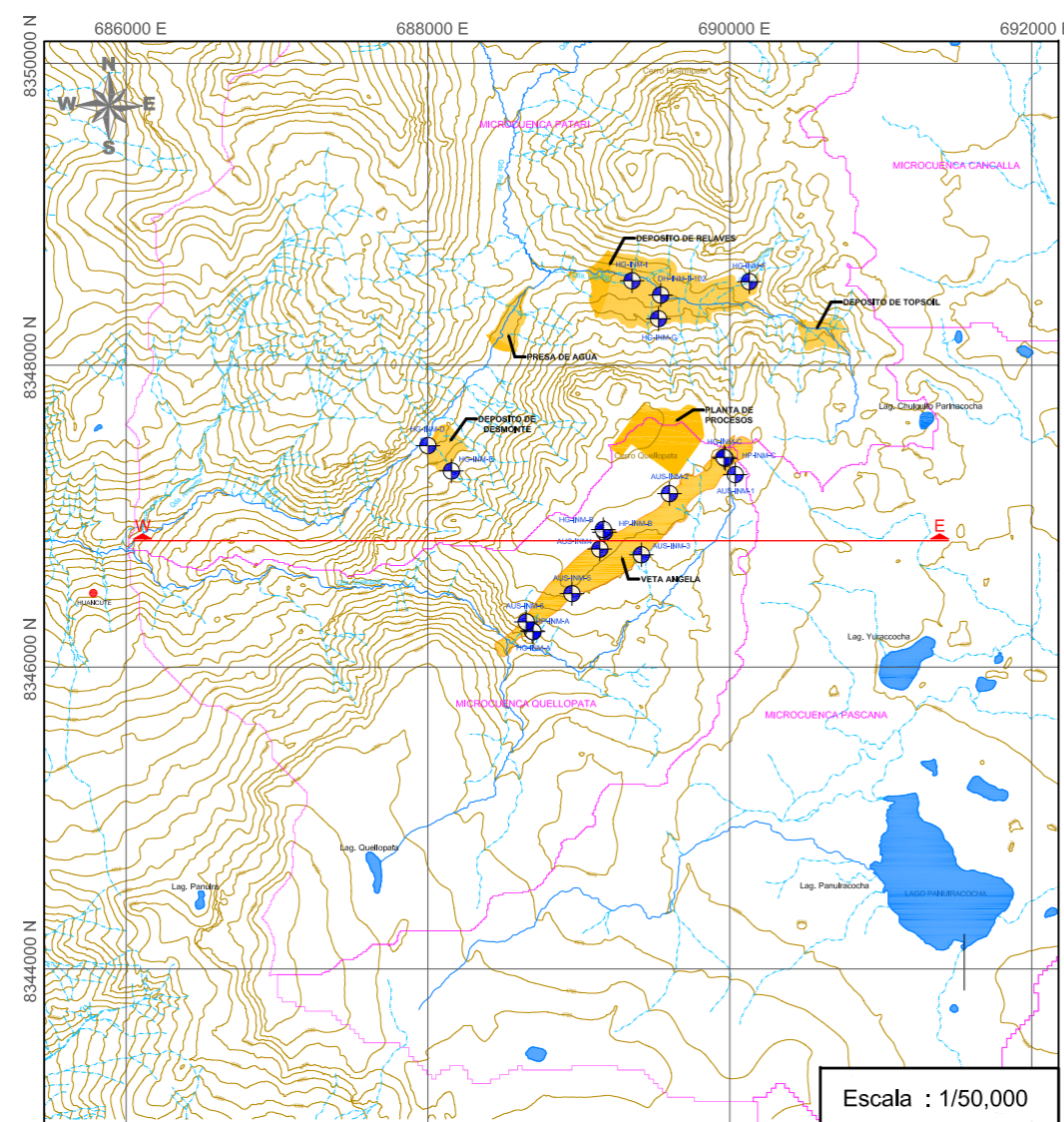
	UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA - GEOTÉCNICA	
	TESIS: ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDROGEOLÓGICO PARA DETERMINAR IMPACTOS EN LAS ETAPAS DE OPERACIÓN CIERRE DEL PROYECTO MINERO INMACULADA REGIÓN AYACUCHO	
DESCRIPCIÓN: SECCIÓN HIDROGEOLÓGICA MODELADA W-E: DEPÓSITO DE DESMONTE EN FASE INICIAL		
ELABORADO:	URIEL NESTOR MARCA VENTURA	MAPA:
ESCALA:	INDICADA	32
FECHA:	DICIEMBRE, 2012	
FUENTE:	CARTAS NACIONALES DEL IGN ESC. 1/100 000	

SECCIÓN HIDROGEOLÓGICA MODELADA - VETA ANGELA (W-E) FASE INICIAL

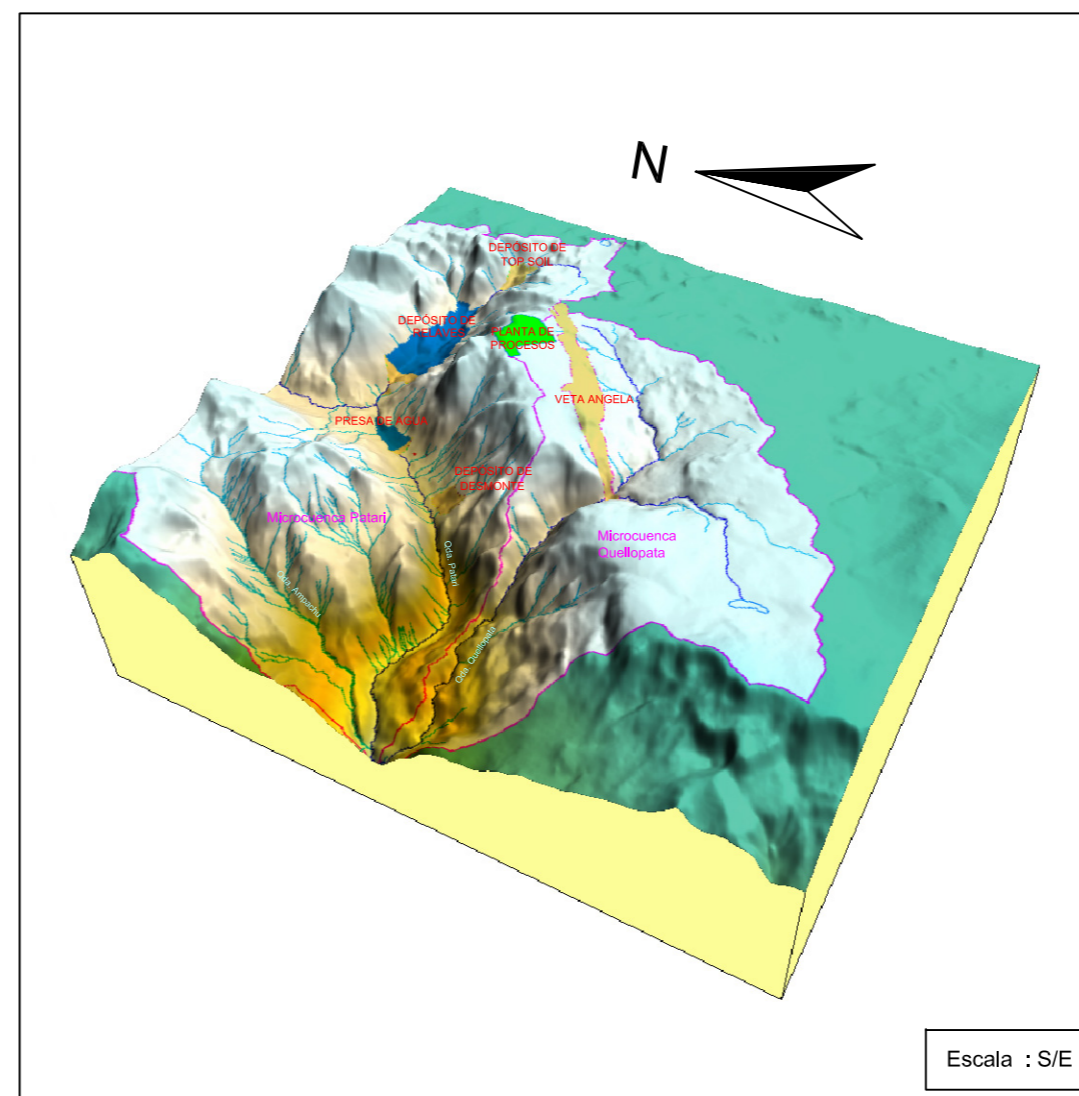


Escala Vertical : 1/6,000
Escala Horizontal : 1/12,000

VISTA EN PLANTA



VISTA 3D DEL MODELO NUMÉRICO



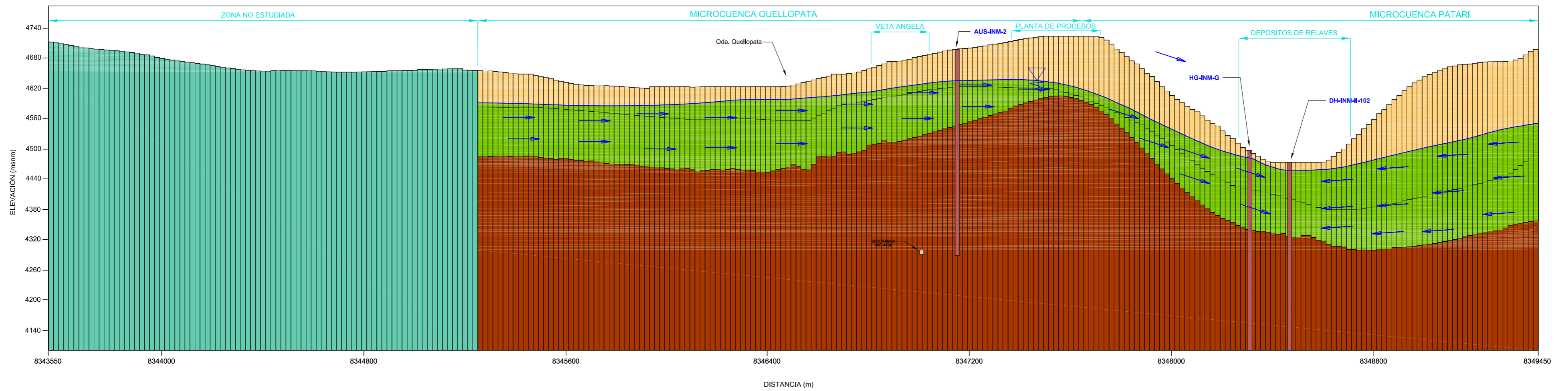
SIMBOLOGÍA	
	Nivel Estático (N.E)
	Dirección de Flujo

LEYENDA	
	Zona no saturada
	Zona Saturada
	Zona no Estudiada
	Basamento Hidrogeológico

