

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

ESCUELA DE POSGRADO



UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

PROGRAMA DE DOCTORADO EN CIENCIAS

MENCIÓN: GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES

TESIS:

EVALUACIÓN DE PASIVOS AMBIENTALES MINEROS EN MESA DE PLATA

RÍO HUALGAYOC - CAJAMARCA

Para optar el Grado Académico de

DOCTOR EN CIENCIAS

Presentada por:

M. Cs: CRISPÍN ZENÓN QUISPE MAMANI

Asesor:

Dr. VALENTÍN VÍCTOR PAREDES OLIVA

CAJAMARCA - PERÚ

2019

COPYRIGHT © 2019 by

CRISPÍN ZENÓN QUISPE MAMANI

Todos los derechos reservados

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

ESCUELA DE POSGRADO



UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

PROGRAMA DE DOCTORADO EN CIENCIAS

MENCIÓN: GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES

TESIS APROBADA:

EVALUACIÓN DE PASIVOS AMBIENTALES MINEROS EN MESA DE PLATA

RÍO HUALGAYOC - CAJAMARCA

Para optar el Grado Académico de

DOCTOR EN CIENCIAS

Presentada por:

M. Cs: CRISPÍN ZENÓN QUISPE MAMANI

JURADO EVALUADOR

Dr. Valentín Víctor Paredes Oliva
Asesor

Dr. Nilton Eduardo Deza Arroyo
Jurado Evaluador

Dr. Rosa Haydee Llique Mondragón
Jurado Evaluador

Dr. Teófilo Severino Torrel Pajares
Jurado Evaluador

Cajamarca - Perú

2019

iii



PROGRAMA DE DOCTORADO EN CIENCIAS

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

MENCIÓN: GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES

Siendo las 16:00 horas, del día 16 de julio del año dos mil diecinueve, reunidos en el Auditorio de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca, el Jurado Evaluador presidido por Dr. NILTON EDUARDO DEZA ARROYO, Dr. TEÓFILO SEVERINO TORREL PAJARES, Dra. ROSA HAYDEE LLIQUE MONDRAGÓN y en calidad de Asesor, el Dr. VALENTIN VICTOR PAREDES OLIVA Actuando de conformidad con el Reglamento Interno de la Escuela de Posgrado y el Reglamento del Programa de Doctorado de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca, se inició la SUSTENTACIÓN de la tesis titulada: **EVALUACIÓN DE PASIVOS AMBIENTALES MINEROS EN MESA DE PLATA RÍO HUALGAYOC - CAJAMARCA**; presentada por el M.Cs. **CRISPÍN ZENÓN QUISPE MAMANI**

Realizada la exposición de la Tesis y absueltas las preguntas formuladas por el Jurado Evaluador, y luego de la deliberación, se acordó Aprobar con la calificación de 17 (Diecisiete) Excelente la mencionada Tesis; en tal virtud, el M.Cs. **CRISPÍN ZENÓN QUISPE MAMANI**, está apto para recibir en ceremonia especial el Diploma que lo acredita como **DOCTOR EN CIENCIAS**, de la Unidad de Posgrado de la Facultad de Ciencias Agrarias, Mención **GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES**

Siendo las 17:00 horas del mismo día, se dio por concluido el acto.

.....
Dr. Valentin Victor Paredes Oliva
Asesor

.....
Dr. Nilton Eduardo Deza Arroyo
Presidente Jurado Evaluador

.....
Dr. Teófilo Severino Torrel Pajares
Jurado Evaluador

.....
Dra. Rosa Haydee Llique Mondragón
Jurado Evaluador

DEDICATORIA:

Mi madre, hermanos por su apoyo incondicional; con grato recuerdo para Don Bernardino y Eduardo que desde el más allá guiarán por siempre a los seres queridos de esta tierra.

Mi esposa **Pepita** e hijos: **Verito** y **Cristhian** porque son la razón de vivir.

ÍNDICE GENERAL

Ítems	Pág.
DEDICATORIA:	iv
AGRADECIMIENTO	xvi
LISTA DE ABREVIATURAS Y SIGLAS USADAS	xvii
GLOSARIO	xix
RESUMEN	xxi
ABSTRACT	xxii
CAPÍTULO I	1
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO II	11
MARCO TEÓRICO	11
2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN:	11
2.2 BASES TEÓRICAS	14
2.2.1 Normatividad	14
2.2.2 Reglamento del Cierre de Minas	15
2.2.3 Evaluación de Pasivos Ambientales Mineros	15
2.2.4 Generación de aguas ácidas	19
2.2.5 El pH.....	19
2.2.6 Límites Máximos Permisibles (LMP's).....	21
2.2.7 Clasificación del agua por su uso.	23
2.2.8 Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para el Agua	23
2.2.8.1 Categorías de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua (ECA Agua)	24
2.2.8.2 Los Estándares de Calidad Ambiental para Agua como referente obligatorio	29
2.2.9 Riesgo de Pasivos Ambientales Mineros (RPAM).....	32
CAPÍTULO III	33
MATERIALES Y MÉTODOS	33
3.1 UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA	33
3.2 LOCALIZACIÓN	33
3.3 ACCESIBILIDAD	34

	Pág.
3.4 CLIMA Y TEMPERATURA	37
3.4.1 Precipitación Pluvial	38
3.5 VEGETACIÓN	39
3.6 METODOLOGÍA.....	40
3.6.1 Procedimientos:.....	40
3.6.1.1 Fuente de datos.....	40
3.6.1.2 Técnica de recolección de datos.	40
3.6.1.3 Procesamiento y análisis de datos.	41
3.7 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS FINALES.	42
3.8 CONTEXTO GEOLÓGICO LOCAL.	45
3.8.1 Rocas Intrusivas	45
3.8.2 Geología Estructural Local	47
3.8.3 Hidrológico y Pendientes.....	48
3.8.4 Geomorfológico Altitudinal.....	49
3.8.5 Contexto Estratigráfico Local (Columna Estratigráfica).	50
3.9 EVALUACIÓN DE LOS PASIVOS AMBIENTALES.....	52
3.9.1 Fichas de Registro de Pasivos Ambientales.....	53
3.9.2 Caracterización del Registro de las Fichas de Pasivos Ambientales.	54
3.9.3 Resumen de las Fichas de Registro para la Evaluación de Pasivos Ambientales.....	60
3.10 MUESTREO DE AGUAS (ácidas).....	60
3.10.1 Selección de Recipientes	60
3.10.2 Contenido de Protocolo de Muestreo.	61
3.11 DETERMINACIÓN DE MICROCUENCA MESA DE PLATA	62
3.11.1 Monitoreo de Agua en la Microcuenca Mesa de Plata.	64
3.11.2 Codificación de los Puntos de Muestreo de Agua, para la Microcuenca Mesa de Plata.....	64
3.12 INTERPRETACIÓN DE DATOS.....	65
3.12.1 Recolección de Datos:.....	65
3.13 DEPÓSITOS RECIENTES DEL CUATERNARIO.	66
CAPÍTULO IV	67
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	67

	Pág.
4.1	RESULTADOS67
4.1.1	Volumen de Pasivos Ambientales Mineros67
4.1.2	Tipo de Pasivos Ambientales Mineros70
4.2	DISCUSIÓN DE RESULTADOS71
4.2.1	Mapa Geológico.71
4.2.2	La Evaluación de los Pasivos Ambientales Mineros72
4.3	DETERMINACIÓN DEL FLUJO DE AGUA (PAM´S).72
4.3.1	Método del Volumétrico.....73
4.3.2	Método del Flotador74
4.3.3	Gráfico del Caudal de Agua en los Puntos de Monitoreo.....74
4.4	CLASE Y TIPO DE AGUA (PAM´S).75
4.5	RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS DE LABORATORIO76
4.5.1	Aplicación de Datos Estadísticos de los Resultados de Muestreo de Agua .77
4.5.2	El pH.....77
4.5.3	Temperatura (Tº)80
4.5.4	Hierro (Fe)81
4.5.5	Plomo (Pb).....82
4.5.6	Cobre (Cu).....84
4.5.7	Cadmio (Cd)86
4.5.8	Zinc (Zn)87
4.5.9	Arsénico (As)88
4.6	ANÁLISIS FÍSICO- QUÍMICO.....88
4.7	PROPUESTA DE SOLUCIÓN.....95
4.7.1	Introducción96
4.7.2	Objetivos.....97
4.7.3	Metodología.....97
4.7.4	Balance Hídrico98
4.7.5	Modelación100
4.7.6	Gestión de Pasivos Ambientales Mineros102
4.7.7	Desarrollo Teórico103
4.7.8	Resultados de la Modelización de los Sistemas de Extracción105
4.8	CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS107

	Pág.
CAPÍTULO V	108
CONCLUSIONES	108
CAPÍTULO VI	111
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	111
CAPÍTULO VII	113
APÉNDICE Y ANEXOS	113
7.1 APÉNDICE	113
7.1.1 Álbum Fotográfico.	113
7.1.2 Resultados del Análisis Físico Químico de Muestras de Agua (Mp-1 Al Mp-7).....	113
7.1.3 Tablas de Códigos, Datos y Puntos de Monitoreo.....	113
7.1.4 Determinación del Flujo de Agua (Pam´S)	113
7.1.5 Mapas Temáticos de:	113
7.2 ANEXOS.....	113
7.2.1 Resultados Compilados de Elementos en Suspensión	113
7.1.1 Album Fotográfico.	114
7.1.4 Determinación del Flujo de Agua (Pam´S).	136
Métodos para el Cálculo de los Caudales de Agua.....	136
Método del Volumétrico.....	136
Ejemplo para Calcular el Caudal Utilizando el Método del Volumétrico.....	137
Método del Flotador	138
Materiales.....	138
Determinación de la Velocidad.....	139
Determinación del Área del Canal.....	140
Determinación del Caudal	140
Ejemplo: Aplicativo Para Calcular El Caudal De Agua Utilizando El Método Del Flotador.	141

LISTA DE FIGURAS

Pág.

Figura 1. Factores que se debe tener en cuenta para la estimación del daño causado por PAM's. (Arango, 2011)	16
Figura 2. Ejemplos de los efectos del pH en medio ambiente, en función a su escala y valor	21
Figura 3. Contextualización para Pasivos Ambientales Mineros (Arango, 2011)	32
Figura 4. Mesa de Plata; objeto de estudio en PAM, distrito de Hualgayoc.	34
Figura 5. Ubicación Política de la zona de investigación (Google, 2018).....	36
Figura 6. Accesibilidad al distrito de Hualgayoc desde la Ciudad de Cajamarca (Google Eart, 2013)	37
Figura 7. Estación Hualgayoc, relación de biotemperatura, precipitación y evapotranspiración potencial (Benites, 2010).....	39
Figura 8. Síntesis de organizador gráfico de metodología utilizado en la investigación.....	44
Figura 9. Roca intrusiva dacítica con alteración argílica con cuarzo, feldespatos, diseminación de pirita; ubicado al NW. del C° Jesús.	46
Figura 10. Zonificación de los desmontes acumulados (cancha) de remediación superficial (pastos) líneas punteadas de color blanco; desmonte acumulado sin remediación líneas de color amarillo, ubicado en la Qda. Mesa de Plata lado izquierdo.	54
Figura 11. Ficha de Registro de Pasivo Ambiental Zona N.º 01.....	55
Figura 12. Ficha de Registro de Pasivo Ambiental Zona N.º 02.....	56
Figura 13: Ficha de Registro de Pasivo Ambiental Zona N.º 03.....	57
Figura 14. Ficha de Registro de Pasivo Ambiental Zona N.º 04.....	58
Figura 15. Ficha de Registro de Pasivo Ambiental Zona N.º 05.....	59
Figura 16. Muestras de agua realizados en los drenajes de PAM's. en la microcuenca Mesa de Plata, MP1 al MP7, para él envió al laboratorio.....	62
Figura 17. Sedimentos cuaternarios coluvio- aluvial (natural -foto Izq.), constituidos por limos arcillas, clastos de calizas, areniscas y óxidos; ubicado en las laderas del C° Jesús (antrópico -foto Derech).....	66
Figura 18. Procedimiento del modelado de secciones en el software	68
Figura 19. Creación del sólido para el Cuaternario coluvio -aluvial PAM's.	68
Figura 20. Resultado del Volumen PAM's. de $\pm 1'038, 344 \text{ m}^3$	69

	Pág.
Figura 21. Gráfico en barra estadístico del volumen de agua en los 7 puntos de aforo, para la microcuenca Mesa de Plata.	75
Figura 22. Ubicación de los puntos de monitoreo MP-1 al MP-4, en la Qda. Mesa de Plata.	77
Figura 23. Cuadro estadístico del pH, en los puntos de monitoreo temporal.	78
Figura 24. Cuadro estadístico comparativo del pH, en los años 2007 al 2017, punto MP -7.	79
Figura 25. Gráfico de barras comparativo del pH, puntos de monitoreo transitorio del año 2014.	80
Figura 26. Cuadro estadístico de T°, en los puntos de monitoreo temporal MP-1 al MP-7.	81
Figura 27. Cuadro estadístico de Fe, en los puntos de monitoreo temporal.	82
Figura 28: Cuadro estadístico de Pb, comparativo en los puntos de monitoreo permanente.	83
Figura 29: Cuadro estadístico de Pb, en los puntos de monitoreo (ALA, 2017).	83
Figura 30. Cuadro estadístico de Cu, en los puntos de monitoreo permanente R2 =(MP-7).	84
Figura 31. Cuadro estadístico de Cu comparativo en los años 2007 -2017.	85
Figura 32. Cuadro estadístico de Cd. comparativo en los años 2007 -2017.	86
Figura 33. Cuadro estadístico de Zn comparativo en los años 2007 -2017.	87
Figura 34. Cuadro estadístico de As comparativo en los años 2007 -2017.	88
Figura 35. Representación de los factores que influyen en el balance hídrico Dónde: “m” es la porosidad y “K” la conductividad hidráulica (Sophocleous, 2000).	99
Figura 36. Bloque-Diagrama del emplazamiento con las unidades geo hidrogeológicas según características geológicas.	104
Figura 37. Superficie piezométrica de los sectores Pz-Q, Pz-S y Pz-I respectivamente, en los que se aprecia las zonas de influencia de los bombeos. Se han representado los vectores de velocidad.	106
Figura 38. Sedimentos cuaternarios coluvio –glaciar erosionado del C° Jesús.	114
Figura 39. Ubicación de la zona de estudio de PAM. en Mesa de Plata, en el distrito y Provincia de Hualgayoc.	114

	Pág.
Figura 40. Distrito de Hualgayoc y ubicación de la Microcuenca Mesa de Plata, rocas calcáreas C° María y rocas intrusivas C° Jesús.....	115
Figura 41. Vegetación de pastos, ichu y arbustos ubicado en el C° María (ladera), sobre suelos erosionados de las rocas carbonatadas (caliza de la Fm. Yumagual)	116
Figura 42. Vegetación de cortaderas, pastos, arbustos y sauco ubicado en la quebrada Mesa de Plata.	116
Figura 43. Identificación de unidades de análisis y observación; Drenaje de agua ácida (líquido), depósito de desmontes (sólido) y estructuras geológicas (veta) en la Microcuenca Mesa de Plata.	117
Figura 44. Distribución espacial de afloramientos de las rocas en el distrito minero de Hualgayoc; Pórfido C° Corona, Calizas de Fm. Yumagual en el C° María, Sedimentos Cuaternarios (PAM´s.) Qda. Mesa de Plata y Stok intrusivo dacítico en el C° Jesús.....	117
Figura 45. Punto de monitoreo participativo RHual2 (ANA), MP-7 río de Hualgayoc después de la unión con la microcuenca Mesa de Plata y río Hualgayoc.	118
Figura 46. Caliza Mustone a Pastone de color gris oscura a clara de la Fm. Yumagual en Mesa de Plata cerca al punto de monitoreo MP-2.....	118
Figura 47. Pasivo Ambiental (sólido) bloques, cantos, gravas, arena, limos y arcillas en el lecho de la zanja de drenaje, ubicado en la Qda. del Cerro Jesús..	119
Figura 48. Boca mina con sello de mampostería para evitar la generación de drenaje ácido (plan de cierre), con hastiales de roca caliza en la Fm. Yumagual; Mesa de Plata cerca al punto de monitoreo MP-2.....	119
Figura 49. Etiquetado muestras de agua realizados en los drenajes de PAM´s en la microcuenca Mesa de Plata MP-1.	119
Figura 50. Etiquetado muestras de agua realizados en los drenajes de PAM´s en la microcuenca Mesa de Plata.....	120
Figura 51. El equipo de pH, digital en la determinación del valor en el campo in situ, sin variación alguna, para elaboración de los cuadros estadísticos..	120
Figura 52. Se aprecia el cañón del río Hualgayoc después de la confluencia con la Qda. Mesa de Plata, realizando la medición del pH. in situ (MP-7).....	121

	Pág.
Figura 53: Afloramiento de veta con roca encajonante de caliza en la Fm. Yumagual, ubicado en la trocha carrozable de Mesa de Plata; el cual genera la formación de las aguas ácidas.	121
Figura 54. Se observa el muestreo de agua ácida en MP-1 y la determinación del pH. en la Qda. de Pozo Ricos- Corona, ubicado en la intersección de la trocha carrozable a Hualgayoc, Pozo Ricos -las Coloradas.	122
Figura 55. Se aprecia muestreo de agua ácida en MP-2 y la determinación del pH. con Peachímetro digital con protocolo establecido; en la Qda. C° Jesús -Hualgayoc.	122
Figura 56: Bloques, cantos, gravas, arena, limos y arcillas en el lecho de la zanja de drenaje, ubicado en la Qda. del C° Jesús.	123
Figura 57. Zona 4 de pasivo ambiental sin remediar constituidos por bloques, cantos, gravas, arena, limos, arcillas y clastos con óxidos de hierro, sulfuros entre otros en talud de 20 -45° de pendiente.	123
Figura 58: Zona 4 de pasivo ambiental sin remediar constituidos por bloques, cantos, gravas, arena, limos, arcillas y clastos de óxidos, sulfuros, intrusivo entre otros en el talud que varía de 20 -45° de pendiente.	124
Figura 59. Zona 4 de pasivo ambiental (sólido) parte media lado NW. del C° Jesús, se aprecia ±50% de remediación con vegetación.	125
Figura 60: Zona 4 y zona 5 de pasivo ambiental (sólido) parte alta lado NNW. del C° Jesús, se aprecia ±50% de remediación en PMA'S	125
Figura 61. Pasivo Ambiental (sólido) bloques de cantos, gravas, arena, limos y arcillas en el lecho de la zanja de drenaje, ubicado en la Qda. del C° Jesús parte alta.	126
Figura 62. Veta de sulfuros constituido por pirita, cuarzo, enargita ubicado en la ladera del C° Jesús al lado NW, parte media, el cual se oxida y genera el drenaje de aguas ácidas.	126
Figura 63. Afloramiento de veta de alta sulfuración constituido por pirita, cuarzo, enargita y alrededor circundante por bloques, cantos, gravas, arenas, limos de diferente composición; ubicado en el cauce de la zanja de drenaje Qda. C° Jesús al lado NW.	127
Figura 64. Brecha tectónica constituido por gravas, arenas, limos y arcillas con clastos polilíticos; ubicado entre las Qdas. Pozo Ricos y C° Jesús.	127

	Pág.
Figura 65. Pasivo Ambiental (sólido) generador de aguas ácidas, constituidos por bloques de cantos, gravas, arena, limos y arcillas en las laderas lado NW, ubicado en la Qda. del C° Jesús.....	127
Figura 66. C° Jesús vista SE. Red de drenaje tipo paralelo a sub -dendrítico, los cuales discurren a la microcuenca Mesa de Plata y el río Hualgayoc.	128
Figura 67. C° Jesús lado NW. Acceso principal a la Qda. Mesa de Plata.	129
Figura 68. Distrito de Hualgayoc donde se ubica la microcuenca de Mesa de Plata zona de investigación y los C° María con afloramientos de rocas sedimentarias y C° Jesús con afloramientos de rocas intrusivas.	130
Figura 69. Medida del caudal de agua por el método volumétrico en el punto MP-4 tributario de la Bocamina la Zarza.	136
Figura 70. Monitoreo de agua, medida del pH (digital) y determinación del volumen por el método volumétrico en el punto MP-4 afluente de la Bocamina la Zarza.....	137
Figura 71: Determinación del volumen por el método volumétrico en los puntos MP-1 Qda. Pozo Ricos -Corona (Izq.) y MP-4 Bocamina la Zarza (Dech.).....	138
Figura 72. Se observa medida de longitud, ancho y profundidad en el río Hualgayoc, para calcular el flujo por el método del flotador ubicado en el punto de monitoreo MP-7 . Equivalente al punto permanente ALA. RHual2	139
Figura 73. Se observa medida de la profundidad (h) en la sección del río Hualgayoc MP-7, para calcular el área del canal.	140
Figura 74. Programa de vigilancia de la calidad de recursos hídricos en la cuenca del río Llaucano.	142
Figura 75. Ubicación de la microcuenca Mesa de Plata, dentro la cuenca hidrográfica del río Llaucano.	142

LISTA DE TABLAS

Pág.

Tabla 1. Valoración de atributos de los pasivos ambientales.....	18
Tabla 2. Niveles máximos permisibles para efluentes minero -metalúrgicos	22
Tabla 3. Parámetros permisibles ECA -agua para categoría 3: riego de vegetales y bebidas de animales	30
Tabla 4. Vías de acceso en kilómetros, tiempo y tipo de carretera.	35
Tabla 5. Vértices en coordenadas UTM. de la zona de investigación	35
Tabla 6. Ubicación geográfica de los distritos de la provincia de Hualgayoc	36
Tabla 7. Balance hídrico de suelos zonales con vegetación madura para Hualgayoc	38
Tabla 8. Clasificación de la microcuenca para la investigación.....	63
Tabla 9. Codificación de los puntos de monitoreo de las aguas de la microcuenca de Mesa de Plata.	65
Tabla 10. Clases de minas cerradas o abandonadas, clasificación.	70
Tabla 11. Resultado de los cálculos realizados del volumen de agua para los 05 puntos (MP-1 al MP-5) de aforo por el método volumétrico in situ.	73
Tabla 12. Resultado de los cálculos efectuados del volumen de agua en los 2 puntos de aforo por el método del flotador.	74
Tabla 13. Resume de valores de pH obtenidos de los puntos de monitoreo temporal.	91
Tabla 14. Valores de las temperaturas obtenidos para los puntos transitorios en el campo in situ.....	92
Tabla 15. Valores del pH en los puntos de monitoreo trimestral transitorio en el año 2014.....	92
Tabla 16. Valores del pH en los años 2007 al 2017 en el punto MP-7, RH-2	93
Tabla 17. Valores de Cu y Zn en los años 2007 al 2017 en el punto MP-7, RH-2	93
Tabla 18. Valores de Pb y Cd en los años 2007 al 2017 en el punto MP-7, RH-2	94
Tabla 19. Valores de análisis en los puntos de monitoreo del río Llaucano ANA, ALA (2013-2017)	94
Tabla 20. Puntos de control para la elaboración de mapas temáticos, obtenidos en el campo en los siguientes ítems códigos, coordenadas, cota y descripción.	131

	Pág.
Tabla 21. Código de los puntos de monitoreo para los efluentes de los Pasivos Minero-Metalúrgicos de la Cuenca del Llaucano.	133
Tabla 22. Puntos de monitoreo trimestral correspondiente a 20 de setiembre de 2014 PAM's microcuenca Mesa de Plata.....	134
Tabla 23. Valores de la concentración de Cobre desde los años 2007- 2009.	142
Tabla 24. Valores de la concentración de Plomo desde los años 2007- 2009.	142
Tabla 25. Valores de la concentración de Cadmio desde los años 2007- 2009.	142
Tabla 26. Valores de la concentración de Zinc desde los años 2007- 2009.	142
Tabla 27. Valores de la concentración de Arsénico desde los años 2007- 2009	142

AGRADECIMIENTO

Mi más sincero agradecimiento a la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca, como formadora de bases científicas en conocimiento e investigación científica mediante el programa de Doctorado Gestión Ambiental y Recursos Naturales. A todas aquellas personas que de una u otra manera colaboraron para que se concretice la investigación y en especial interés al Dr. Valentín Paredes Oliva como asesor, por la exigencia y guía de la presente tesis.

LISTA DE ABREVIATURAS Y SIGLAS USADAS

ALA	:	Autoridad Local de Agua
ANA	:	Autoridad Nacional del Agua
Bx	:	Brecha
°C	:	Grados Centígrados
C°	:	Cerro
cm	:	Centímetro
DAA	:	Drenaje de aguas ácidas
DAM	:	Drenaje ácido de Mina
DAR	:	Drenaje ácido de Roca
<i>DIGESA</i>	:	Dirección General de Salud
<i>DS</i>	:	Decreto Supremo
ECA -agua	:	Estándar de Calidad Ambiental para Agua
Fm	:	Formación
FONAM	:	Fondo Nacional del Ambiente
Gpo	:	Grupo
GPS	:	Sistema de Posicionamiento global
IM	:	Importancia de Pasivo Ambiental
INEI	:	Instituto Nacional Estadística e Informática
INGEMMET	:	Instituto Geológico Minero Metalúrgico
Km	:	Kilómetro
Ki – Pa	:	Cretácico Inferior Pariatambo.
Ks – Yu	:	Cretácico Superior Yumagual.
LMP's	:	Límites máximos permisibles
m	:	Metro

m ²	:	Metro cuadrado
m ³	:	Metro cúbico
Ma	:	Millones de años
MINEM	:	Ministerio de Energía y Minas
Msnm	:	Metros sobre el nivel del mar
NE	:	Nor Este.
NW	:	Nor Oeste.
Pág	:	Página
PAM's	:	Pasivos Ambientales Mineros
PAMA	:	Programa de Adecuación y Manejo Ambiental
PEMA	:	Programa Especial de Manejo Ambiental
pH	:	Potencial de Hidrógeno
PSAD-56	:	Provisional Sud Americano Datum de 1956
Q col -al	:	Cuaternario coluvio -aluvial
Qda	:	Quebrada
RPAM	:	Riesgo de Pasivo Ambiental Minero
SE	:	Sur Este
SEIA	:	Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental
SIG	:	Sistema de Información Geográfica.
SW	:	Sur Oeste.
T°	:	Temperatura
UTM	:	Unidad Técnica de Medida (Universal Transverse Mercator)
Vt	:	Veta
Ej.	:	Ejemplo
l/s	:	Litros / segundo

GLOSARIO

Riesgo de Pasivo Ambiental Minero (RPAM.): Se definen como la combinación de la probabilidad de ocurrencia de un evento y la magnitud de su consecuencia y con cierto riesgo de menor magnitud es un evento con una probabilidad baja de ocurrencia y con secuencia despreciable, mientras el riesgo de mayor magnitud tiene una alta probabilidad de ocurrencia y una consecuencia catastrófica (Oblasser y Chaparro, 2008).

Pasivos Ambientales Mineros (PAM.) Algunas actividades extractivas, como la minería, producen emisiones, efluentes, restos o depósitos que degradan el ambiente natural y que, por estar en la actualidad abandonadas o inactivas, constituyen un riesgo permanente para la salud de la población, los ecosistemas o la propiedad. Son aquellas instalaciones, efluentes, emisiones, restos o depósitos de residuos producidos por operaciones mineras, en la actualidad abandonada o que constituyen un riesgo permanente y potencial para la salud de la población, el ecosistema circundante y la propiedad (FONAM, 2005).

Pasivo ambiental minero abandonado: Pasivos que se encontraban localizados fuera de una concesión vigente a la fecha entrada en vigencia de la Ley (FONAM-2005).

Drenaje de Ácido de Mina (DAM.) Los principales focos productores de DAM en las explotaciones mineras son los drenajes de las minas subterráneas, por bombeo en las minas activas y por gravedad en las abandonadas, las escorrentías en la minería a cielo abierto y los lixiviados de las escombreras y residuos mineros.

El drenaje ácido de la mina puede emanar desde diferentes actividades y lugares.

Entre ellos:

- Trabajos en la superficie y subterráneos.
- Desechos rocosos (provenientes de la planta chancadora).
- Sitios de acopio de estériles provenientes de la molienda u otro.
- Desechos provenientes de embalses de relave, flotación, entre otros.

Los drenajes ácidos de minas son aguas con altos índices de acidez y carga de metales en disolución. Estos drenajes ácidos de minas son el resultado de la reacción del agua, tanto superficial como subterránea, con minerales sulfurados (Aduvire, 2006).