DATUM: UTM WGS84 ZONA: 18S

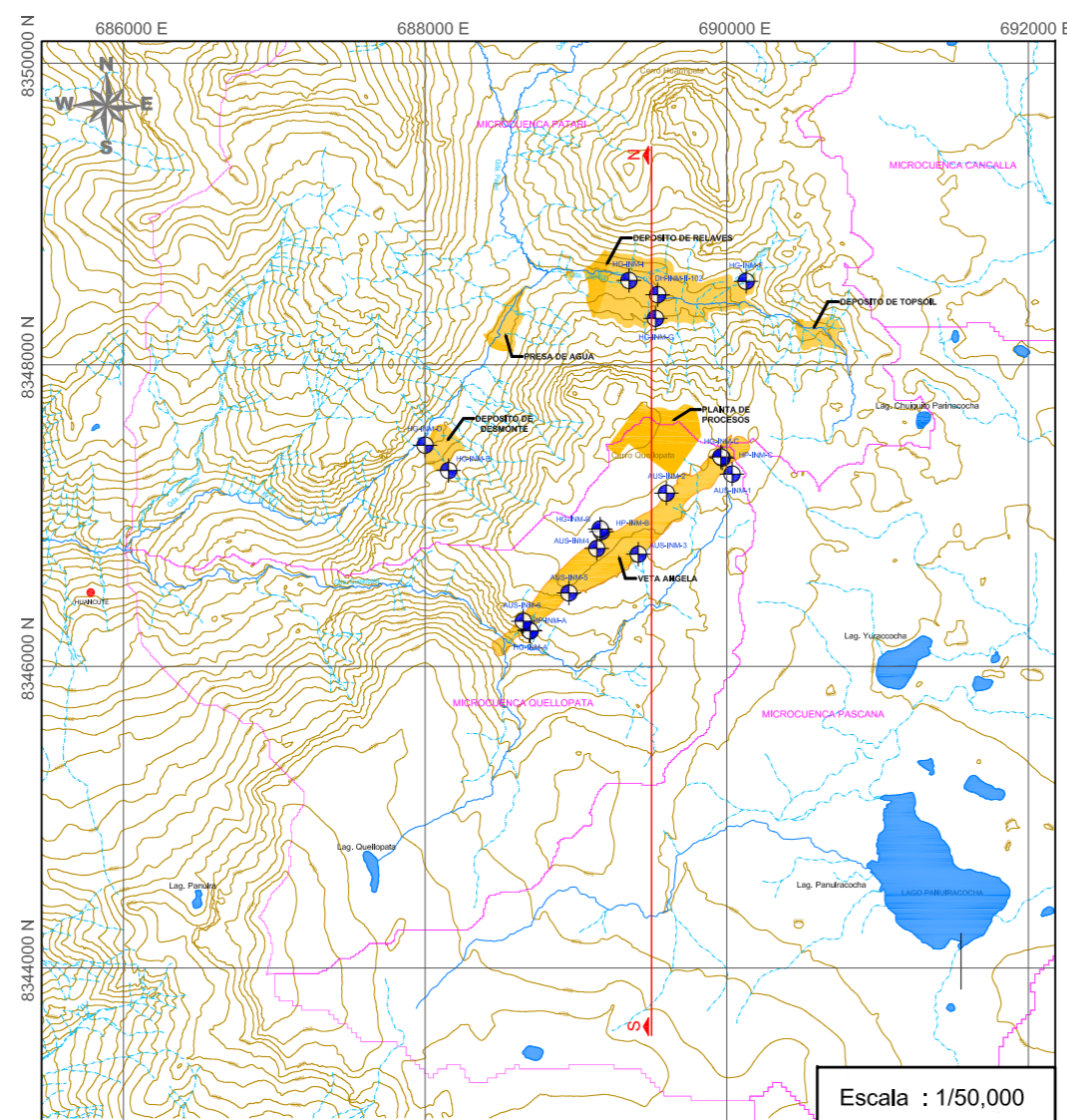
	UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA - GEOTÉCNICA	
	TESIS: ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDROGEOLÓGICO PARA DETERMINAR IMPACTOS EN LAS ETAPAS DE OPERACIÓN CIERRE DEL PROYECTO MINERO INMACULADA REGIÓN AYACUCHO	
DESCRIPCIÓN: SECCIÓN HIDROGEOLÓGICA MODELADA W-E: VETA ÁNGELA EN FASE INICIAL		
ELABORADO: URIEL NESTOR MARCA VENTURA	MAPA:	
ESCALA: INDICADA	33	
FECHA: DICIEMBRE, 2012		
FUENTE: CARTAS NACIONALES DEL IGN ESC. 1/100 000		

SECCIÓN HIDROGEOLÓGICA MODELADA - DEPÓSITOS DE RELAVES Y VETA (S-N) FASE INICIAL

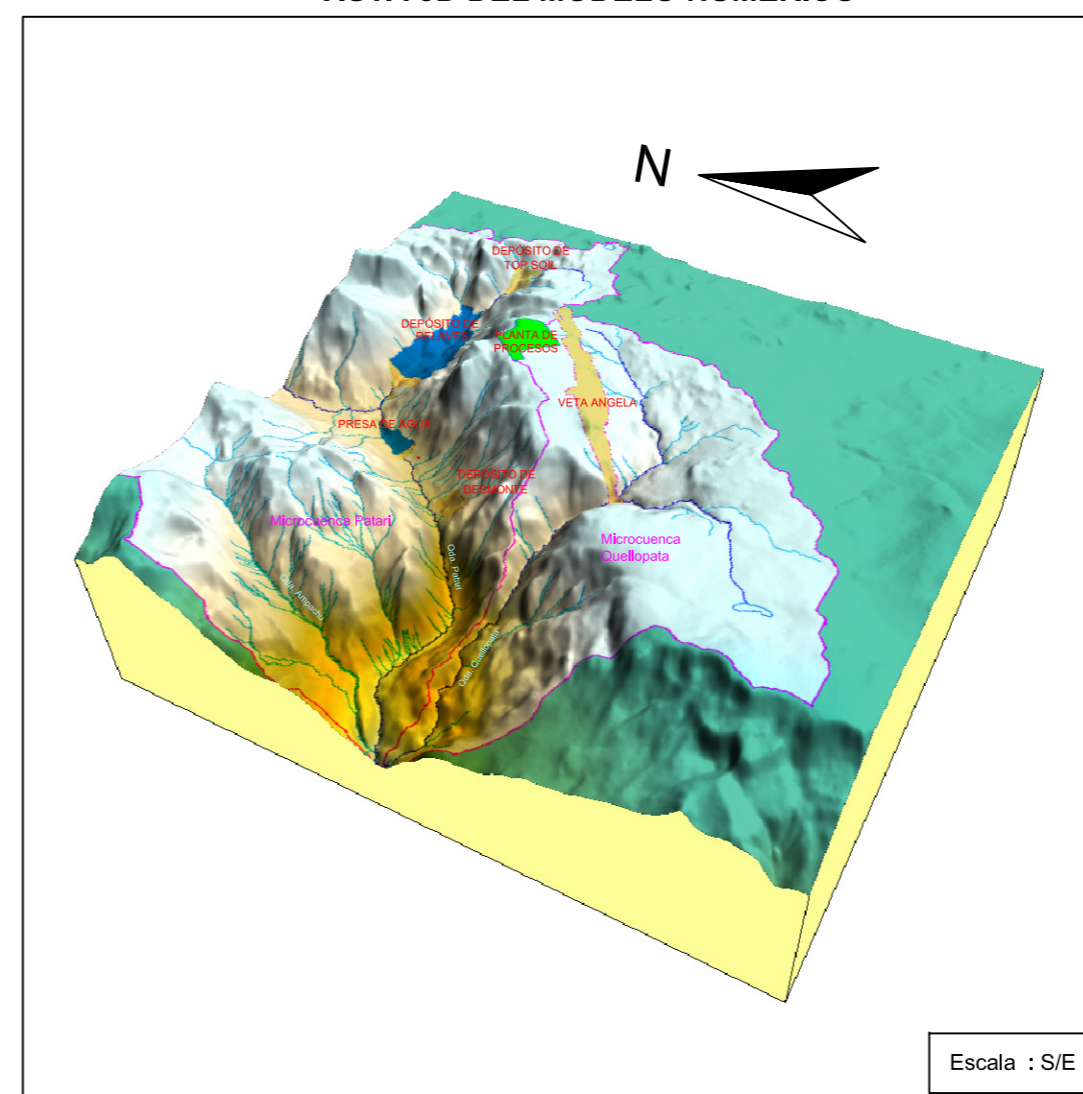


Escala Vertical : 1/6,000
Escala Horizontal : 1/12,000

VISTA EN PLANTA



VISTA 3D DEL MODELO NUMÉRICO



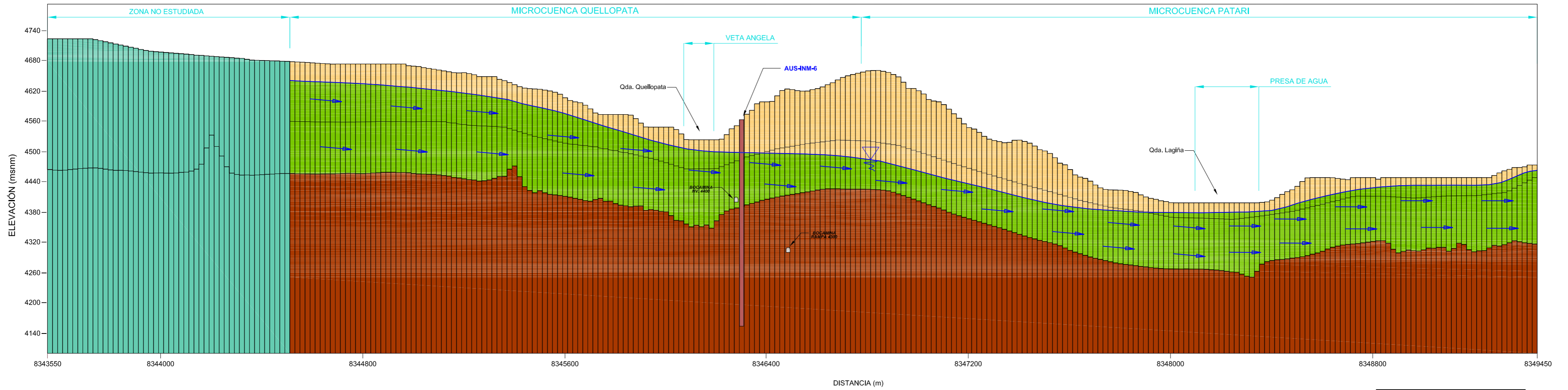
SIMBOLOGÍA	
	Nivel Estático (N.E)
	Dirección de Flujo

LEYENDA	
	Zona no saturada
	Zona Saturada
	Zona no Estudiada
	Basamento Hidrogeológico