Drenaje Ácido de Roca (DAR) es el producto formado por la oxidación atmosférica (a causa del agua, oxígeno y dióxido de carbono presentes) de minerales sulfurosos de hierro relativamente comunes, en presencia de bacterias (fundamentalmente cepas locales de *Thiobacillus ferrooxidans*) y algunos otros productos generados como consecuencia de esas reacciones de oxidación (Aliaga et al, 2010).

Residuos sólidos (desmonte): Es el área ocupada por los materiales extraídos del interior de la mina o del área de explotación a cielo abierto, que no contiene valores extraíbles u/o que su extracción no es económica, por lo que se han dispuesto en un lugar donde no se realizan actividades de explotación (FONAM, 2005).

RESUMEN

La investigación evaluó los pasivos ambientales mineros (PAM's) en la microcuenca Mesa de Plata, distrito y provincia de Hualgayoc, departamento de Cajamarca, con la finalidad de mejorar la gestión ambiental y tomar decisiones para la prevención, manejo y control en relación a los PAM's que han sido acumulados desde el descubrimiento de la mina que actualmente tiene hasta 1,067. La evaluación se ha realizado mediante mapas, formatos, fichas, tablas estadísticas; el aforo mediante el método volumétrico y flotador en siete puntos seleccionados; el monitoreo de las aguas se realizó en siete puntos estratégicos para metales en suspensión. Los elementos que conforman los PAM's son sólidos y aguas ácidas que ocupan un volumen aproximado de 1'000,000 m³ y abarcan el 25% del área de la microcuenca que tiene 740,000m². Las aguas ácidas son causadas por los pasivos ambientales tradicionales que para su evaluación se han elaborado mapas temáticos de geología, hidrológico, geomorfológico, altitudinal, pendientes, columna estratigráfica e isométrica y de acuerdo con los resultados se ha planteado minimizar o mitigar el fenómeno, evitando que en el futuro la contaminación ambiental no subsista, los mismos que al hacer el muestreo no superan los límites máximos permisibles en la confluencia del río Hualgayoc. Se concluye que la evaluación PAM's en las cinco zonas de mayor afectación de acuerdo con el índice de importancia ambiental (IM), es moderado a alto.

Palabras Clave: Pasivos ambientales mineros, geología, geomorfología, evaluación, drenaje de aguas ácidas, desmonte, relavera, riesgo de pasivos ambientales.

ABSTRACT

The research evaluate mining environmental liabilities (PAMs) in the Mesa of Plata micro -watershed, district and province of Hualgayoc, department of Cajamarca with the aim of improving environmental management and making decisions for prevention, management and control in relation to the PAMs that have been accumulated since the discovery of the mine that currently has up to 1,067. The evaluation has been done through maps, formats, files, statistical tables; the gauging by the volumetric method and float in seven selected points; Water monitoring was carried out at seven strategic points for suspended metals. The elements that make up the PAMs are solid and acid waters that occupy an approximate volume of 1'000,000m³ and cover 25% of the area of the microbasin that has 740,000m². Acid waters are caused by traditional environmental liabilities, which for their evaluation have been developed thematic maps of geology, hydrology, geomorphology, altitude, slopes, stratigraphic and isometric column and according to the results has been proposed to minimize or mitigate the phenomenon, avoiding that in the future the environmental pollution does not subsist, the same ones that when doing the sampling do not exceed the maximum permissible limits at the confluence of the Hualgayoc river. It is concluded that the PAM's evaluation in the five most affected areas according to the environmental importance index (IM), is moderate to high.

Keywords: Mining environmental passive, geology, geomorphology, evaluation, of acid water drainage, sludge, clearing, risk of environmental liabilities.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El Perú tiene una expectante posición competitiva en la minería mundial, manteniendo un liderazgo minero en Latinoamérica y una sólida historia y trayectoria minera. En el mercado Latinoamericano, es el mayor productor de oro, zinc, plomo y estaño. Asimismo, es el segundo mayor productor en plata y cobre, además de otros importantes productos metálicos y no metálicos (MINEM, 2010).

La experiencia minera del Perú se inicia en el año 1905, en Cerro de Pasco (Pasco). Luego, en el año 1922 se inauguró el complejo metalúrgico de la Oroya (Junín). Posteriormente, en los años 1990 se otorgaron numerosas concesiones mineras con las cuales esta actividad cambia de un sistema tradicional a otro de gran escala. Actualmente, las mayores explotaciones de cobre se registran en Cuajone (Moquegua), Toquepala (Tacna), Cerro Verde (Arequipa) y Tintaya (Cuzco), Cerro de Pasco y sus inmediaciones continúan extrayendo zinc, plomo y plata, Marcona (Ica) con hierro y San Rafael (Puno) con estaño, en Cajamarca Yanacocha, la Zanja, Corona, Coymolache, Tantahuatay explotan oro.

Toda actividad minera genera pasivos ambientales cuyos volúmenes se incrementan en forma gradual debido a la débil fiscalización por parte del estado peruano. El Ministerio de Energía y Minas (MINEM), es el ente regulador, fiscalizador del cumplimiento de las normas ambientales y promotor de las inversiones mineras. Por ello, el MINEM. decide el uso de las tierras del subsuelo y las inversiones mineras. Sin embargo, no existe ninguna institución que vigile las actividades del MINEM. o que proteja los derechos e intereses de las comunidades afectadas por los pasivos

ambientales de las empresas mineras. Al respecto, el MINEM (2016), señala que la actividad minera en el Perú tiene enormes Pasivos Ambientales Mineros (PAM's). A nivel País existen 8854 casos, en Cajamarca 1183, Hualgayoc 1067. La presencia de estos pasivos ambientales ha traído consigo impactos sociales de consideración, ante esto, se han preocupado en promulgar leyes ambientales en beneficio del medio ambiente y por ende de la sociedad; sin embargo, pese a estos esfuerzos las normas aun no tienen el grado de seriedad ni la severidad necesaria para imponer penalidades a los infractores.

Los pasivos ambientales relacionados a la actividad minera tienen que ver principalmente con la contaminación ambiental, producida por la eliminación al ambiente de desechos tóxicos, relaves -desmonte (acumulados) y drenaje de aguas ácidas (flujo), con la consecuente contaminación del agua, suelo y aire. Cientos de cuencas hidrográficas, ríos, lagos y ciudades están contaminadas por estas causas, lo que constituye el origen de numerosos conflictos entre las comunidades y las empresas mineras por el control y dirección de los recursos naturales (Zehner, 2001). Con la aplicación por cinco años (1997 al 2002) de los Programas de Adecuación y Manejo Ambiental (PAMAs) las empresas mineras pretendieron poner fin a estos conflictos, sin embargo, hasta la fecha, no se han obtenido resultados satisfactorios, tal es el caso de la Planta de Beneficio del Complejo Metalúrgico de la Oroya (MINEM, 2010).

La autoridad encargada de la fiscalización y el cumplimiento de estos programas es el MINEM. Este órgano ha incurrido en violación de sus propias normas al no exigir el cumplimiento de los compromisos asumidos por las empresas mineras, facilitando la ampliación del período de ejecución de los PAMAs, con la entrega de una nueva norma denominada Programa Especial de Manejo Ambiental (PEMA). Muchas

empresas que no habían cumplido con la ejecución del PAMA pueden acogerse al PEMA y fijarse un nuevo período para adecuar sus emisiones a niveles máximos permisibles en el sector minero nacional (MINEM, 2010).

La minería, sea esta artesanal, pequeña o gran; trae grandes beneficios económicos, pero a la vez ocasiona graves problemas medio ambientales. En el Perú, la minería ha traído efectos positivos para la economía, pero a la vez ha producido distintos problemas medio ambientales, reflejados en el desequilibrio ecológico, así como problemas en la salud de los trabajadores mineros y la población aledaña.

Los planes de cierre de minas y regulación de los pasivos ambientales (MINEM, 2004), la Ley N.º 28271 y su reglamento, que regulan los pasivos ambientales de la minería y las operaciones de cierre, exigen a las empresas que se responsabilicen de restaurar y remediar los daños causados, pero esto no siempre sucede. Por otro lado, la Ley General del Ambiente (Ley 28611), emitida en el año 2005 por la Presidencia del Consejo de Ministros, es la norma ordenadora del marco normativo legal para la gestión ambiental en el Perú. Esta ley establece los principios y normas básicas para asegurar el efectivo ejercicio del derecho a un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida, así como el cumplimiento del deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente, así como sus componentes, con el objetivo de mejorar la calidad de vida de la población y lograr el desarrollo sostenible del país; las empresas se obligan a realizar sus actividades dentro de límites permisibles y obedecen a un plan de cierre, que también incluye la restauración y remediación de los ecosistemas.

A fines del año 2005 se aprueba el reglamento de los pasivos ambientales de la actividad minera (DS. 059-2005-EM), el cual sostiene que todas las instalaciones, efluentes, emisiones, restos o depósitos de residuos producidos por operaciones

mineras, en la actualidad abandonadas o inactivas y que constituyen un riesgo latente y permanente siendo un potencial causante para la salud de la población, el ecosistema circundante y la propiedad, son pautas para que el titular de la actividad minera rehabilite las áreas que utilizó en cualquier tipo de la actividad minera. No obstante, los sitios abandonados permanecen como focos de contaminación provocando la disminución de la capacidad de los suelos y generando problemas de salud a las poblaciones de las áreas directamente impactadas.

Una parte importante para el manejo de los pasivos ambientales mineros es su evaluación, pudiendo estimar la obligación o deuda ambiental que contribuye a disminuir los PAM's. En este contexto, al realizar la presente investigación se propone los requerimientos, métodos y técnicas para la adecuada remediación de los pasivos ambientales mineros que, de acuerdo con sus características; como base de la remediación de los problemas de contaminación que se producen tras varios años de su exposición al medio natural de los PAM's. en Mesa de Plata, distrito y provincia de Hualgayoc.

EL MINAM (2017), estableció los estándares de Calidad Ambiental (ECA,) para agua y las disposiciones complementarias por Decreto Supremo N°004-2017-MINAM; así como las consideraciones de excepción para la aplicación de los ECAs, para agua en aquellos cuerpos naturales de agua que por sus condiciones naturales o por la influencia de fenómenos naturales, presenten parámetros en concentraciones superiores a la categoría de ECA, para agua asignada, sin embargo, se exceptúa la aplicación de estos para efectos del monitoreo de la calidad ambiental, en tanto se mantenga uno o más de los siguientes supuestos:

a) Características geológicas de los suelos y subsuelos que influyen en la calidad ambiental de determinados cuerpos naturales de aguas superficiales. Para estos

casos, se demuestra esta condición natural con estudios técnicos científicos que sustenten la influencia natural de una zona en particular sobre la calidad ambiental de los cuerpos de agua, aprobados por la Autoridad Nacional del Agua (ANA).

b) Ocurrencia de fenómenos naturales extremos, que determina condiciones por exceso (inundaciones) o por carencia (sequías) de sustancias o elementos que componen el cuerpo natural de agua, las cuales deben ser reportadas con el respectivo sustento técnico.

c) Desbalance de nutrientes debido a causas naturales, que a su vez generan eutrofización o el crecimiento excesivo de organismos acuáticos, en algunos casos potencialmente tóxicos (mareas rojas). Para tal efecto, se debe demostrar el origen natural del desbalance de nutrientes, mediante estudios técnicos científicos.

d) Otras condiciones debidamente comprobadas mediante estudios o informes técnicos científicos actualizados y aprobados por la autoridad competente.

En el medio natural los excesos de desmonte y la presencia de minas abandonadas generan las aguas ácidas y algunos metales, como cadmio, mercurio y metaloides como el antimonio o arsénico, los cuales, al entrar en solución con el agua, son altamente tóxicos para los seres vivos, aun en pequeñas cantidades. Además, la contaminación en el aire se manifiesta a través de polvos y gases contaminantes.

En el distrito de Hualgayoc, los pasivos ambientales son producto de una explotación minera tradicional que, en la época de la Colonia, posteriormente a inicios del siglo XX y acumulada a principios si los años de los cincuenta, época en la cual no existía una legislación minera de fiscalización que regule y tenga reglas claras para el trabajo extractivo minero; en consecuencia, no se propagaba de contaminación, ni mucho menos de desarrollo sostenible. Los empresarios mineros tenían un enfoque

netamente mercantilista pues, solo les interesaban sus ganancias y no consideraban en su distribución de costos, la remediación de sus pasivos ambientales mineros.

Desde los años antes señalados, hasta la actualidad, los PAM's. de Hualgayoc están expuestos a la erosión del viento, la lluvia por la precipitación y escorrentías por lo que constituye una de las principales fuentes de contaminación a los afluentes del río Hualgayoc; siendo necesario iniciar investigaciones que permitan evaluar los PAM's. acumulados (volumen, tipo de desmonte) y de flujo (agua) calidad de las aguas ácidas en la microcuenca Mesa de Plata, distrito y provincia de Hualgayoc.

Para la investigación se formulan las siguientes interrogantes:

¿Qué impactos generan los pasivos ambientales mineros acumulados (desmonte) y de flujo (aguas ácidas) en la microcuenca de Mesa de Plata, distrito y provincia de Hualgayoc en el departamento de Cajamarca?

¿Cuál es el volumen y el tipo de pasivos ambientales mineros acumulados?

¿Cuál es el flujo y calidad de las aguas ácidas por los pasivos ambientales mineros?

¿Cuál es la propuesta para minimizar la contaminación ocasionada por los pasivos ambientales mineros?

Como **hipótesis**, los impactos que generan a los pasivos ambientales mineros acumulados (desmonte) en la microcuenca Mesa de Plata, contaminan al ambiente generando aguas ácidas al oxidarse, erosionarse, meteorizarse y precipitarse; los mismos que discurren en contacto con el suelo y las rocas, originando peligros ambientales por la cantidad y calidad de los parámetros físicos, químicos de las aguas (pH, metales disueltos totales) que modifican las características geológicas, geomorfológicas e hidrológicas (red de drenaje).