DATUM: UTM WGS84 ZONA: 18S

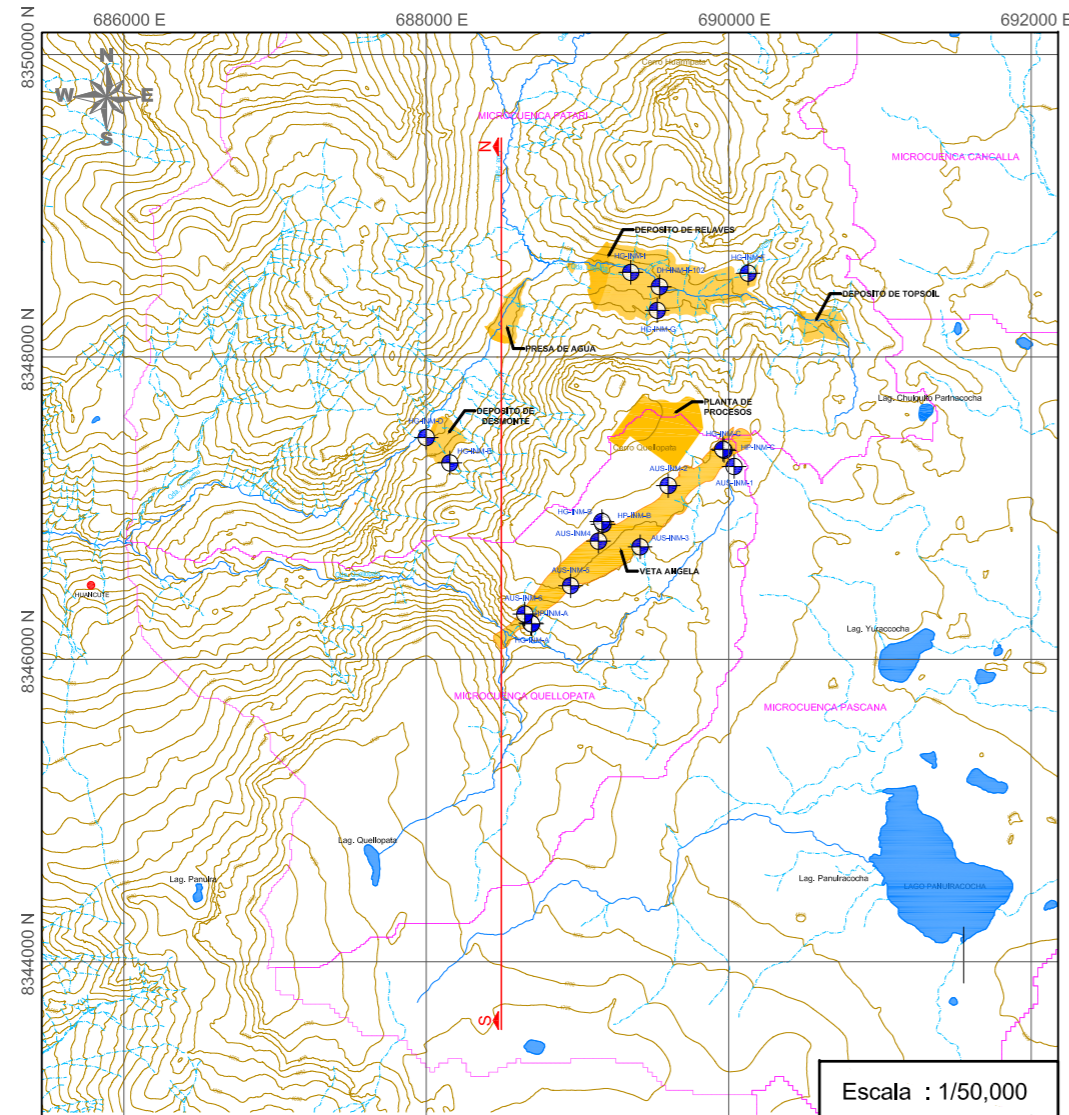
UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA - GEOTÉCNICA	
TESIS: ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDROGEOLÓGICO PARA DETERMINAR IMPACTOS EN LAS ETAPAS DE OPERACIÓN CIERRE DEL PROYECTO MINERO INMACULADA REGIÓN AYACUCHO	
DESCRIPCIÓN: SECCIÓN HIDROGEOLÓGICA MODELADA S-N: DEPÓSITO DE RELAVES Y VETA EN FASE INICIAL	
ELABORADO: URIEL NESTOR MARCA VENTURA	MAPA:
INDICADA	
FECHA: DICIEMBRE, 2012	
FUENTE: CARTAS NACIONALES DEL IGN ESC. 1/100 000	

SECCIÓN HIDROGEOLÓGICA MODELADA - PRESA DE AGUA (S-N) FASE INICIAL

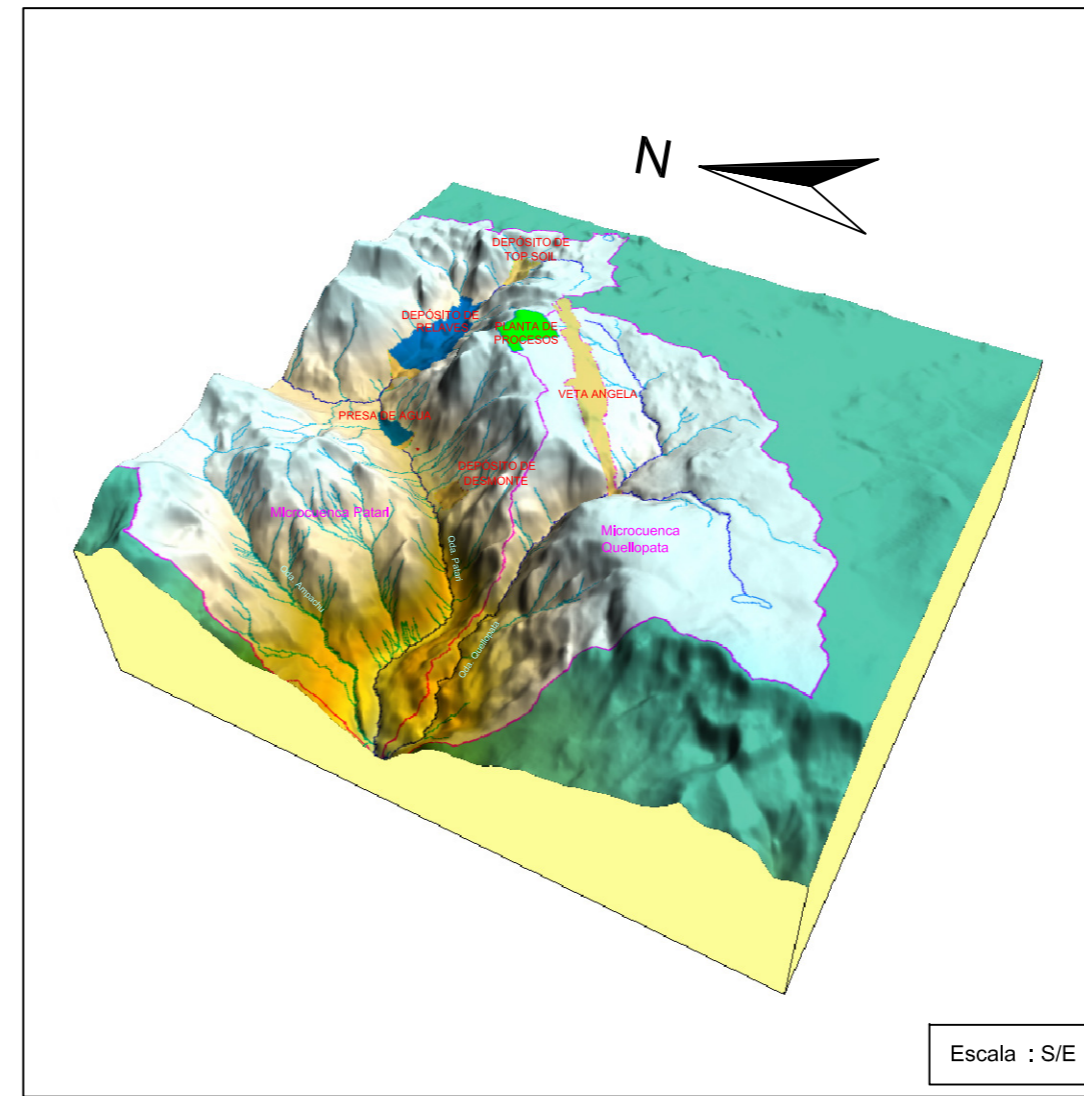


Escala Vertical : 1/6,000
 Escala Horizontal : 1/12,000

VISTA EN PLANTA



VISTA 3D DEL MODELO NUMÉRICO



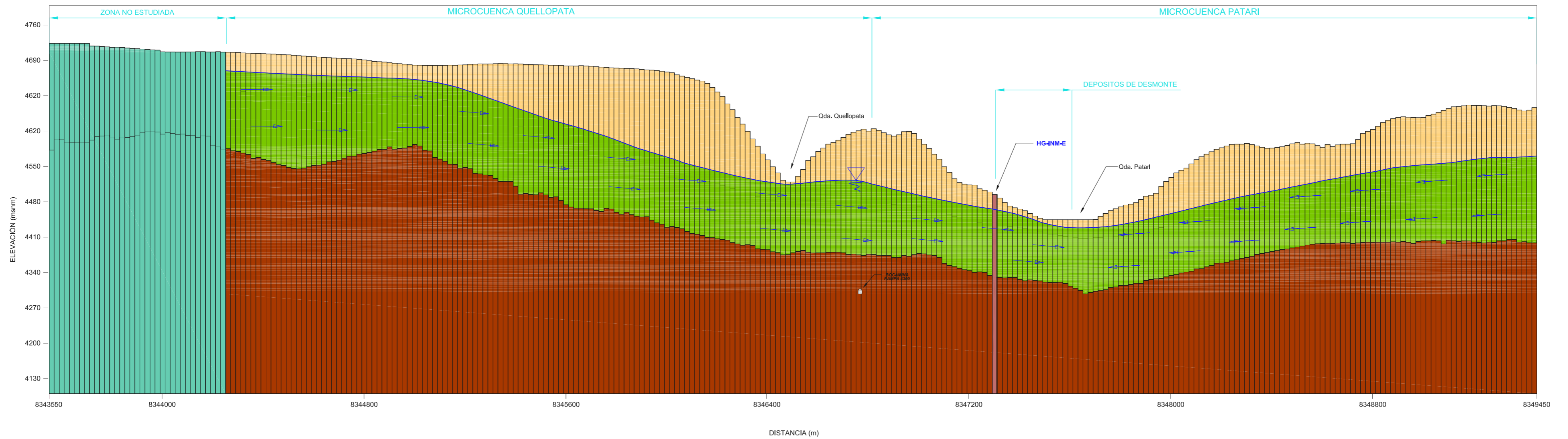
SIMBOLOGÍA	
	Nivel Estático (N.E)
	Dirección de Flujo

LEYENDA	
	Zona no saturada
	Zona Saturada
	Zona no Estudiada
	Basamento Hidrogeológico