La evaluación de los Pasivos Ambientales Mineros (PAM's) cobra en la actualidad la importancia relevante porque son contaminantes de primer orden para el medio ambiente. Los Programas de Adecuación y Manejo Ambiental (PAMAs); con lo cual las empresas mineras procuraron poner fin a estos conflictos, sin embargo, no se han obtenido resultados satisfactorios. No obstante, los sitios abandonados permanecen como focos de contaminación provocando la disminución de calidad y capacidad de los suelos -agua. Para la evaluación de PAM's, se debe preparar su ejecución de manera apropiada en base a parámetros operativos y técnicas establecidos por la normatividad, leyes, límites máximos permisibles (LMP's), estándares de calidad ambiental (ECA) para el agua; en este contexto y con el fin de garantizar la eficiencia y eficacia de los programas de gestión ambiental, remediación, que los pasivos deben ser adecuadas y sistemáticamente planificados en el manejo de los PAM's en función al grado de contaminación (valorización).

La investigación pretende aglomerar las variables de la contaminación ambiental con los depósitos de desmonte que generan las aguas ácidas y para la evaluación de los pasivos ambientales se han utilizado el método científico como fichas de matriz de importancia ambiental (IM), determinar el volumen de desmonte, la cantidad y calidad de los parámetros físicos -químicos de las aguas ácidas. Proponiendo minimizar la contaminación con un balance y modelización del flujo subterráneo (pluma contaminante), pues únicamente así, será posible la recuperación de la producción de cultivos, ecosistema y el mejoramiento de la calidad y gestión ambiental en la microcuenca.

Al no existir un inventario real e íntegro, es importante partir de una evaluación situacional ambiental para luego plantear alternativas de minimización o mitigación y así evitar que en el futuro se sigan contaminando al ambiente. En consecuencia, la

evaluación de los pasivos ambientales mineros (volumen, tipo de desmonte) y de flujo (agua) calidad de las aguas ácidas, constituyen la base de la remediación de los problemas de contaminación que se producen tras muchos años de su exposición al ambiente. Por consiguiente, la evaluación de los pasivos ambientales se tendrá como línea de base real para comparar con futuras investigaciones adyacentes a la zona.

Como formadora en conocimiento de base científica e investigación, la Escuela de Posgrado mediante el programa de Doctorado, mención Gestión Ambiental y Recursos Naturales, especifica que para obtener el grado académico de ciencias, los estudiantes tienen que elaborar y sustentar una tesis, por consiguiente, se argumenta la Evaluación de Pasivos Ambientales Mineros en Mesa de Plata Río Hualgayoc y como profesional en ciencias de la tierra, con el presente trabajo se contribuirá en el desarrollo sostenible de los recursos naturales renovables y no renovables.

La investigación se encuentra a 88Km. de la ciudad de Cajamarca, ubicada a una altitud de 3515msnm, del distrito y provincia de Hualgayoc, departamento y región de Cajamarca, determinado por la demarcación de la microcuenca Mesa de Plata con un área total de $\pm 3,145\text{Km}^2$; en las coordenadas del sistema UTM, datum Psad -56, zona 17 S.

Para la identificación y selección de las unidades en la evaluación de los PAM's, ubicado en el lugar denominado Mesa de Plata, las unidades de análisis a los pasivos ambientales acumulados (volumen, tipo de desmonte), pasivos ambientales de flujo (agua) calidad de las aguas ácidas, la geología (tipo de roca y estructura), geomorfología altitudinal (forma relieve del terreno), pendiente (inclinación), hidrología (drenaje), cronología (tiempo) y cobertura vegetal (suelo). Estas unidades de análisis

se acopian claramente con las variables independientes y dependiente, determinando los procedimientos para establecer como línea de base de los pasivos ambientales mineros durante los años 2013 al 2016 y parte de 2017 en la microcuenca.

Para la evaluación de los pasivos ambientales mineros en la microcuenca Mesa de Plata se tiene las limitaciones más significativas, como: la accesibilidad muy agreste en algunas zonas, los pobladores y propietarios no permiten el acceso para la toma de los datos en el campo (*in situ*), el clima adverso con precipitaciones, vientos repentinos y el cambio de temperatura violento por la altitud que sobrepasa los 3500msnm. La falta de equipos, presupuesto y laboratorio (acreditados y/o sofisticados, disponibles), para la toma y análisis de las muestras de agua y suelo periódicamente.

El **objetivo** general es, evaluar los pasivos ambientales mineros en la microcuenca de Mesa de Plata, río Hualgayoc. Y como objetivos específicos:

Determinar el volumen de desmonte y tipo de los pasivos ambientales mineros.

Determinar el flujo y calidad de las aguas ácidas de los pasivos ambientales mineros.

Proponer métodos para minimizar la contaminación ocasionada por los pasivos ambientales mineros.

Los **contenidos de los capítulos** corresponden a la estructura lógica del esquema básico de tesis, capítulo I referidos a la introducción de la investigación referidos al planteamiento del problema, formulación, justificación y los objetivos propuestos; en el capítulo II se ha desarrollado el marco teórico donde se enfatizan los antecedentes y los trabajos anteriores, así mismo la fundamentación o bases teóricas para la investigación. El capítulo III corresponde a materiales y métodos describiendo la

ubicación de la investigación, caracterización hidrológica, geomorfológica, geológica, para lo cual se basa desde los aspectos generales, delimitación del área, clima, vegetación, la correspondencia a las variables como elementos concluyentes para la investigación desde la unidad de análisis y muestra; así mismo, la metodología, para la recopilación de datos en función a las variables, obteniendo la contrastación de la hipótesis de acuerdo a los objetivos propuestos inicialmente. En el capítulo IV se presenta los resultados y discusión, procesándose los datos de campo y comparándolo con las teorías existentes al tema de estudio y proponer mejoras en la gestión y evaluación de los PAM's. El capítulo V corresponde a las conclusiones en lo cual se presentan resumidos a los objetivos logrados en la investigación y algunas sugerencias propuestas que surgen, con la presente investigación. Capítulo VI referencias bibliográficas con el uso del esquema de las normas Apa y finalmente el capítulo VII que corresponde a los apéndices y anexos.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la Investigación:

Arango (2011), señala que en Colombia no se han reglamentado los pasivos ambientales mineros (PAM's.), pero dada la antigüedad y la prevalencia de la informalidad en la explotación minera, el interés es definir, reglamentar y gestionar estas obligaciones. También indica el autor que una parte importante del manejo PAM's. es su valorización mediante la cual, se puede estimar la obligación o deuda ambiental que constituye un PAM. y plantea una metodología que permite estimar el valor de pasivos ambientales mineros.

Infante (2011), conceptúa a los pasivos ambientales mineros como aquellos residuos sólidos o líquidos, generalmente peligrosos para el ambiente y/o la salud humana que quedan como remanentes de una actividad minera determinada. Existen muchos de ellos en América Latina, de allí su interés por establecer la situación de los pasivos mineros en Chile, Perú y Bolivia, tres países cuyas economías son las más dependientes de la producción de minerales; no tanto desde sus cantidades y volúmenes sino desde la perspectiva de las políticas públicas de cada país, que son en definitiva la respuesta o ausencia de respuesta a este creciente problema. Concluye, que no bastan los ajustes estructurales para garantizar que los millones de toneladas de veneno químico que se esparcen mensualmente en nuestras montañas

no sean fuente de muerte y destrucción; intenta descifrar, en definitiva, que es lo que hace que la minería sea un buen negocio, para quien lo es, a qué costo, cuánto más aguanta la cuenta de pasivos ambientales, qué intereses están detrás de su cancelación qué hacen y pueden hacer las comunidades frente a este tema.

Dirección Regional de Salud (2010), Dirección Ejecutiva de Salud Ambiental, unidad de Ecología y Protección del Ambiente; Gobierno Regional de Cajamarca, indica que la cuenca del río Llaucano está clasificado por la DIGESA. como clase III, Agua para riego de vegetales de consumo crudo y bebida de animales, válido hasta el 31 de marzo del 2010: Los resultados han sido evaluados con el D.L. 17752 LGA: Clase III, según lo estipulado en la R.J. 291-09 -Autoridad Nacional del Agua (ANA). De acuerdo con los resultados obtenidos durante los años 2007, 2008 y 2009 llegan a determinar que, las aguas de la Quebrada la Eme, los ríos Tingo, Hualgayoc, Llaucano y Maygasbamba, superan los límites máximos permisibles en metales disueltos totales como Cu, Pb, Cd, As y en algunos Cianuro WAD; por lo que concluyen, que estas aguas son no aptas para ser utilizadas como bebida de animales o riego de vegetales.

Chávez (2009), concluye en la calidad y cantidad de las agua del río El Tingo – Hualgayoc, en el primer año de explotación por minera Gold Field La Cima, siendo este el principal abastecedor de aguas para riego de la cuenca Maygasbamba; el agua no presenta alteraciones en los parámetros físicos, los metales en Arsénico, Cadmio, Cobre, Hierro, Manganeso, Plomo, Conductividad eléctrica, Sólidos Totales Disueltos y Oxígeno Disuelto; han superado los límites máximos permisibles, mientras que para el Cianuro, Cromo, Zinc, Déficit Biológico de Oxígeno, no han superado los límites máximos permisibles, cuyas calidad de las aguas de los puntos monitoreados aguas

abajo, del río El Tingo, estas no son aptas para la agricultura ni para bebida de animales por el alto grado de contaminación por metales pesados.

El **Fondo Nacional del Ambiente (FONAM, 2005)** realizó el primer inventario, diagnóstico y priorización de los pasivos ambientales en la cuenca del río Llaucano – Hualgayoc. Este trabajo es una herramienta para las autoridades sectoriales y actuales titulares mineros de la provincia de Hualgayoc. Así mismo, bajo el nuevo marco legal impuesto por las leyes N.º 280901 y 282712 el consultor considera que el presente inventario será invaluable para que las autoridades competentes encuentren a los responsables o en su defecto, que los titulares mineros brinden los descargos correspondientes. Teniendo una base para futuras investigaciones ya que solamente se tiene un inventario muy general de la cuenca de los pasivos ambientales mineros.

Lo descrito deja en claro que los pasivos ambientales mineros (PAM's.) son de responsabilidad de las empresas mineras, que en el país no se cumplen la normatividad (efectiva) planteada para este sector aun cuando la minería es y será una actividad económica prioritaria para el Perú. Por lo tanto, es necesario construir consensos para la gestión ambiental sobre la procedencia de importancia en la evaluación, inventario, diagnóstico a fin de estimar el volumen, la calidad y la propuesta en la mejora de la mitigación y gestión ambiental de los PAM's; local, regional y global.

2.2 Bases Teóricas

2.2.1 Normatividad

Las especificidades que caracterizan la mega diversidad del continente, podemos ver que los instrumentos utilizados en la gestión ambiental de la región son los mismos de aplicación universal: evaluación de impacto ambiental, programas de minimización, mitigación, eliminación, seguimiento, contingencias y fiscalización de impactos ambientales; normas de calidad ambiental y de emisiones, programas de recuperación de áreas degradadas o planes de descontaminación, programas de minimización de residuos, planificación territorial, incluyendo áreas silvestres protegidas y parques nacionales; sistemas de gestión ambiental y auditorías ambientales. Instrumentos que, asentados en los mitos, potencian el accionar de las empresas en desmedro de las capacidades de acción de las comunidades (Infante, 2011).

MINEM (2005), cita a la Constitución Política del Perú, Título III, Capítulo II: Del Ambiente y los Recursos Naturales.

Ley General del Medio Ambiente: Ley N.º 28611; así como a la Ley N.º 28090 - Ley que Regula el Cierre de Minas y su Reglamento, Ley N.º 28721 - Ley que Regula los Pasivos Ambientales de la Actividad Minera y su reglamento, al Reglamento de Protección Ambiental para las Actividades Minero- Metalúrgicas, Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) y a la Ley General de Residuos Sólidos y señala que los estudios de impacto ambiental, son en definitiva los que regulan la construcción, operación y cierre de minas, han sido fuertemente criticados por las comunidades, no solo porque todos los detalles técnicos están sostenidos sobre consultorías tercerizadas por la minera, lo que obviamente vuelve serviles los resultados a los intereses del titular, sino que sobre todo porque aparecen como un

trámite necesario, más que como una boleta de garantía que puede paralizar la faena en cuanto ocurra alguna irregularidad que amenace los intereses de la nación o de las comunidades próximas a los yacimientos minerales.

2.2.2 Reglamento del Cierre de Minas

Es un instrumento de gestión ambiental conformado por acciones técnicas y legales, que deben ser efectuadas por el titular de actividad minera, a fin de rehabilitar las áreas utilizadas o perturbadas por la actividad minera, para que éstas alcancen características de ecosistema compatible con un ambiente saludable y adecuado para el desarrollo de la vida y la conservación del paisaje. La rehabilitación se llevará a cabo mediante la ejecución de medidas que sea necesario realizar antes, durante y después del cese de operaciones, para asegurar el cumplimiento de los objetivos de cierre (MINEM, 2005).

Infante (2011), menciona que el predominio de una visión tecnocrática y financista establece un marco muy restringido de desarrollo del debate y lamentablemente ésta parece ser la realidad de la discusión en el Parlamento (normativas). Ante este escenario es decisión colectiva si queremos como hasta ahora, que los pasivos ambientales en el continente sean la imagen de un desarrollo impuesto y mal valorado por la naturaleza y los pueblos que la habitan o si queremos más bien que sean la huella de una cultura que demoró en aprender lo importante que es proteger el hábitat al que se pertenece.

2.2.3 Evaluación de Pasivos Ambientales Mineros

Arango (2011), para entender la problemática de los PAM's. y el perjuicio ambiental (actual o potencial) de una mina abandonada deben analizarse varios aspectos como

el tiempo, el espacio y la responsabilidad. En la Figura 1, se muestra la importancia del tiempo, este es relevante porque los daños se causaron en el pasado y en ocasiones se han acumulado varios eventos, la estimación del espacio es importante porque los daños se pueden dispersar y hay que delimitar sitios, los inventarios de pasivos son de áreas. Por último, está el asunto de la responsabilidad, que, aunque legalmente es muy discutido.