DATUM: UTM WGS84 ZONA: 18S

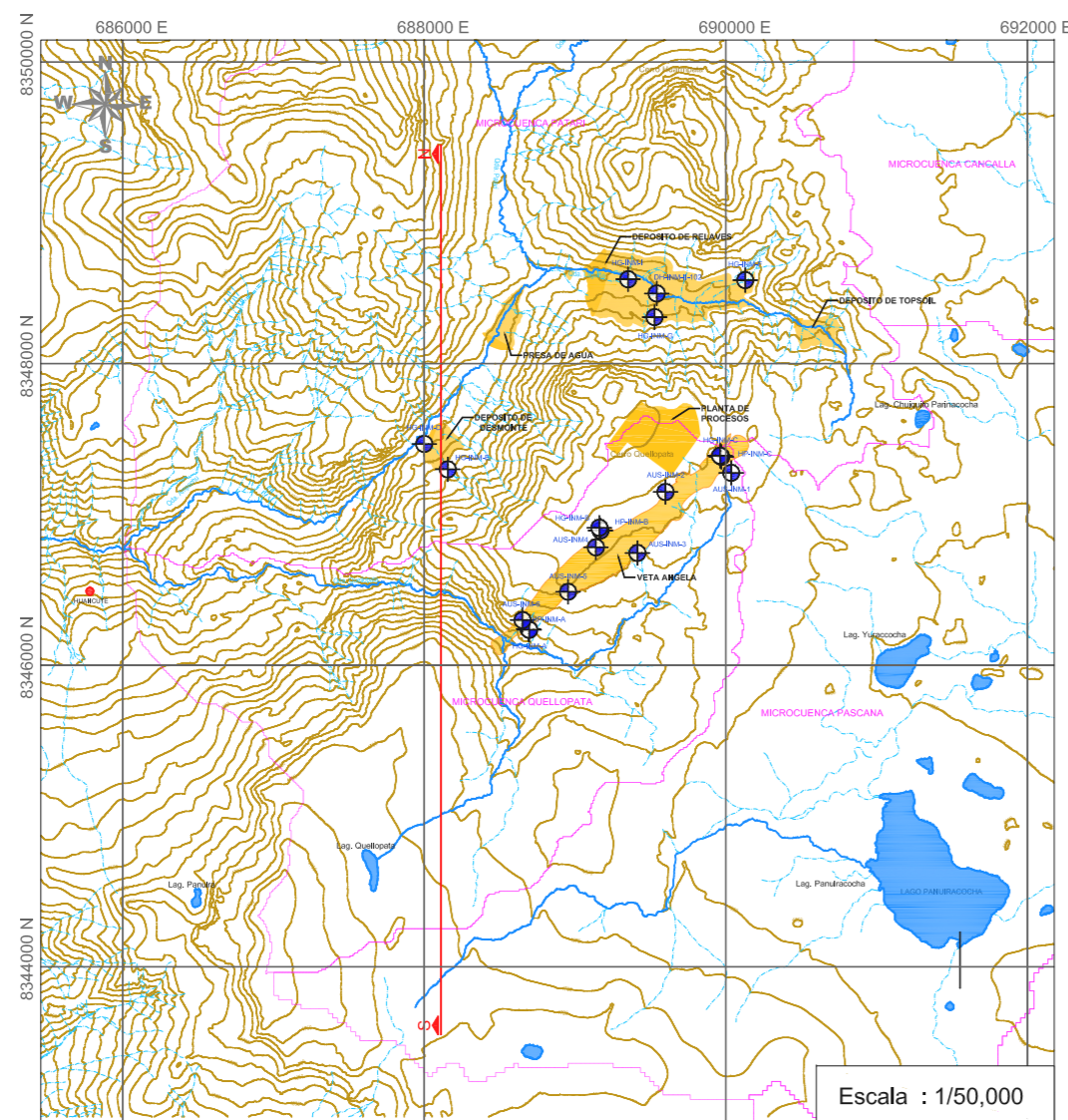
UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA - GEOTÉCNICA	
TESIS: ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDROGEOLÓGICO PARA DETERMINAR IMPACTOS EN LAS ETAPAS DE OPERACIÓN CIERRE DEL PROYECTO MINERO INMACULADA REGIÓN AYACUCHO	
DESCRIPCIÓN: SECCIÓN HIDROGEOLÓGICA MODELADA S-N: PRESA DE AGUA EN FASE INICIAL	
ELABORADO: URIEL NESTOR MARCA VENTURA	MAPA:
ESCALA: INDICADA	35
FECHA: DICIEMBRE, 2012	
FUENTE: CARTAS NACIONALES DEL IGN ESC. 1/100,000	

SECCIÓN HIDROGEOLÓGICA MODELADA - DEPÓSITO DE DESMONTE (S-N) FASE INICIAL

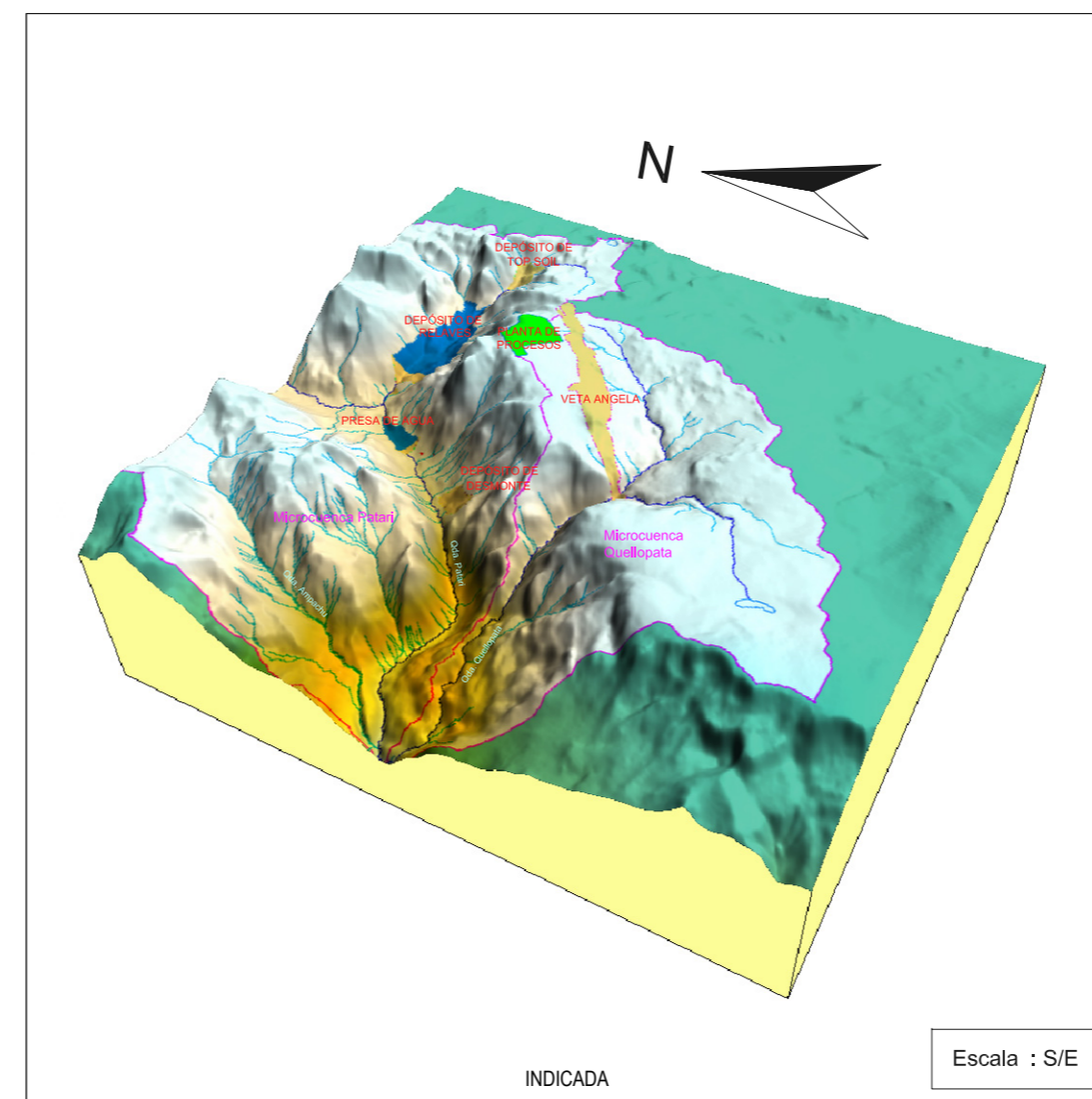


Escala Vertical : 1/6,000
Escala Horizontal : 1/12,000

VISTA EN PLANTA



VISTA 3D DEL MODELO NUMÉRICO



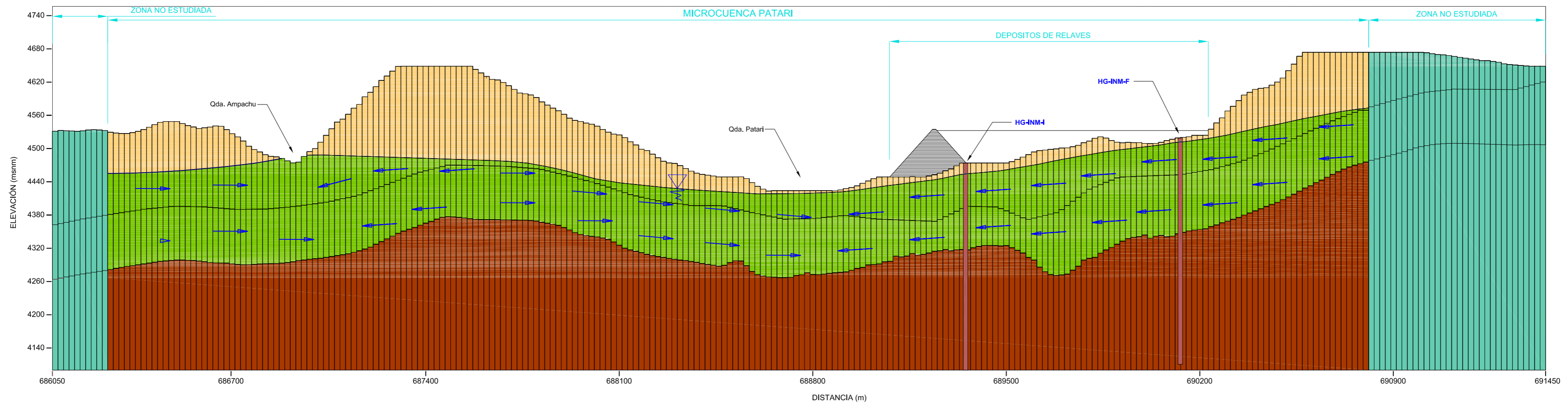
SIMBOLOGÍA	
	Nivel Estático (N.E)
	Dirección de Flujo

LEYENDA	
	Zona no saturada
	Zona Saturada
	Zona no Estudiada
	Basamento Hidrogeológico