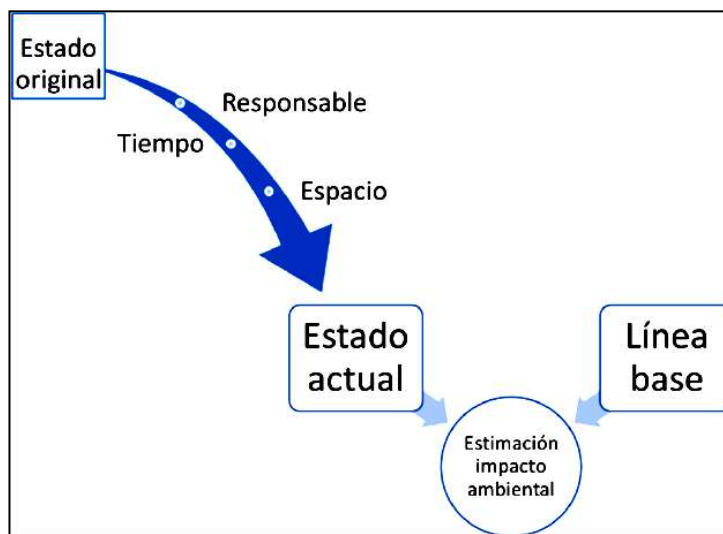


Figura 1. Factores que se debe tener en cuenta para la estimación del daño causado por PAM's. (Arango, 2011)

Si tuviéramos registros del estado del medio ambiente o línea base inicial, desde que inició la minería y registros intermedios, podríamos estimar este impacto directamente. La pregunta entonces es ¿Qué se puede hacer para definir una línea base? cuando el daño está diferido en el espacio: Para este caso se encuentra que hay contaminantes que viajan, ejemplo la contaminación por las fuentes hídricas, aguas debajo de los ríos, de dispersión de un contaminante por el viento o por la acción del hombre que traslada los contaminantes de un lugar a otro como, el caso de los residuos sólidos peligrosos (se generan en un lugar y se depositan en otro). Antes de realizar el muestreo, se recomienda hacer un plan para determinar el número de

muestras y los sitios donde se deben recolectar, para de esta manera obtener datos estadísticamente significativos.

Walsh (2005), para la evaluación de los pasivos ambientales, utiliza matriz de importancia de pasivos ambientales (IM), la misma que se apoya en los trabajos de campo realizados y en la interpretación cartográfica de los mapas temáticos generados en la línea base. Así mismo, para la aplicación de esta técnica con el concurso de especialistas multidisciplinario responsables de la caracterización temática de línea base, para lograr un juicio de expertos. Mediante esta metodología se determina el grado de importancia de éste, sobre el ambiente receptor para lo cual considera una serie de atributos de los pasivos ambientales, que se globaliza a través de una función que proporciona un índice único denominado Importancia del Pasivo Ambiental (IM).

$$\text{Importancia (IM)} = 3(I)+2(AI)+(PZ)+(PE)+(R)+(S)+(AC)+(RCE)+(RM)+(RE)$$

Donde este índice se basa en otorgar puntajes de acuerdo con la Tabla 1.

- (I)** : Intensidad
- (AI)** : Área de influencia
- (PZ)** : Plazo de manifestación
- (PE)** : Permanencia del efecto
- (R)** : Reversibilidad
- (S)** : Sinergia
- (AC)** : Acumulación
- (RCE)** : Relación causa – efecto
- (RM)** : Regularidad de manifestación
- (RE)** : Recuperabilidad

Tabla 1. Valoración de atributos de los pasivos ambientales

Intensidad (I)		Área de influencia (AI)	
Baja	2	Puntual	2
Media	4	Local	4
Alta	8	Regional	8
Muy alta	12	Extrarregional	12
Plazo de manifestación (PZ)		Permanencia del efecto (PE)	
Largo Plazo	1	Fugaz	1
Medio Plazo	2	Temporal	2
Inmediato	4	Permanente	4
Resistividad (R)		Sinergia (S)	
Corto Plazo	1	Sin Sinergismo	1
Medio Plazo	2	Sinérgico	2
Irreversible	4	Muy Sinérgico	4
Acumulación (AC)		Relación causa -efecto (RCE)	
Simple	1	Indirecto	1
Acumulativo	4	Directo	4
Regularidad de manifestación (R)		Recuperabilidad (RE)	
Irregular	1	Recuperable	2
Periódico	2	Mitigable	4
Continuo	4	Irrecuperable	8

Fuente: Arango (2011)

Los resultados permitieron agrupar los pasivos de acuerdo con el valor de su importancia favorable o adversa en los siguientes rangos:

Bajo ($IM < 25$), Moderado ($25 < IM < 50$), Alto ($50 < IM < 75$) y Muy Alto ($75 < IM$)

2.2.4 Generación de aguas ácidas

Oyarzún (2008), manifiesta que la producción y migración de drenaje ácido es el problema más grave que enfrenta el cierre de pasivos ambientales mineros. Ello, porque no solamente afecta al sitio de la explotación, sino que tiene la capacidad de llevar el daño hasta decenas o cientos de kilómetros de distancia, afectando al recurso más valioso; el agua. Aunque la acidez por sí misma afecta los ecosistemas y cultivos, así como los usos del agua, su efecto más grave radica en que facilita el transporte de metales pesados, sólidos en suspensión, contribuyendo a su dispersión desde los yacimientos de origen; al cesar la explotación minera el agua puede invadir las labores subterráneas, que se deterioran progresivamente, generando una situación difícil o imposible de manejar.

2.2.5 El pH.

EcuRed (2017), el potencial de Hidrógeno se define como el logaritmo, con signo negativo, de la concentración de H^+ . Si el agua es neutra será 7,0; si es ácida, menor que 7,0. La acidez del agua si es moderada, no es dañina. Por ejemplo, el agua gasificada (gaseosas en general) tiene un pH del orden de 3,5 (ver Figura 2). Sin embargo, el mismo pH en el agua de una mina podría ser muy peligroso, por la concentración de cobre, plomo, zinc y otros metales que se presentan disueltos en esas condiciones. El CO_2 está naturalmente presente en la atmósfera. Además, es liberado por la respiración de animales y plantas y por la descomposición de la materia orgánica en presencia de oxígeno. El principal mineral responsable de la generación de drenaje ácido de minas (yacimientos no explotados) es la pirita (FeS_2). Ello, debido a que su fórmula influye un átomo de azufre extra, que al oxidarse en presencia de agua da lugar a la formación de ácido sulfúrico. Pirita es un mineral muy frecuente y

abundante, no solamente en yacimientos metálicos sulfurados, sino también en los de carbón, donde se ha formado por reducción de sulfatos en el mismo ambiente.

Las principales fuentes de generación de drenaje ácido son:

- Labores subterráneas
- Acopios de estériles o minerales económicos (desmonte)
- Tajos abiertos
- Pilas de lixiviación
- Vertientes naturales
- Depósitos de relaves

Los depósitos de estériles (desmonte) ricos en pirita y la acumulación de minerales sulfurados, presentan especial facilidad para la generación de drenaje ácido por su elevada permeabilidad, así como por el incremento de superficie que implica el hecho de que la roca se encuentre ahora formando bloques de escala disimétrica por la facilidad de generación y liberación de drenaje ácido desde estos depósitos, tanto durante la operación de la explotación como después de su cierre. En términos de predicción, la generación de drenaje ácido debe considerar tres aspectos principales:

- a)** Predicción del potencial químico de generación de drenaje ácido.
- b)** Evaluación del potencial hidrogeológico para el acceso y conducción de las soluciones.
- c)** Predicción del contenido metálico del drenaje ácido y del efecto de su posterior neutralización.

Finalmente, respecto al contenido metálico del drenaje ácido, éste dependerá de la mineralogía de mena, así como de la química de los metales pesados que ésta contiene. Metales como cobre, plomo, zinc, cadmio, hierro, arsénico; son solubles en soluciones ácidas sulfatadas.

Efectos en el medio ambiente	Valores del PH	Ejemplos
Ácido	pH = 0	Ácido de baterías
	pH = 1	Ácido sulfúrico
	pH = 2	Jugo de limón, vinagre
	pH = 3	Jugo de naranja, bebida gaseosa
	pH = 4	Lluvia ácida (4.2-4.4)
Mueren todos los peces (4.2)	pH = 4	Lago ácido (4.5)
	pH = 5	Bananas (5.0-5.3)
Mueren los huevos de rana, renacuajos, cangrejos de río y efímeras (5.5)	pH = 5	Lluvia limpia (5.6)
	pH = 6	Lago saludable (6.5)
Neutro	pH = 6	Leche (6.5-6.8)
	pH = 7	Agua pura
Básico	pH = 8	Agua de mar, huevos
	pH = 9	Bicarbonato de soda
	pH = 10	Leche de magnesia
	pH = 11	Amoniaco
	pH = 12	Agua jabonosa
	pH = 13	Blanqueador
	pH = 14	Limpiador líquido para desagües

Figura 2. Ejemplos de los efectos del pH en medio ambiente, en función a su escala y valor (Ecu Red, 2017).

2.2.6 Límites Máximos Permisibles (LMP's)

Son medidas de la concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a un efluente o una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente por la respectiva autoridad competente (MINAM, 2010).

Estos LMP's. para efluentes líquidos descargados hacia el ambiente por las unidades mineras metalúrgicas nuevas o en operación están contemplados en el DS. 010-2010-MINAM y deben medirse en los puntos de descarga a fin de determinar la concentración de cada uno de los parámetros regulados y el volumen de descarga en metros cúbicos por día (Tabla 2). Finalmente, el volumen de los efluentes determinará

la frecuencia del monitoreo, así como la periodicidad del reporte a remitir a la autoridad correspondiente.

Tabla 2. Niveles máximos permisibles para efluentes minero -metalúrgicos

Parámetro	Unidad	Decreto Supremo 010-2010	
		MINAM	
		Cualquier Momento	Promedio Anual
pH	u. e.	6-9	6-9
STS	mg/l	50	25
Aceites y Grasas	mg/l	20	16
Cadmio	mg/l	0,05	0,04
Mercurio	mg/l	0,002	0,0016
Plomo	mg/l	0,2	0,16
Cobre	mg/l	0,5	0,4
Zinc	mg/l	1,5	1,2
Hierro (1)	mg/l	2,0	1,6
Cromo H.	mg/l	0,1	0,08
Arsénico	mg/l	0,1	0,08
Cianuro Total (2)	mg/l	1,0	0,8

Fuente: Aduviri (2005)

Nota:

(1) Concentraciones de metales disueltos.

(2) 1,0 mg/l de cianuro total es equivalente a 0,1 mg/l CN libre y 0,2mg/l CN wad.

2.2.7 Clasificación del agua por su uso.

La Misión de la Ley General de Aguas es de contar con una Norma Legal consensuada que permita asegurar la sostenibilidad y sustentabilidad de la gestión integrada de los recursos hídricos en cada una de las cuencas hidrográficas del Perú. Promoviendo la equidad y el desarrollo humano. Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos, Decreto Supremo N.º 001-2010-AG, 24 de marzo de 2010.

En el artículo 81º del Reglamento de los Títulos I, II, III, IV, V, VI del decreto Ley N.º 17752: Ley General de Aguas (Decreto Supremo N.º 007-83-SA), modificado por el Artículo 1 del Decreto Supremo N.º 007-83-SA, publicado el 17-03-83, la calidad de los cuerpos de agua en general ya sea terrestre o marítima del país se clasificará respecto a sus usos de la siguiente manera:

- I. Aguas de abastecimiento doméstico con simple desinfección.
- II. Aguas de abastecimientos domésticos con tratamiento equivalente a procesos combinados de mezcla y coagulación sedimentación, filtración y cloración, aprobados por el Ministerio de Salud.
- III. Aguas para riego de vegetales de consumo crudo y debida de animales.
- IV. Aguas de zonas recreativas de contacto primario (baños y similares).
- V. Aguas de zonas de pesca de mariscos bivalvos.
- VI. Aguas de zonas de preservación de fauna acuática y pesca recreativa o comercial (Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos ANA, 2010).

2.2.8 Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para el Agua

Ley, que define al Estándar de Calidad Ambiental (ECA) como la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de

las personas ni al ambiente; asimismo, el numeral 31.2 del artículo 31 de la Ley establece que el ECA. es obligatorio en el diseño de las normas legales y las políticas públicas, así como un referente obligatorio en el diseño y aplicación de todos los instrumentos de gestión ambiental (Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM).

ANA (2018), los ECA, para agua son de cumplimiento obligatorio en la determinación de los usos de los cuerpos de agua, atendiendo condiciones naturales o niveles de fondo y el diseño de normas legales, de conformidad con lo dispuesto en la ley N.º 28611. Ley General del Ambiente, es un instrumento útil para evaluar el estado de la calidad de los cuerpos naturales de agua en las cuencas hidrográficas del país.

2.2.8.1 Categorías de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua (ECA Agua)

Para la aplicación de los ECA. para agua se debe considerar las siguientes precisiones sobre sus categorías:

- **Categoría 1: Poblacional y Recreacional**

- a) Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable.**

Entiéndase como aquellas aguas que, previo tratamiento, son destinadas para el abastecimiento de agua para consumo humano:

- A1. Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección.**

Aguas que, por sus características de calidad, reúnen las condiciones para ser destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano con simple desinfección, de conformidad con la normativa vigente.

- A2. Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional.**

Aquellas aguas destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano, sometidas a un tratamiento convencional, mediante dos o más de los siguientes

procesos: Coagulación, floculación, decantación, sedimentación, y/o filtración o procesos equivalentes; incluyendo su desinfección, de conformidad con la normativa vigente.

A3. Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado.

Aguas destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano, sometidas a un tratamiento convencional que incluye procesos físicos y químicos avanzados como pre -cloración, micro filtración, ultra filtración, nanofiltración, carbón activado, ósmosis inversa o procesos equivalentes establecidos por el sector competente.

b) Subcategoría B: Aguas superficiales destinadas para recreación

Son aquellas aguas destinadas al uso recreativo que se ubican en zonas marino costeras o continentales. La amplitud de las zonas marino costeras es variable y comprende la franja del mar entre el límite de la tierra hasta los 500m. de la línea paralela de baja marea. La amplitud de las zonas continentales es definida por la autoridad competente:

B1. Contacto primario

Entiéndase como aquellas aguas destinadas al uso recreativo de contacto primario por la Autoridad de Salud, para el desarrollo de actividades como la natación, el esquí acuático, el buceo libre, el surf, el canotaje, la navegación en tabla a vela, la moto acuática, la pesca submarina o similares.

B2. Contacto secundario

Entiéndase como aquellas aguas destinadas al uso recreativo de contacto secundario por la Autoridad de Salud, para el desarrollo de deportes acuáticos con botes, lanchas o similares.

- **Categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales**

- a) **Subcategoría C1: Extracción y cultivo de moluscos, equinodermos y tunicados en aguas marino costeras**

Aguas cuyo uso está destinado a la extracción o cultivo de moluscos (Ej.: ostras, almejas, choros, navajas, machas, conchas de abanico, palabritas, mejillones, caracol, lapa, entre otros) equinodermos (Ej.: erizos y estrella de mar) y tunicados.