DATUM: UTM WGS84 ZONA: 18S

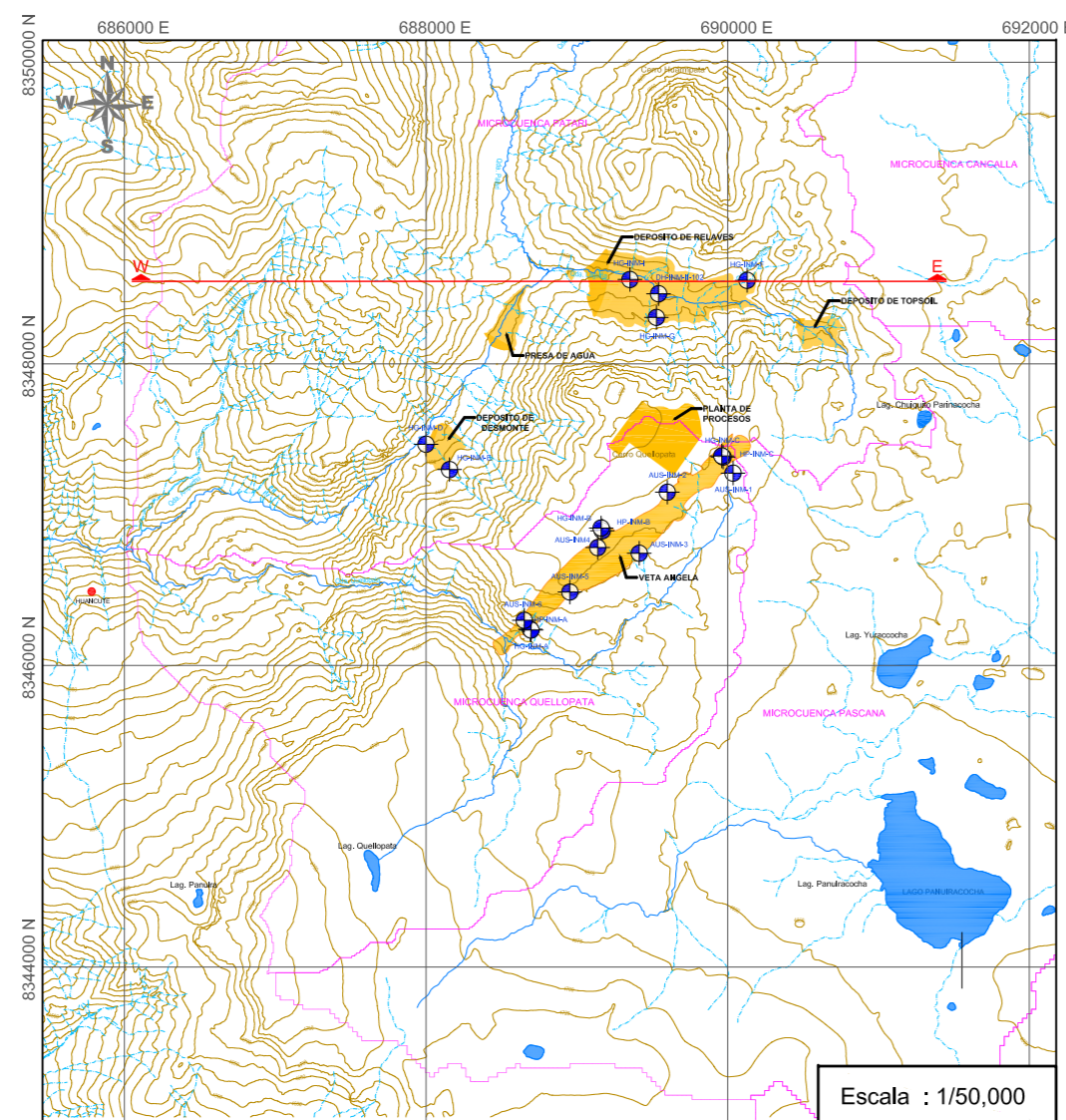
	UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA - GEOTÉCNICA	
TESIS: ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDROGEOLÓGICO PARA DETERMINAR IMPACTOS EN LAS ETAPAS DE OPERACIÓN CIERRE DEL PROYECTO MINERO INMACULADA REGIÓN AYACUCHO		
DESCRIPCIÓN: SECCIÓN HIDROGEOLÓGICA MODELADA S-N: DEPÓSITO DE DESMONTE EN FASE INICIAL		
ELABORADO: URIEL NESTOR MARCA VENTURA	MAPA:	36
ESCALA: INDICADA		
FECHA: DICIEMBRE, 2012		
FUENTE: CARTAS NACIONALES DEL IGN ESC. 1/100 000		

SECCIÓN HIDROGEOLÓGICA MODELADA G-G' FASE INICIAL

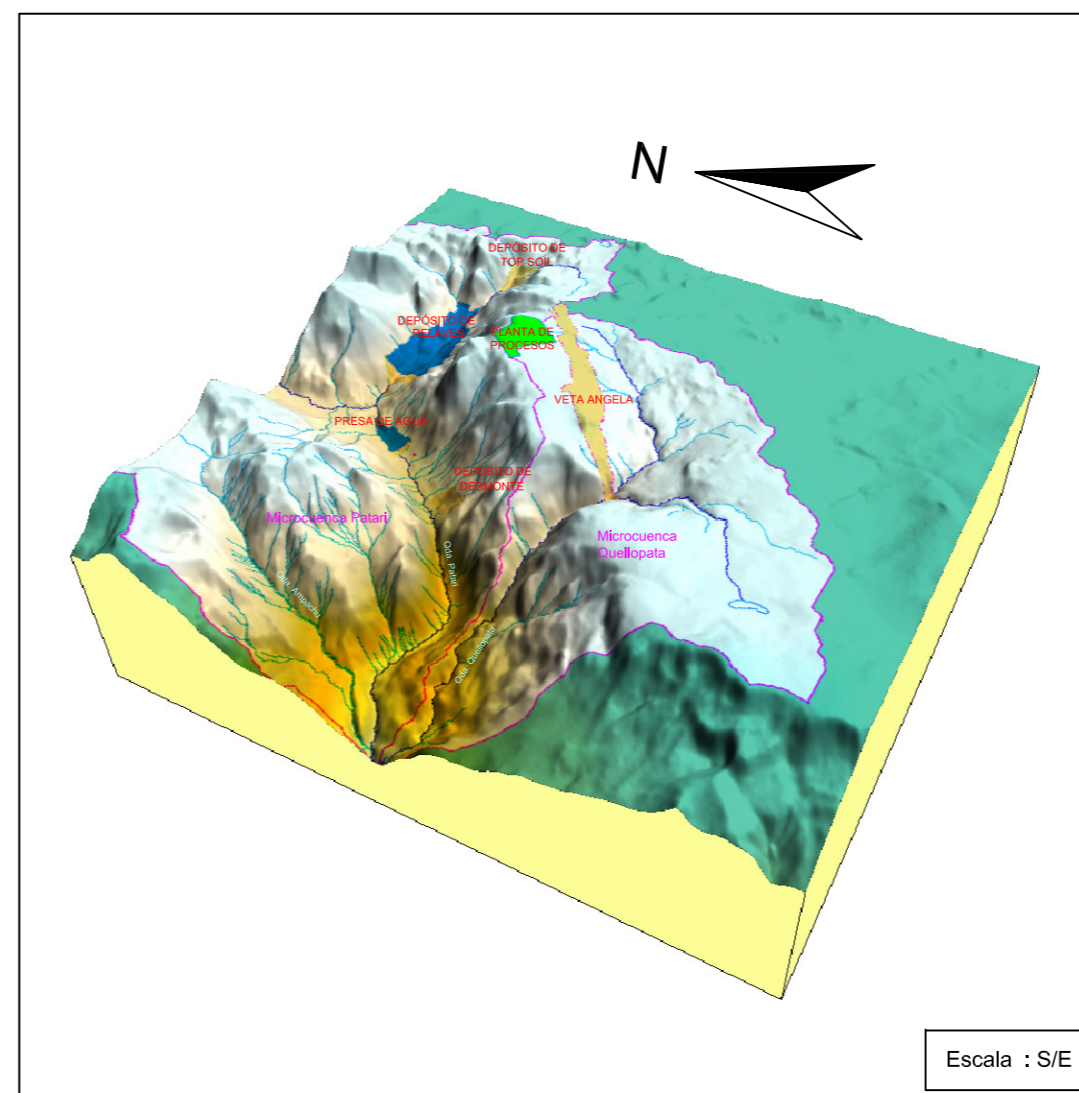


Escala Vertical : 1/6,000
 Escala Horizontal : 1/12,000

VISTA EN PLANTA



VISTA 3D DEL MODELO NUMÉRICO



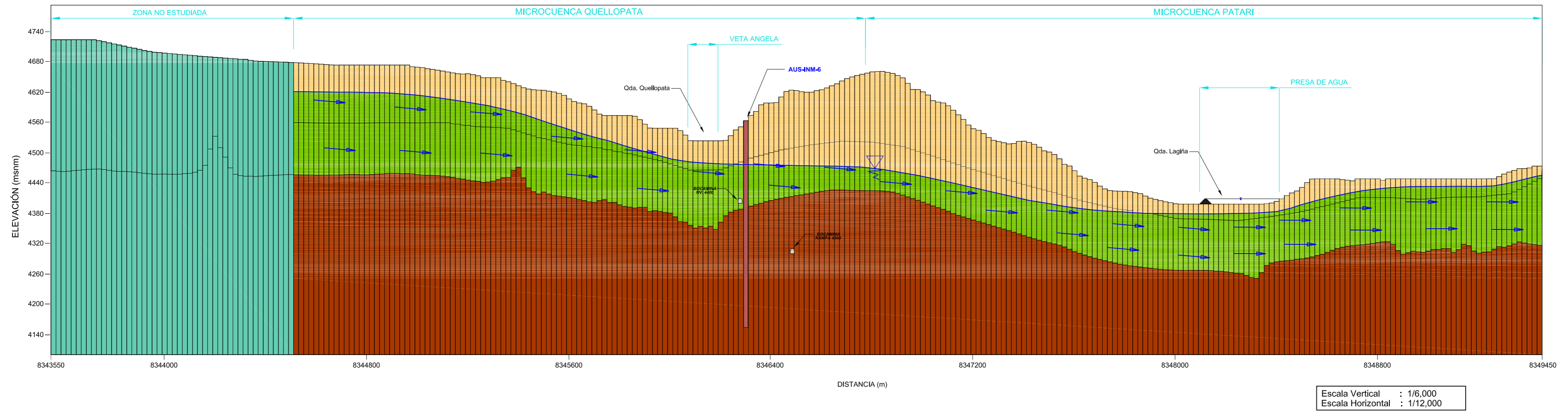
SIMBOLOGÍA	
	Nivel Estático (N.E)
	Dirección de Flujo

LEYENDA	
	Zona no saturada
	Zona Saturada
	Basamento Hidrogeológico

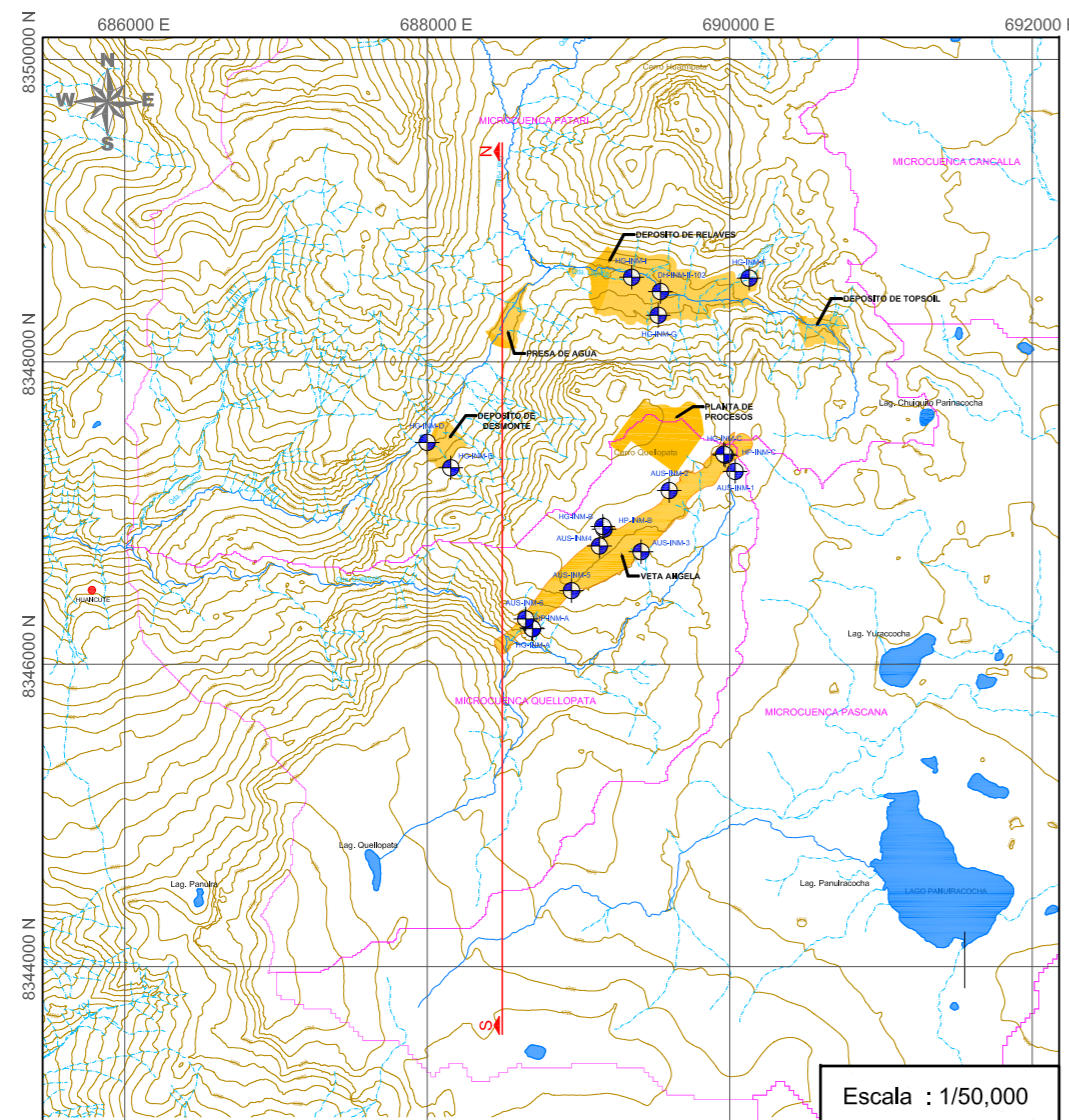
DATUM: UTM WGS84 ZONA: 18S

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA - GEOTECNICA	
TESIS: ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDROGEOLÓGICO PARA DETERMINAR IMPACTOS EN LAS ETAPAS DE OPERACIÓN CIERRE DEL PROYECTO MINERO INMACULADA REGIÓN AYACUCHO	
<small>SECCIÓN HIDROGEOLÓGICA MODELADA W-E: DEPÓSITO DE RELAVES EN FASE OPERACIÓN</small>	
ELABORADO: URIEL NESTOR MARCA VENTURA	MAPA:
ESCALA: INDICADA	37
FECHA: DICIEMBRE, 2012	
FUENTE: CARTAS NACIONALES DEL IGN ESC. 1/100 000	

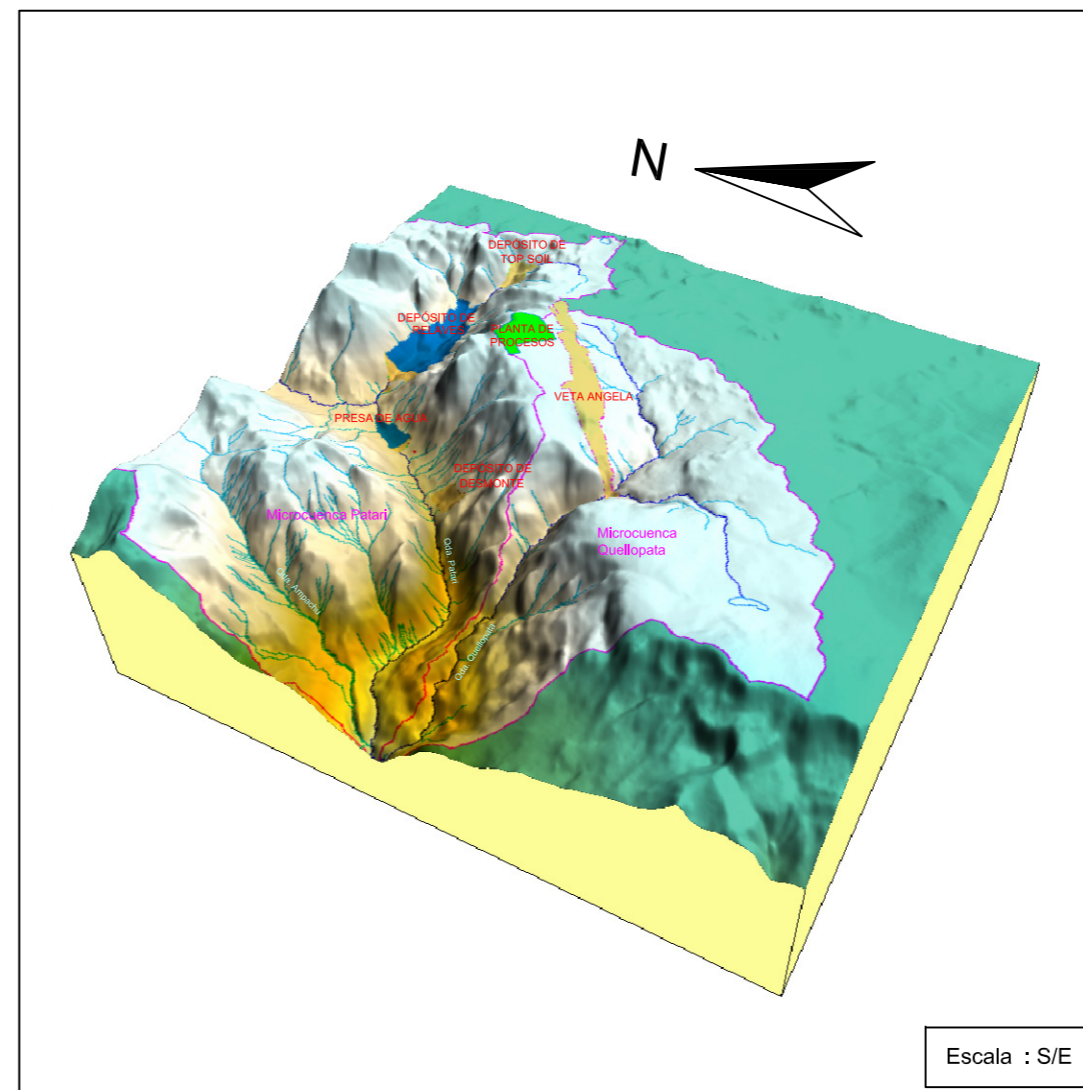
SECCIÓN HIDROGEOLÓGICA MODELADA - PRESA DE AGUA Y VETA ANGELA (S-N) FASE DE OPERACIÓN



VISTA EN PLANTA



VISTA 3D DEL MODELO NUMÉRICO



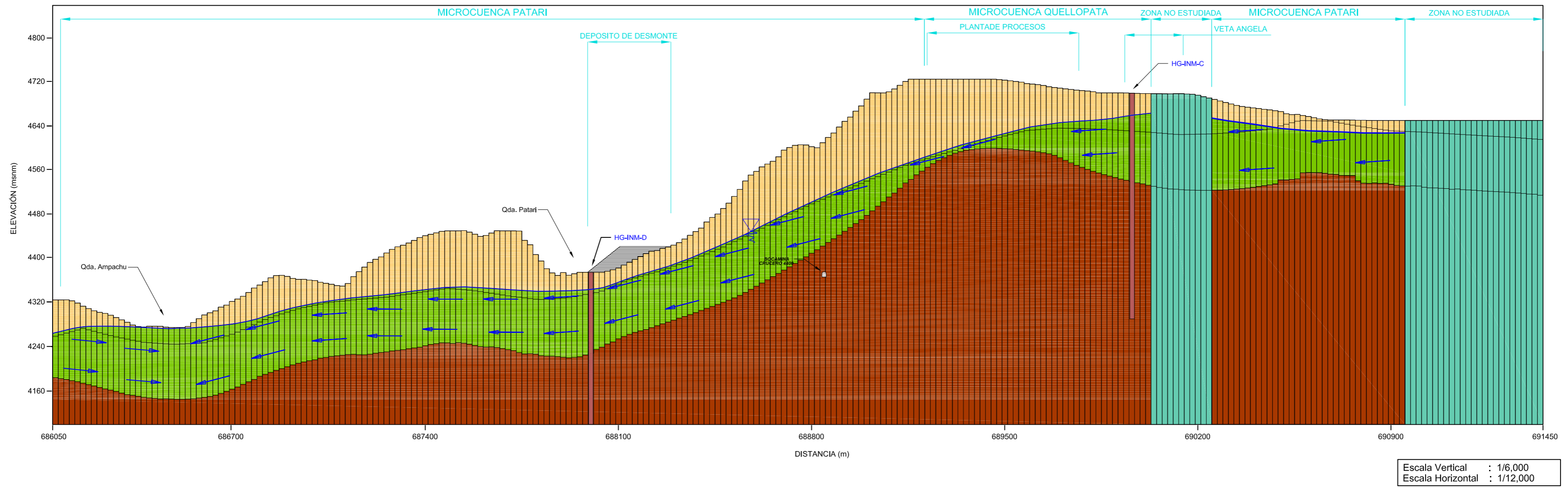
SIMBOLOGÍA	
	Nivel Estático (N.E)
	Dirección de Flujo

LEYENDA	
	Zona no saturada
	Zona Saturada
	Basamento Hidrogeológico

DATUM: UTM WGS84 ZONA: 18S

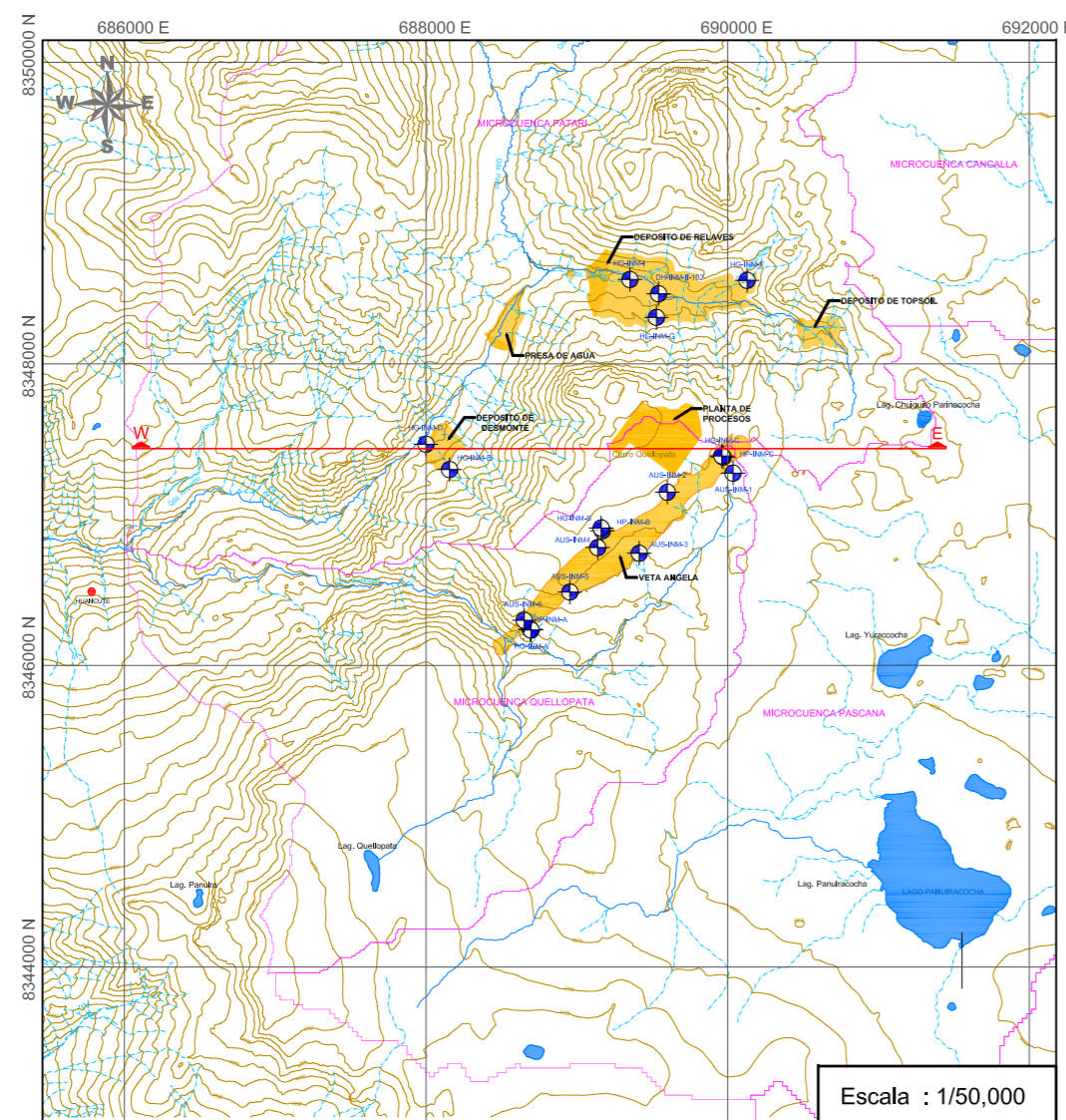
	UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA - GEOTÉCNICA	
TESIS: ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDROGEOLÓGICO PARA DETERMINAR IMPACTOS EN LAS ETAPAS DE OPERACIÓN CIERRE DEL PROYECTO MINERO INMACULADA REGIÓN AYACUCHO		
DESCRIPCIÓN: SECCIÓN HIDROGEOLÓGICA MODELADA S-N: PRESA DE AGUA Y VETA ANGELA EN FASE OPERACIÓN		
ELABORADO:	URIEL NESTOR MARCA VENTURA	MAPA:
ESCALA:	INDICADA	38
FECHA:	DICIEMBRE, 2012	
FUENTE:	CARTAS NACIONALES DEL IGN ESC. 1/100 000	