- b) **Subcategoría C2: Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas en aguas marino costeras**

Se refiere aquellas aguas destinadas a la extracción o cultivo de otras especies hidrobiológicas para el consumo humano directo e indirecto. Esta subcategoría comprende a los peces y las algas comestibles.

- c) **Subcategoría C3: Actividades marino portuarias, industriales o de saneamiento en aguas marino costeras**

Aguas aledañas a las infraestructuras marino portuarias, actividades industriales o servicios de saneamiento como los emisarios submarinos.

- d) **Subcategoría C4: Extracción y cultivo de especies hidrobiológicas en lagos o lagunas**

Se refiere aquellas aguas cuyo uso está destinado a la extracción o cultivo de especies hidrobiológicas para consumo humano.

- **Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales**

- a) **Subcategoría D1: Riego de vegetales**

Aquellas aguas utilizadas para el riego de los cultivos vegetales, las cuales, dependiendo de factores como el tipo de riego empleado en los cultivos, la clase de

consumo utilizado (crudo o cocido) y los posibles procesos industriales o de transformación a los que puedan ser sometidos los productos agrícolas:

Agua para riego no restringido

Entiéndase como aquellas aguas cuya calidad permite su utilización en el riego de cultivos alimenticios que se consumen crudos (Ej.: hortalizas, plantas frutales de tallo bajo o similares); cultivos de árboles o arbustos frutales con sistema de riego por aspersión, donde el fruto o partes comestibles entran en contacto directo con el agua de riego, aun cuando estos sean de tallo alto; parques públicos, campos deportivos, áreas verdes y plantas ornamentales; o cualquier otro tipo de cultivo.

Agua para riego restringido

Como aquellas aguas cuya calidad permite su utilización en el riego de cultivos alimenticios que se consumen cocidos (Ej.: habas); cultivos de tallo alto en los que el agua de riego no entra en contacto con el fruto (Ej.: árboles frutales); cultivos a ser procesados, envasados y/o industrializados (Ej.: trigo, arroz, avena y quinua); cultivos industriales no comestibles (Ej.: algodón) y; cultivos forestales, forrajes, pastos o similares (Ej.: maíz forrajero y alfalfa).

b) Subcategoría D2: Bebida de animales

Las aguas utilizadas para bebida de animales mayores como ganado vacuno equino o camélido y para animales menores como ganado porcino, ovino, caprino, cuyes, aves y conejos.

▪ Categoría 4: Conservación del ambiente acuático

Entiéndase como aquellos cuerpos naturales de agua superficiales que forman parte de ecosistemas frágiles, áreas naturales protegidas y/o zonas de amortiguamiento, cuyas características requieren ser protegidas.

a) Subcategoría E1: Lagunas y lagos

Aquellos cuerpos naturales de agua lénticos, que no presentan corriente continua, incluyendo humedales.

b) Subcategoría E2: Ríos

Cuerpos naturales de agua lóticos, que se mueven continuamente en una misma dirección:

Ríos de la costa y sierra

Aquellos ríos y sus afluentes, comprendidos en la vertiente hidrográfica del Pacífico y del Titicaca y en la parte alta de la vertiente oriental de la Cordillera de los Andes, por encima de los 600msnm.

Ríos de la selva

Es aquellos ríos y sus afluentes, comprendidos en la parte baja de la vertiente oriental de la Cordillera de los Andes, por debajo de los 600msnm, incluyendo las zonas meándricas.

c) Subcategoría E3: Ecosistemas costeros y marinos

Estuarios, Como aquellas zonas donde el agua de mar ingresa en valles o cauces de ríos hasta el límite superior del nivel de marea. Esta clasificación incluye marismas y manglares.

Marinos, Entiéndase como aquellas zonas del mar comprendidas desde la línea paralela de baja marea hasta el límite marítimo nacional.

Precítese que no se encuentran comprendidas dentro de las categorías señaladas, las aguas marinas con fines de potabilización, las aguas subterráneas, aguas de origen minero -medicinal, aguas geotermales, aguas atmosféricas y las aguas residuales tratadas para su reutilización.

2.2.8.2 Los Estándares de Calidad Ambiental para Agua como referente obligatorio

Los parámetros de ECA. para agua que se aplican como referente obligatorio en el diseño y aplicación de los instrumentos de gestión ambiental, se determinan considerando las siguientes variables, según corresponda:

- a)** Los parámetros asociados a los contaminantes que caracterizan al efluente del proyecto o la actividad productiva, extractiva o de servicios.
- b)** Las condiciones naturales que caracterizan el estado de la calidad ambiental de las aguas superficiales que no han sido alteradas por causas antrópicas.
- c)** Los niveles de fondo de los cuerpos naturales de agua; que proporcionan información acerca de las concentraciones de sustancias o agentes físicos, químicos o biológicos presentes en el agua y que puedan ser de origen natural o antrópico.
- d)** El efecto de otras descargas en la zona, tomando en consideración los impactos ambientales acumulativos y sinérgicos que se presenten aguas arriba y aguas abajo de la descarga del efluente y que influyan en el estado actual de la calidad ambiental de los cuerpos naturales de agua donde se realiza la actividad.
- e)** Otras características particulares de la actividad o el entorno que pueden influir en la calidad ambiental de los cuerpos naturales de agua.

La aplicación de los ECA. para agua como referente obligatorio está referida a los parámetros que se identificaron considerando las variables del numeral anterior, según corresponda, sin incluir necesariamente todos los parámetros establecidos para la categoría o subcategoría correspondiente.

Tabla 3. Parámetros permisibles ECA -agua para categoría 3: riego de vegetales y bebidas de animales

CATEGORÍAS		ECA AGUA: CATEGORÍA 3	
PARÁMETRO	UNIDAD	PARÁMETROS PARA RIEGO DE VEGETALES	PARÁMETROS PARA BEBIDAS DE ANIMALES
		D1: RIEGO DE CULTIVOS DE TALLO ALTO Y BAJO	D2: BEBIDA DE ANIMALES
FÍSICOS – QUÍMICOS			
Aceites y grasas	mg/L	5	10
Bicarbonatos	mg/L	518	**
Cianuro Wad	mg/L	0,1	0,1
Cloruros	mg/L	500	**
Color (b)	Color verdadero escala Pt/Co	100 (a)	100 (a)
Conductividad	(uS/cm)	2 500	5 000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	15	15
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	40	40
Detergentes (SAAM)	mg/L	0,2	0,5
Fenoles	mg/L	0,002	0,01
Fluoruros	mg/L	1	**
Nitratos (N03-N) + Nitritos (N02-N)	mg/L	100	100
Nitritos (N02-N)	mg/L	10	10
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	4	5
Potencial de Hidrógeno	Unidad de pH	6,5 - 8,5	6,5 - 8,4
Sulfatos	mg/L	1000	1000
Temperatura	°C	Δ3	Δ3
INORGÁNICOS			
Aluminio	mg/L	5	5
Arsénico	mg/L	0,1	0,2
Bario	mg/L	0,7	**
Berilio	mg/L	0,1	0,1
Boro	mg/L	1	5
Cadmio	mg/L	0,01	0,05
Cobre	mg/L	0,2	0,5
Cobalto	mg/L	0,05	1
Cromo Total		0,1	1
Hierro	mg/L	5	**
Litio	mg/L	2,5	2,5
Magnesio	mg/L	**	250

Va...

Viene...

CATEGORÍAS		ECA AGUA: CATEGORÍA 3	
PARÁMETRO	UNIDAD	PARÁMETROS PARA RIEGO DE VEGETALES	PARÁMETROS PARA BEBIDAS DE ANIMALES
		D1: RIEGO DE CULTIVOS DE TALLO ALTO Y BAJO	D2: BEBIDA DE ANIMALES
Manganeso	mg/L	0.2	0,2
Mercurio	mg/L	0,001	0,01
Níquel	mg/L	0.2	1
Plomo	mg/L	0,05	0,05
Selenio	mg/L	0,02	0,05
Zinc	mg/L	2	24
PLAGUICIDAS			
Parathión	ug/L	35	35
Organoclorados			
AJdrín	ug/L	0,004	0,7
Clordano	ug/L	0,006	7
DDT	ug/L	0,001	30
Dieldrín	ug/L	0,5	0,5
Endosulfán	ug/L	0,01	0,01
Endrin	ug/L	0,004	0,2
Heptacloro y heptacloro epóxido	ug/L	0,1	0,03
Lindano	ug/L	4	4
CARBAMATO:			
Aldicarb	ug/L	1	11
POLICLORUROS BIFENILOS TOTALES			
Policloruros Bifenilos Totales (PCB's)	ug/L	0,04	0,045
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS			
Coliformes Totales (35-37°C)	NMP/100mL	1000	5000
Coliformes Termotolerantes (44.5°C)	NMP/100mL	1000	1000
Enterococos intestinales	NMP/100mL	20	20
Escherichia coli	NMP/100mL	100	100
Huevos y larvas de helmintos	Huevos/L	<1	<1

Fuente. MINAM (2017)

(a) para aguas claras. Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural)
 (b) Después de Filtración Simple.

** . No presenta valor en ese parámetro para la sub categoría.

- Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales salvo que se indique lo contrario.

- Δ3: variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

2.2.9 Riesgo de Pasivos Ambientales Mineros (RPAM)

Se definen como la combinación de la probabilidad de ocurrencia de un evento y la magnitud de su consecuencia y con cierto riesgo de menor magnitud es un evento con una probabilidad baja de ocurrencia y consecuencia despreciable, mientras el riesgo de mayor magnitud tiene una alta probabilidad de ocurrencia y una secuela catastrófica. Como se muestra en la contextualización de la Figura 3; se habla de RPAM, cuando hay una pérdida o un riesgo de pérdida o disminución del patrimonio físico, humano y/o medio ambiente (Oblasser y Chaparro, 2008).

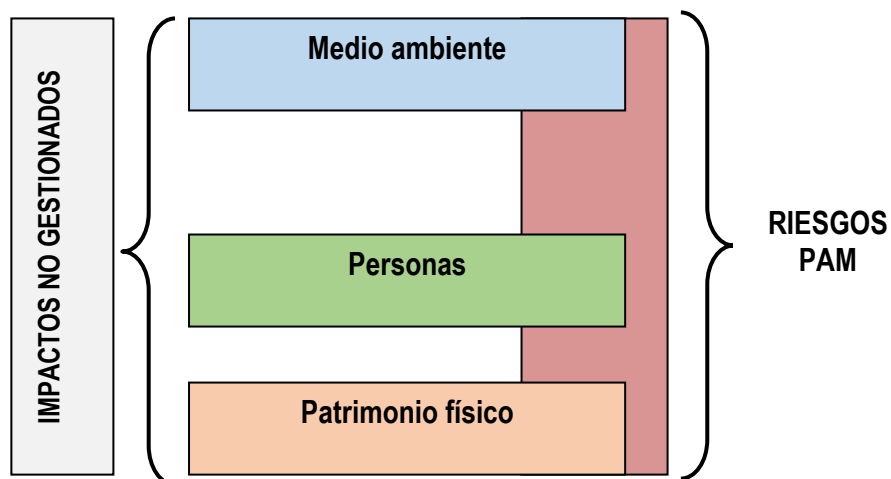


Figura 3. Contextualización para Pasivos Ambientales Mineros (Arango, 2011)

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA

La zona se ubica al norte y centro del departamento y Región de Cajamarca. La provincia de Hualgayoc, según estimados del INEI. en el año 2004, tuvo 85086 habitantes, distribuidos en los distritos de Chugur, Hualgayoc y Bambamarca. El 78% se encuentran en el medio rural. En el distrito de Hualgayoc, según el censo de 1993 albergaba al 25% de la población de la provincia y se podría estimar que debe llegar aproximadamente a los 21,441 habitantes. Su capital, la ciudad de Bambamarca. El distrito y provincia de Hualgayoc se ubica a 88Km. desde la ciudad de Cajamarca como se muestra en las Figuras 4, 5 y 6. La microcuenca Mesa de Plata se encuentra a una altitud de 3515msnm; entre las coordenadas Latitud 9252565, Longitud 764356 y Cota 3599msnm. (ex-Boca mina). Plaza de armas Hualgayoc Latitud 9252028, Longitud 764748 y Cota 3506msnm. Limitados mediante las Tablas 5, 11 y 12 (ver Plano 02 Hidrológico, puntos de monitoreo y delimitación de la microcuenca).

3.2 LOCALIZACIÓN

Espacialmente Mesa de Plata se encuentra en la microcuenca del mismo nombre al NNW. del distrito de Hualgayoc, identificando mediante la Figura 4.



Figura 4. Mesa de Plata; objeto de estudio en PAM, distrito de Hualgayoc.

3.3 ACCESIBILIDAD

El acceso a Mesa de Plata desde la ciudad de Cajamarca es mediante dos vías, siendo la principal por carretera asfaltada hasta la quebrada de Coymolache, con tramos afirmados no muy bien conservados hasta Mesa de Plata, se puede utilizar movilidad de transporte público como particular en un tiempo de 2,5 -3h. plasmados en las Figuras 5 y 6.

Como segunda vía de acceso (secundario) es desde la ciudad de Chiclayo por carretera asfaltada, pasando por la provincia de Chota, Bambamarca y luego a Mesa de Plata con 6 -8h. de viaje, los mismos se detallan en la Tabla 4 y Figura 5.

Tabla 4. Vías de acceso en kilómetros, tiempo y tipo de carretera.

Carretera de acceso	Km.	Tiempo en horas	Tipo de carretera
Cajamarca – Hualgayoc	88	2,5 -3	Asfaltado Por tramos afirmado
Chiclayo- Bambamarca- Hualgayoc	110	6 -8	Asfaltado
Hualgayoc- Mesa de Plata	1,5	0,25	Trocha carrozable

Las coordenadas en el sistema UTM. Datum Psad-56, zona 17S. Los cuales delimitan el área de estudio por la identificación de cuatro vértices, tal como se detalla en la Tabla 5 y limitado por la microcuenca Mesa de Plata (ver Plano 02 Hidrológico).