SECCIÓN HIDROGEOLÓGICA MODELADA G-G' FASE INICIAL

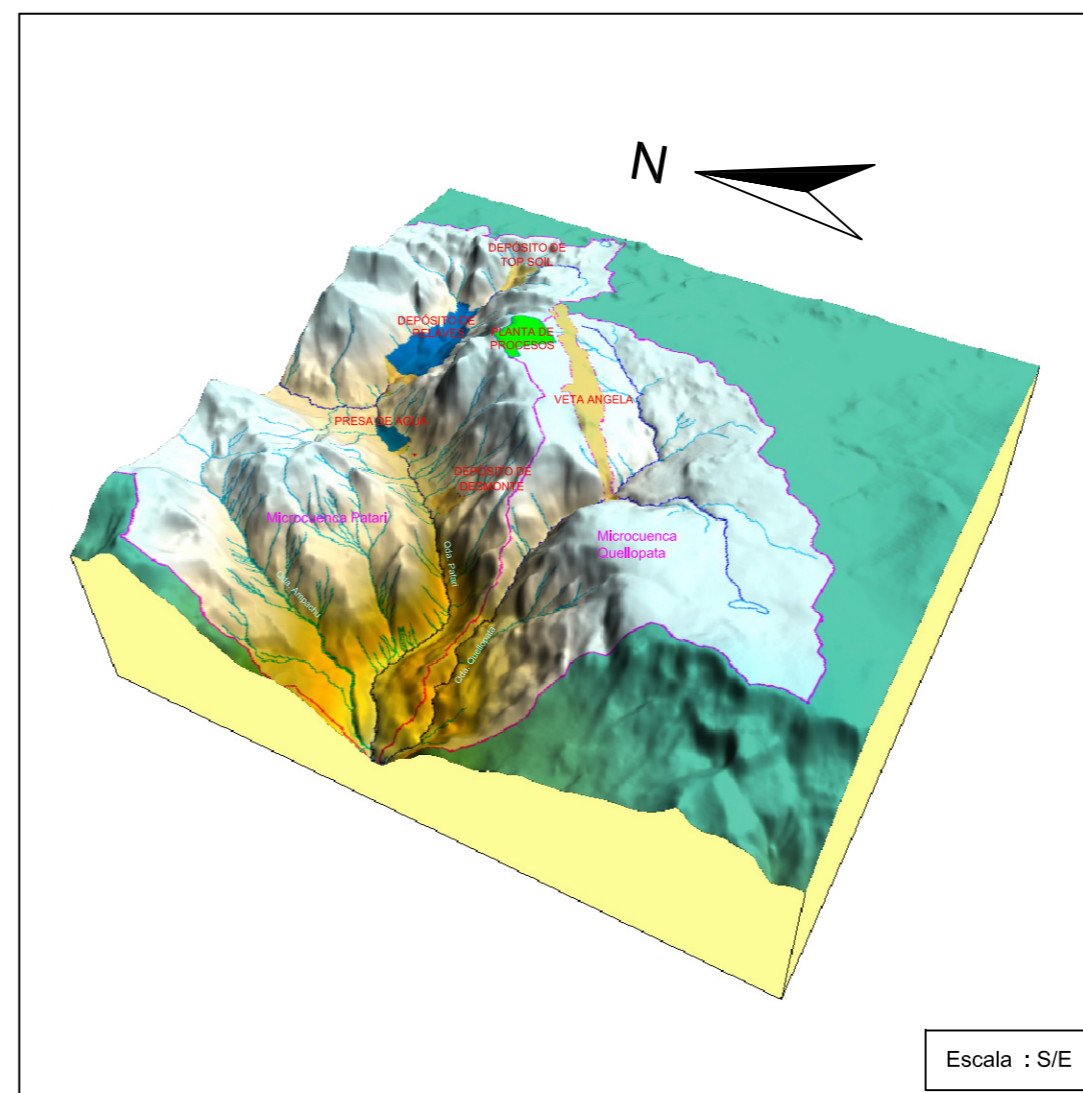


Escala Vertical : 1/6,000
 Escala Horizontal : 1/12,000

VISTA EN PLANTA



VISTA 3D DEL MODELO NUMÉRICO

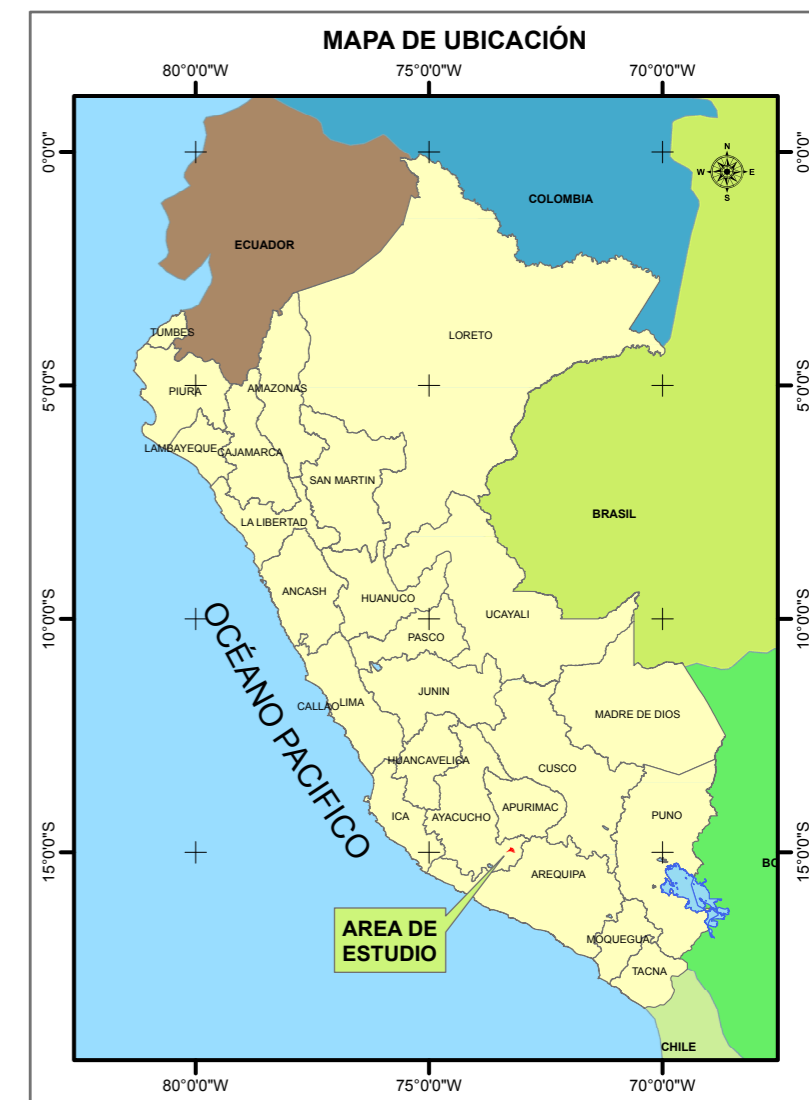
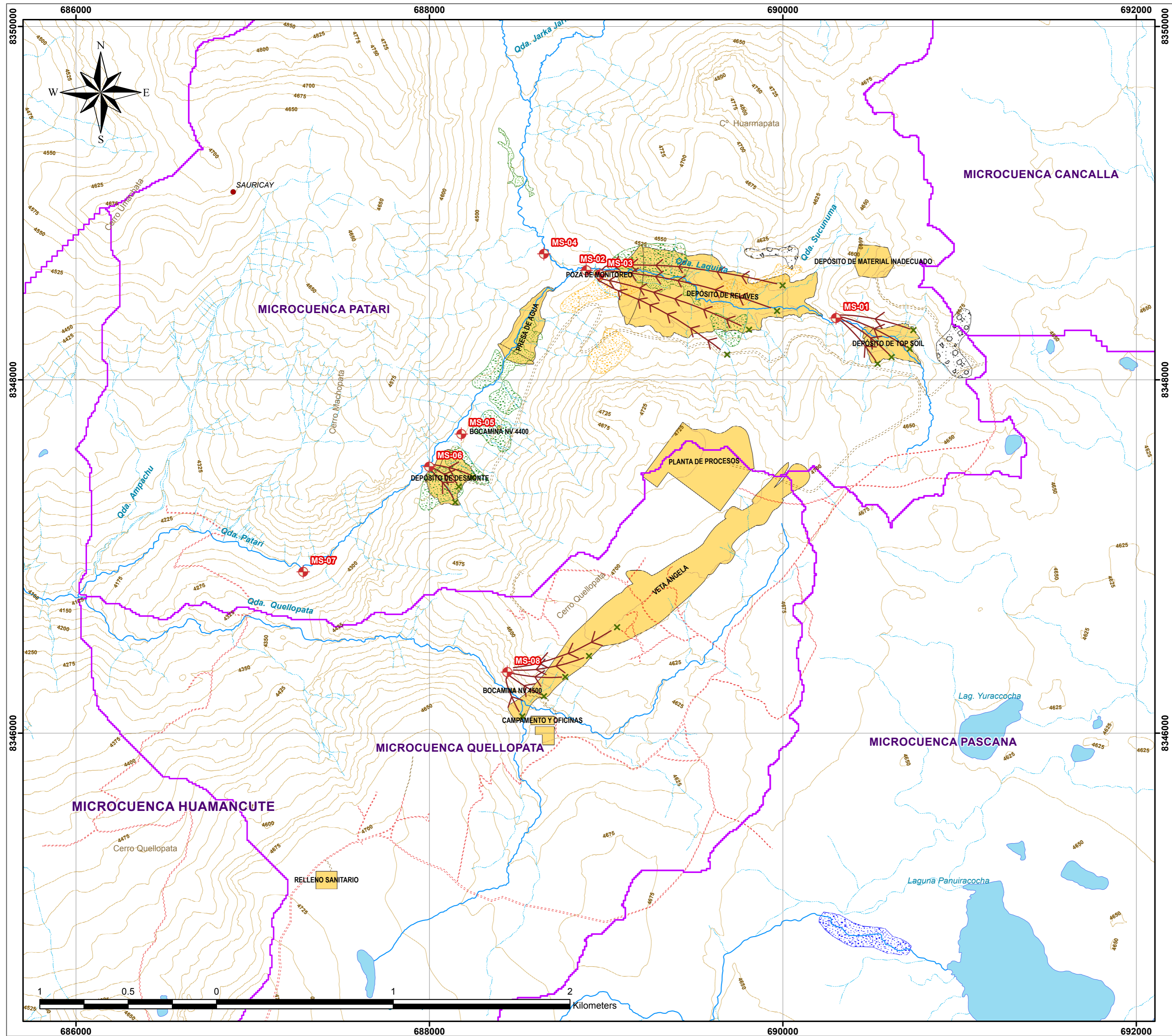