Tabla 5. Vértices en coordenadas UTM. de la zona de investigación

Vértices	Latitud	Longitud
A	9 252908	764481
B	9 252200	765050
C	9 251700	764500
D	9 252500	763916



Figura 5. Ubicación Política de la zona de investigación (Google, 2018)

Tabla 6. Ubicación geográfica de los distritos de la provincia de Hualgayoc

Distrito	Coordenadas		Altitud msnm.	Región	Población		Densidad Poblacional (Hab. Km ²)
	Latitud	Longitud			2007 Hab.	N.º	
Bambamarca	06°40'46.3" S	78°31'09.0" W	2545	Sierra	69411	153,78	
Hualgayoc	06°45'51.2" S	78°36'26.4" W	3509	Sierra	16849	74,50	
Chugur	06°40'14.3" S	78°44'18.6" W	2790	Sierra	3553	35,67	

Fuente: Benites (2010)

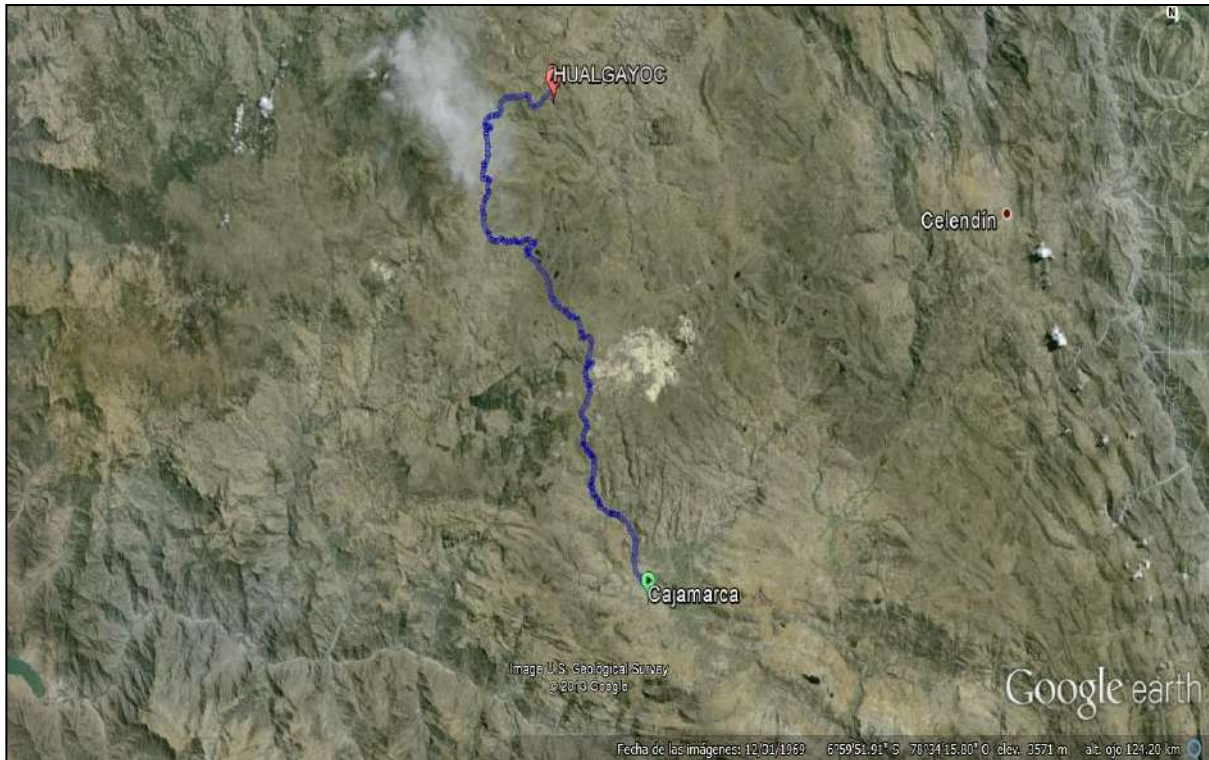


Figura 6. Accesibilidad al distrito de Hualgayoc desde la Ciudad de Cajamarca (Google Eart, 2013)

3.4 Clima y Temperatura

El clima es templado, seco y frío en el día. El régimen de este elemento sigue el típico patrón anual de variación que corresponde a su latitud geográfica tropical es decir las, temperaturas son altas en los meses de verano, bajas en los meses de otoño e invierno y de medianas a altas en los meses de primavera. En el piso de altitud comprendido entre los 2500 -3500msnm, se cuenta con registros de la estación de Hualgayoc, con un promedio anual de temperatura que puede oscilar entre 7° -14°C en sus niveles superior e inferior. Las variaciones del promedio mensual a través del año son mínimas 1,9°C y en general muy similares, coincidiendo casi en su totalidad con la media anual de 10,5°C, es decir, que no se presentan épocas bien definidas de mayor o menor temperatura. En cuanto a los valores mensuales extremos, está alrededor de 18°C con tendencia a ser mayor durante el invierno (días despejados) y menor durante el verano, como se puede verificar en la Figura 7 (Benites, 2010).

3.4.1 Precipitación Pluvial

El régimen anual de las estaciones muestra variaciones notables, así en los sectores de menor volumen en precipitación, el período de lluvias es más corto y el de sequía más amplia, mientras que, en los sectores de mayor volumen de precipitación, el período de lluvias es más amplio y uniforme; identificadas en la Tabla 7.

En el piso de altitud comprendido entre las cotas 3000 -3500msnm. se registra un promedio de precipitación que oscila entre 1000 -1400mm/anales; en algunos sectores se registran volúmenes menores debido a su ubicación orográfica local, tal es el caso de Zamangay 3200msnm. que tienen precipitación de 1003mm/anales; mientras que en otros sectores se registran volúmenes altos, como Hualgayoc 3500msnm. con 1449mm/anales. En general se observa que el régimen pluviométrico de estas estaciones es uniforme a través del año (Benites, 2010).

Tabla 7. Balance hídrico de suelos zonales con vegetación madura para Hualgayoc

Periodo de registro	Precipitación 64/74			Temperatura 64/74			LAT. 6°46" S							
Zona de vida: Bosque muy húmedo Montano tropical				P.ET. /R 0,3			LONG. 78°36" W			ALT. 3600msnm.				
Promedio de largo término en °C o mm.	Meses del año													Año
	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	set	oct	nov	dic		
1. Temperatura	7,2	7,8	7,6	7,6	7,7	7,2	6,8	6,9	7	7,7	8,1	7,1	7,4	
2. Biotemperatura	7,2	7,8	7,6	7,6	7,7	7,2	6,8	6,9	7	7,7	8,1	7,1	7,4	
3. Evapotranspiración potencial	36	36	38	37	39	35	34	35	34	39	39	36	438	
4. Evapotranspiración límite en clima seco	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	
5. Precipitación	141	170	209	154	60	55	36	46	99	194	146	140	1450	
6. Evapotranspiración real	36	36	38	37	39	35	34	35	34	39	39	36	438	
7. Exceso de precipitación	105	134	171	117	21	20	2	11	65	155	107	104		
8. Recarga de humedad del suelo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
9. Agotamiento de humedad del suelo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
10. Humedad almacenada en el suelo: fin de mes (PF 44mm.)	145	145	145	145	145	145	146	145	145	145	145	145		
11. Escorrentía total	105	134	171	117	21	20	2	11	65	155	107	104	1012	
12. Deficiencia de humedad en el suelo: fin de mes	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
13. Deficiencia de precipitación	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	
14. O condición de humedad	Muy húmedo						Húmedo			Muy húmedo				

Fuente: Benites (2010)

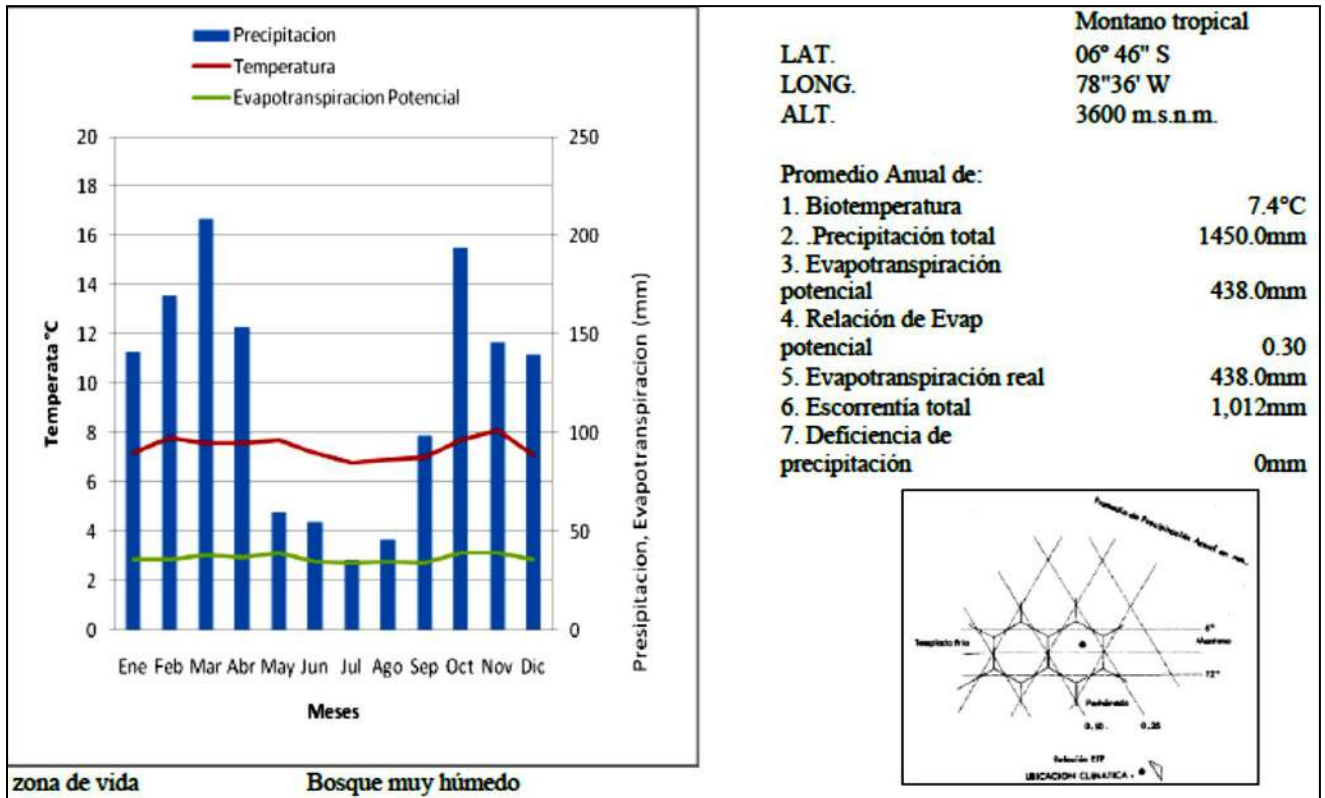


Figura 7. Estación Hualgayoc, relación de biotemperatura, precipitación y evapotranspiración potencial (Benites, 2010)

3.5 VEGETACIÓN

Está constituida por la presencia de pastos naturales, donde es común hallar especies como el ichu (*Stipa ichu*), entre especies arbóreas como sauco (*Sambucus peruviana H.B.K*); los cuales son frecuentes de encontrar en el área de investigación, debido que en algunas zonas han sido reforestadas, los mismos, se encuentran a veces como linderos de chacras o tierras y una de sus finalidades es también evitar la erosión- meteorización de los suelos.

La vegetación se encuentra con mayor abundancia y escasa en función a su altitud, microclima y litología. Dentro de las plantas que se cultivan para consumo humano y comercialización destacan principalmente las arvejas, papa, ollucos y entre otros alimentos de pan llevar (ver Figuras 41- 44).

3.6 METODOLOGÍA

3.6.1 Procedimientos:

3.6.1.1 Fuente de datos.

Los pasivos ambientales mineros ubicados en la microcuenca Mesa de Plata, distrito de Hualgayoc fueron evaluados mediante salidas a campo. En la primera y segunda visita a campo, se realizó el reconocimiento total del área aproximada en 740,000m²; luego se recolectaron datos tomándose en cuenta los accesos factibles y accidentes topográficos más idóneos, mediante la trocha carrozable y caminos de herradura como los principales accesos a la zona de investigación (ver Figuras 67, 68).

Utilizando el plano topográfico a escala 1: 5000 con el GPS navegador, se determinaron las coordenadas de latitud y longitud en cada punto de interés, los cuales se han plasmados directamente en el plano topográfico, así mismo las descripciones, observaciones y anotaciones en la libreta de campo, se utilizó también la brújula para determinar la dirección de los valles, desmonte, estructuras geológicas, rumbos y buzamientos de las rocas estratificadas. El uso de la lupa y picota para extracción y descripción macroscópica de las características Petro mineralógicas de los depósitos de desmontes y las rocas aflorantes adyacentes en la microcuenca.

3.6.1.2 Técnica de recolección de datos.

Para el cartografiado de los desmontes, la red de drenaje de los afluentes a la microcuenca Mesa de Plata, como efluente al río Hualgayoc (cañón), se usó el mapa geológico a escala 1: 5000, así como la evaluación de las características de los PAM's se realizó mediante formatos o fichas y para el monitoreo de las aguas ácidas en siete puntos transitorios estratégicamente ubicados.

En esta etapa se efectuó el contorno de los contactos en desmontes (litología) y estructuras geológicas, además el cálculo del volumen (m³) se determinó mediante las secciones y perfiles topográficos -geológicos transversales (5) y longitudinal (1)

espaciados cada uno a 150m, con el cual se ha elaborado el mapa isométrico de los sedimentos cuaternarios (PAM's) de la microcuenca, el procedimiento del cálculo del volumen correspondiente se detallan en los resultados (ver Plano Isométrico 05).

En la investigación se realizaron las siguientes actividades:

- a)** Ubicación con la determinación de las coordenadas geográficas en el sistema UTM. con GPS. Navegador tipo Garmín incluyendo un mapa topográfico superpuesto con imagen satelital y documentación visual de la microcuenca del medio ambiente;
- b)** Zonificación y delimitación del área de desmonte en la zona (superficie, altura y volumen en m³); mediante las secciones geológicas transversales y longitudinal.
- c)** Determinación del tipo de desmonte, por sus características petrográficas, textura, porcentaje de minerales de los clastos, entre otros;
- d)** Ubicación, identificación y determinación del sistema de drenaje, sobre zonas de cuerpos hidrológicos superficiales, en siete puntos de muestreo transitorios para el análisis de metales disueltos totales, pH y caudal respectivamente (ver Plano 02);
- e)** Descripción y caracterización basados en los análisis fisicoquímicos del cuerpo de aguas superficiales (flujo), mediante los monitoreos en los puntos transitorios.