SIMBOLOGÍA	
	Nivel Estático (N.E)
	Dirección de Flujo

LEYENDA	
	Zona no saturada
	Zona Saturada
	Basamento Hidrogeológico

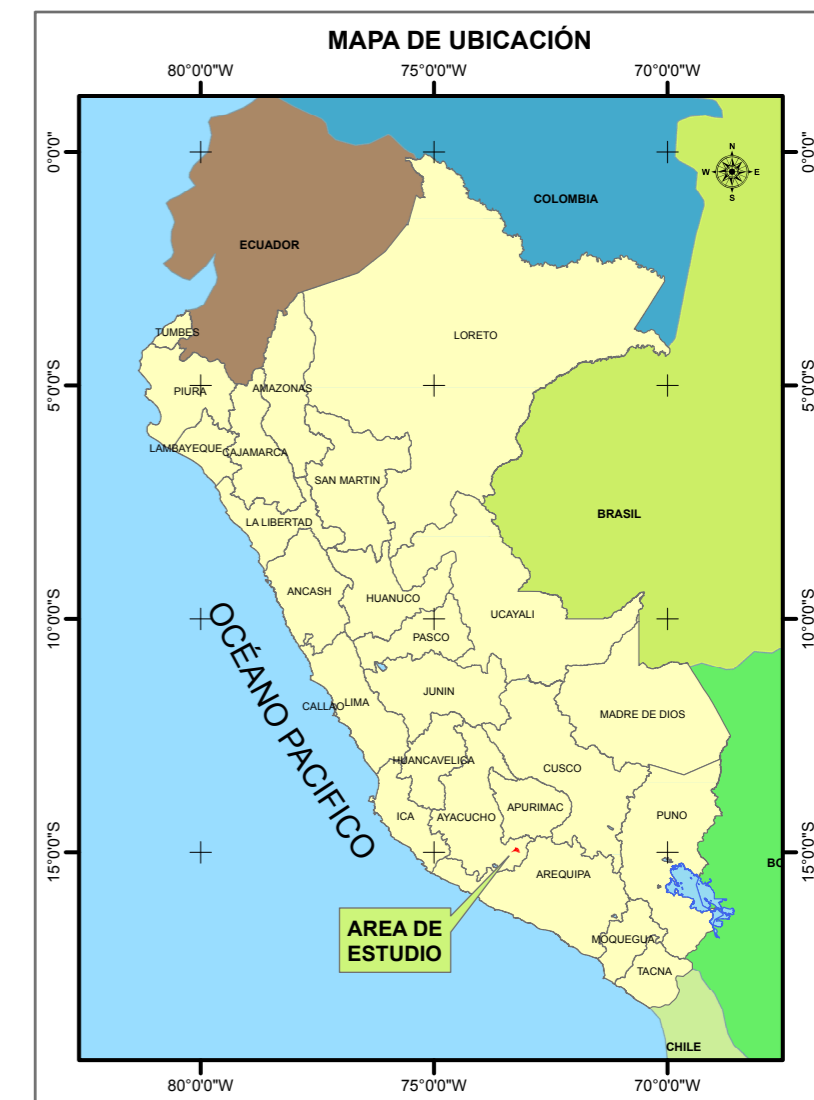
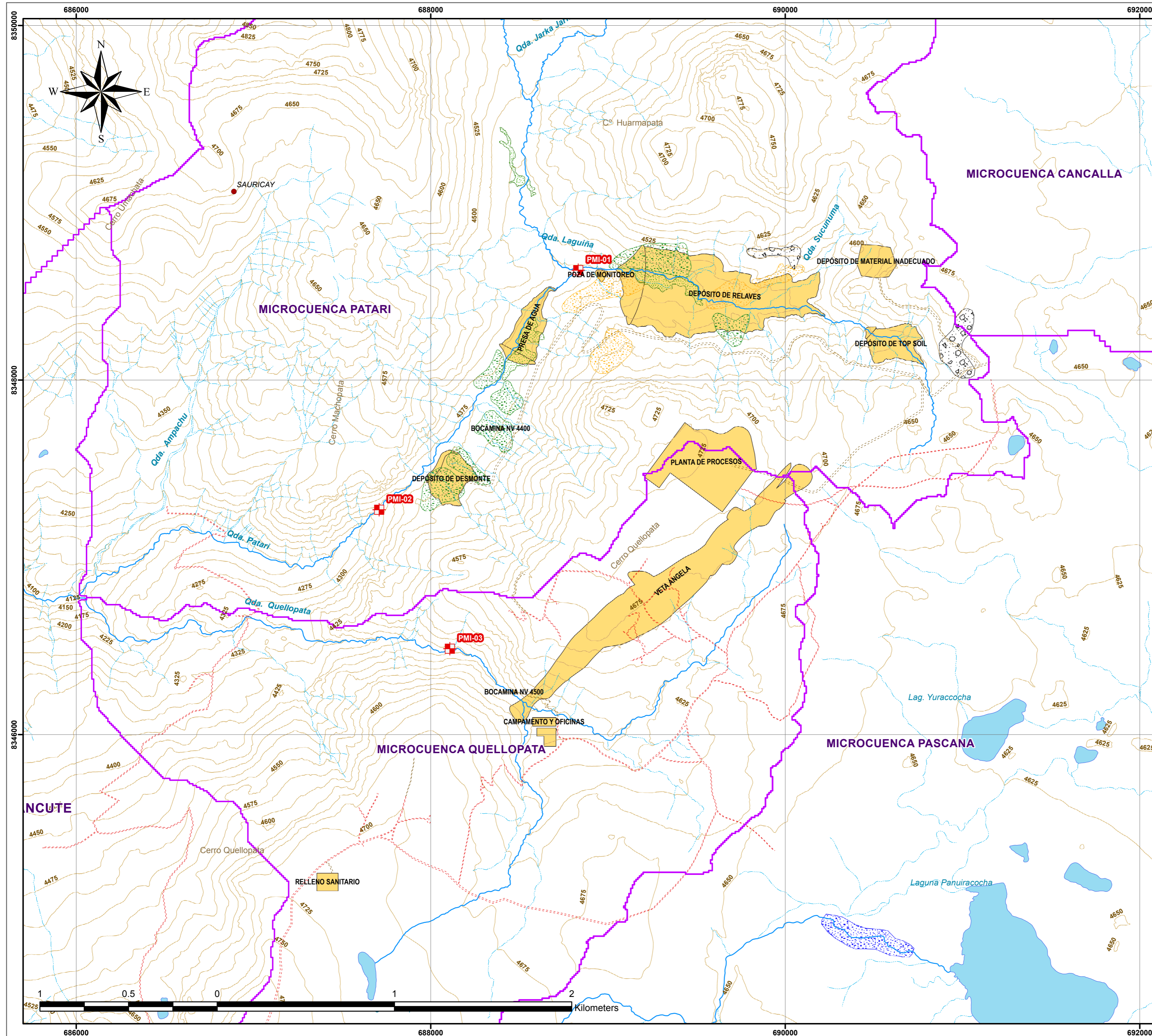
DATUM: UTM WGS84 ZONA: 18S

	UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA - GEOTÉCNICA	
TESIS: ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDROGEOLÓGICO PARA DETERMINAR IMPACTOS EN LAS ETAPAS DE OPERACIÓN CIERRE DEL PROYECTO MINERO INMACULADA REGIÓN AYACUCHO		
DESCRIPCIÓN: SECCIÓN HIDROGEOLÓGICA MODELADA W-E: DEPÓSITO DE DESMONTE EN FASE OPERACIÓN		
ELABORADO: URIEL NESTOR MARCA VENTURA	MAPA:	
ESCALA: INDICADA	39	
FECHA: DICIEMBRE, 2012		
FUENTE: CARTAS NACIONALES DEL IGN ESC. 1/100 000		



DATUM: UTM WGS84 ZONA: 18S

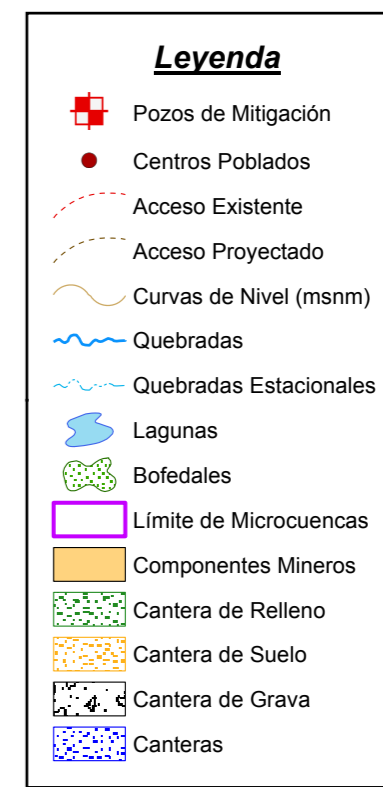
	UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA - GEOTÉCNICA	
TESIS: ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDROGEOLÓGICO PARA DETERMINAR IMPACTOS EN LAS ETAPAS DE OPERACIÓN CIERRE DEL PROYECTO MINERO INMACULADA REGIÓN AYACUCHO		
DESCRIPCIÓN:		TRANSPORTE DE PARTICULAS
ELABORADO:	URIEL NESTOR MARCA VENTURA	MAPA:
ESCALA:	1:15.000	40
FECHA:	DICIEMBRE, 2012	
FUENTE:	CARTAS NACIONALES DEL IGN ESC. 1/100 000	



UBICACIÓN DE POZOS DE MITIGACIÓN PROPUESTOS

TIPO	CODIGO	COORDENADAS UTM (PSAD-56)		
		ESTE (m)	NORTE (m)	ALTITUD (msnm)
POZO DE MITIGACIÓN	PMI-01	688832.43	8348618.73	4420
POZO DE MITIGACIÓN	PMI-02	687709.22	8347267.53	4318
POZO DE MITIGACIÓN	PMI-03	688108.10	8346483.52	4448

Fuente : Propia



DATUM: UTM WGS84 ZONA: 18S


UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA
 ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA - GEOTÉCNICA

TESIS: ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDROGEOLÓGICO PARA DETERMINAR IMPACTOS EN LAS ETAPAS DE OPERACIÓN CIERRE DEL PROYECTO MINERO INMACULADA REGIÓN AYACUCHO

DESCRIPCIÓN:	VARIACIÓN DE PH DE AGUA SUBTERRÁNEA – EPOCA SECA	
ELABORADO:	URIEL NESTOR MARCA VENTURA	MAPA:
ESCALA:	1:15.000	41
FECHA:	DICIEMBRE, 2012	
FUENTE:	CARTAS NACIONALES DEL IGN ESC. 1/100 000	