3.6.1.3 Procesamiento y análisis de datos.

Concluida la fase de campo en la recopilación de información, todos los datos han sido procesados para la elaboración de la tesis. Para tal efecto se utilizó los softwares ArgGis-10, Auto CAD, Microsoft Word y hojas de cálculo Excel. Al mismo tiempo, se han corregido datos mal tomados de campo, georreferenciación mediante coordenados a los accesos de drenajes y el monitoreo trimestral de agua en los puntos transitorios de campo los cuales han sido analizadas en el Laboratorio.

Las evidenciadas principalmente en los metales disueltos totales (Fe, Cu, As, Pb, Zn, Cd y pH). y los resultados de los análisis fisicoquímicos, con los cuales se han

elaborado las tablas estadísticas y sus resultados han sido comparados con el tipo, clase, cantidad y calidad a los LMP´s. y ECA -agua de acuerdo con la normatividad vigente y estándares para los siete puntos de monitoreo desde MP-1 hasta MP-7 (ver Tablas 13 al 27).

Fase de Gabinete: Se realizaron cinco perfiles geológicos transversales y una longitudinal, los cuales comprenden la microcuenca, en donde se han objetivado el volumen de desmonte de los PAM`s. También se elaboraron cuadros estadísticos con los resultados de laboratorio; mapas temáticos geológico, geomorfológico -altitudinal, hidrológico con el monitoreo de puntos, columna estratigráfica y plano isométrico con el cálculo del volumen de PAM`s, los cuales sirvieron para la propuesta de métodos adecuados en la gestión ambiental y minimizar el impacto ambiental en la microcuenca Mesa de Plata (ver Figuras 43 al 48).

3.7 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS FINALES.

Para esta etapa se efectuó la compilación de los avances parciales (40 -80%), procesamiento, evaluación, análisis, interpretación, revisión y contrastación de la hipótesis propuesta para el logro de los objetivos inicialmente planteados. La evaluación de los pasivos ambientales mineros en la microcuenca; mediante la caracterización de los pasivos acumulados (desmonte), pasivos ambientales de flujo (drenaje ácido) que se presentan en las tablas, cuadros, fichas, mapas temáticos y gráficos estadísticos para comparar sus valores en relación a los límites máximos permisibles y estándares de calidad ambiental para agua en los diferentes períodos de tiempo (ver Figuras 50 al 55, Tablas 13 al 27).

Los datos de campo obtenidos para la evaluación de los pasivos ambientales mineros fueron:

- Datos recolectados mediante el uso de GPS. Navegador, brújula y libreta de campo, en los cuales se han plasmado y anotado en tablas y fichas respectivamente.
- La elaboración del mapa geológico y secciones transversales y longitudinal (6) a escala 1:5000. Tipo de litología (roca) también donde se emplazaron superficialmente los depósitos de desmonte redepositados (antropógeno).
- Mapa de pendientes en el cual se observa el tipo de sistema de drenaje en función a la pendiente del terreno y donde se pueden diferenciar el origen de mayor erosión.
- Mapa geomorfológico altitudinal; en el cual se pueden diferenciar las elevaciones en función a las cotas absolutas y pudiendo zonificar el ciclo geomorfológico que modifica y/o cambia el relieve topográfico mediante la erosión actual (ver Plano Geomorfológico altitudinal 04).
- Las secciones geológicas; cinco secciones transversales y una longitudinal los cuales representan la continuidad hacia el subsuelo de las estructuras tales como vetas, diques, sill, fallas, stocks intrusivos y el sentido de la inclinación (buzamiento) de los estratos de calizas que corresponden a las Formaciones Pariatambo y Yumagual, así mismo, en discordancia angular sobre yacen los sedimentos recientes del Cuaternario a los afloramientos carbonatadas del Cretácico superior (ver Secciones geológicas A -A' al F -F').
- Ficha de registro para la evaluación de pasivos ambientales mineros, representa la evaluación en la ubicación, categoría, matriz de importancia del pasivo ambiental (IM) y la descripción de medidas, con los cuales se han determinado el índice de importancia ambiental de moderado a alto (Figuras 11 al 15).
- El Monitoreo de las aguas para determinar el contenido de los metales en suspensión y comparar los LMP's y los ECA para agua, en los siete puntos de

monitoreo temporal, la compilación de datos de monitoreo desde los años 2007 hasta 2017 con los cuales se han comparado y contrastado.

- La determinación del tipo de PAM's. por los estudios realizados por DIGESA, MEM, DREM y otros corresponde al tipo III; con lo cual permite elaborar una base de datos para su evaluación y manejo junto con los mapas temáticos geológico -estructural, hidrológico, de pendientes y geomorfológico altitudinal, la columna estratigráfica, cálculo del volumen isométrico. Los mismos, han sido contrastados y confirmados mediante procedimientos sistemáticos lógicos y diagramas estadísticos siguiendo protocolos estándares.
- Se ha identificado un área total de $\pm 740,000\text{m}^2$ y $\pm 1\ 038,344\text{m}^3$ de volumen en riesgo de pasivos ambientales mineros acumulados (sólidos) que ocupan en su conjunto $\pm 25\%$ del área total (ver Planos 01 -05).

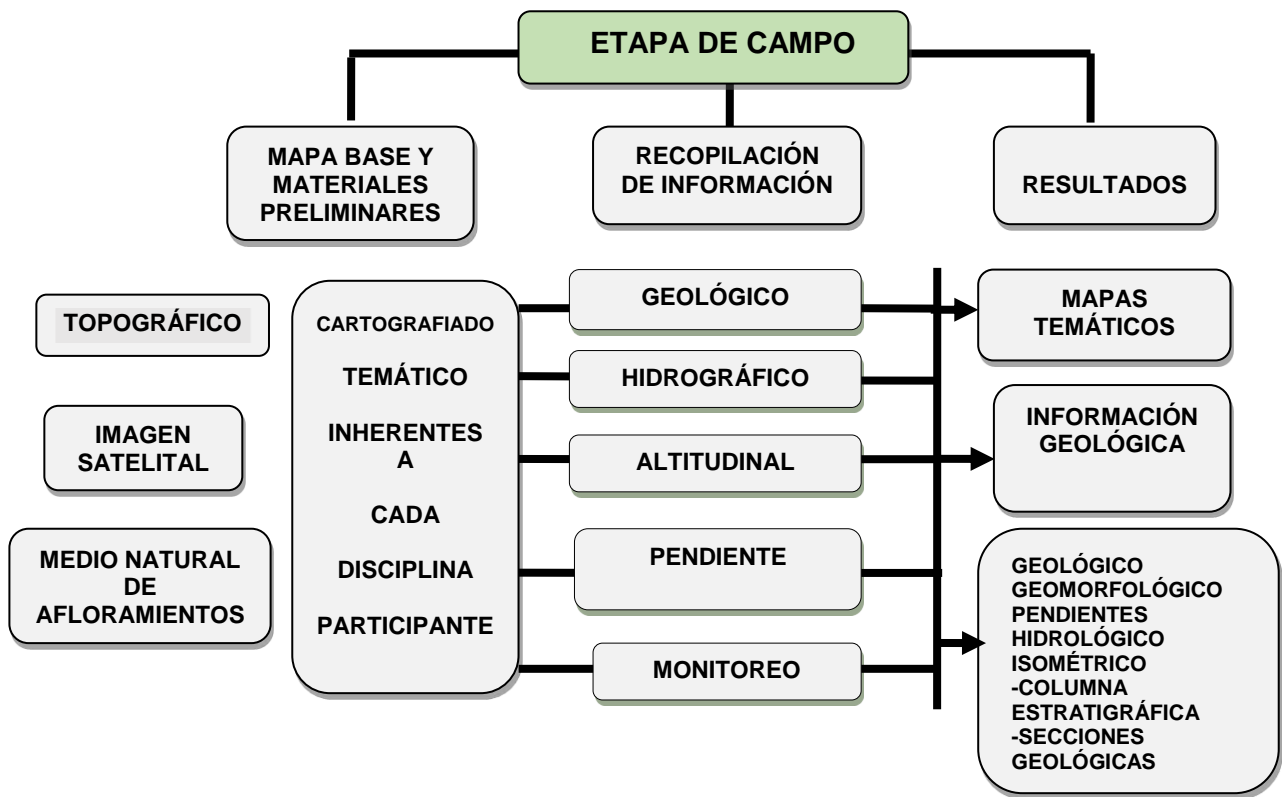


Figura 8. Síntesis de organizador gráfico de metodología utilizado en la investigación

3.8 CONTEXTO GEOLÓGICO LOCAL.

La complejidad de formación de los yacimientos minerales metálicos y no metálicos en el distrito minero de Hualgayoc tales como pórfidos, mantos, cuerpos, vetas, skarns entre otros. A la fecha es considerado por su principio y génesis una zona muy compleja en su estructura y geología. Como afloramientos se tienen a las rocas intrusivas a sub volcánicas de composición dacítica que emerge en el cerro Jesús y las unidades carbonatadas de calizas en la Formación Yumagual que aflora en el cerro María. Los mapas de pendiente y geomorfológico altitudinal se efectuaron en base al mapa topográfico donde se pueden diferenciar partes altas con pendientes fuertes, las zonas más bajas de pendientes casi llanas como el río Hualgayoc, los cuales se han plasmado en los mapas temáticos que determinan las características geológicas, estratigráficas, geomorfológico, hidrológico y estructurales en la microcuenca Mesa de Plata (Ver Figura 44 y Planos 01 al 06).

3.8.1 ROCAS INTRUSIVAS

Las rocas intrusivas en el Distrito Minero de Hualgayoc se emplazan en forma de stock, Sill y diques de rocas volcánicas, estas se encuentran sobreyaciendo extensas áreas constituido por tobas y flujos piroclásticos (lava) y emplazamiento en forma de domos. Los intrusivos presentan en su mayoría texturas porfiríticas, diferenciándose granodioritas, dioritas y dacitas, mientras que las rocas volcánicas presentan una textura afanítica con cristales desarrollados de biotitas y hornblendas. Donde pueden distinguirse las riolitas y andesitas. Las dataciones realizadas en las rocas intrusivas y volcánicas muestran diferentes pulsos de intrusión y vulcanismos, ligados a eventos tectónicos de la orogenia andina. Las ocurrencias de intrusiones y vulcanismo en el distrito de Hualgayoc están relacionadas con la actividad volcánica de la región. El stock intrusivo es el Cerro Jesús, cuya composición es pórfido dacítico, con cristales

de cuarzo y feldespatos alterados a argílica supérgena generalizada y la alteración sílica es débil, sobre todo cerca de las vetas, macroscópicamente consiste en venas y venillas de cuarzo bipiramidal con diseminación de pirita con una masa muy silíceo de color gris claro de textura porfirítica con aproximadamente 35% de fenocristales y 65% de masa o matriz afanítica. También presentan feldespatos (plagioclasas y ortosas) (66%), cuarzo (30%) y biotitas sericitizadas (4%), pero sobre todo domina abundante diseminación de pirita (4%) en granos anhedrales y subhedrales de 0,1-1mm, Figura 9 (Tidy, 2005). El domo de composición riolítica del Cerro Hualgayoc se emplaza cortando al stock intrusivo del Cerro Jesús, el cual muestra alteración argílica y oxidación por la intemperie. Las dataciones realizadas para el stock de Cerro Jesús muestran edades variables, relacionados probablemente a diferentes pulsos de intrusiones y el análisis K/Ar (roca total) en una muestra con alteración argílica estimada la edad de intrusión $14.30 \pm 0.70\text{Ma}$. (Borredon, 1982), por otro lado el ensayo K/Ar (muscovita) en una muestra con alteración argílica indican una edad de $10.29 \pm 0.20\text{Ma}$. (Mac Farlane et al, 1994) sugiriendo que la muestra tomada estuvo influenciada por un evento hidrotermal posterior que recristalizó la muscovita. Las dataciones realizadas para el domo de Cerro Hualgayoc indican un período de emplazamiento entre 9.50 -7.20Ma.



Figura 9. Roca intrusiva dacítica con alteración argílica con cuarzo, feldespatos, diseminación de pirita; ubicado al NW. del C° Jesús.

3.8.2 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL LOCAL

El Distrito Minero de Hualgayoc es parte del corredor estructural Chicama – Yanacocha, cuyo rasgo predominante son las fallas de rumbo trasandino NE con un movimiento predominante siniestral, formadas durante la convergencia oblicua NNE de las placas, relacionada a la tectónica Inca (Davis, 2002); se ubica en el extremo noreste de la deflexión de Cajamarca en el que observa como rasgo característico estructuras de orientación NNW a E-W que fueron activadas contemporáneamente a las estructuras trasandinas. Los sistemas de fracturamiento que hospedan a las vetas que se hallan en las laderas del Cerro Jesús y María en orden de importancia son:

1. Sistema N60°-70°E con buzamientos entre 75°-85°NE (vetas Presidente Leguía y San Eduardo), con buzamientos de 75°-85°SE (veta Ulrica).
2. Sistema N60°-80°W y buzamientos entre 60°-75°SW (vetas Chabuca, Santo Cristo, Mecheros, las Vendas y Colorada entre otros (ver Plano geológico 01 y Figuras 43, 44, 53, 62 y 63).

Los perfiles geológicos elaborados a partir del mapa topográfico e imagen satelital equidistantes se utilizaron para observar el comportamiento litológico de rocas sedimentarias carbonatadas e intrusivos, estructuras geológicas, vetas, los cuales tienen una continuidad en el subsuelo. Para determinar el volumen de los sedimentos redepositados como pasivos ambientales acumulados (sólidos) se usaron las secciones transversales y longitudina, los mismos tienen una similitud variando la ubicación, cota y estructuras como se observan en los mapas temáticos elaborados: la geología, estructuras, vetas, red hidrográfica de la microcuenca (ver Apéndice de Secciones geológicas A-A', B-B', C-C', D-D', E-E' y F-F').

La elaboración del plano Isométrico a escala 1:6000, donde se pueden apreciar en el block la distribución espacial de las rocas intrusivas en el cerro Jesús, las unidades carbonatadas de calizas en el cerro María y los sedimentos recientes del Cuaternario coluvio -aluvial que se depositó como desmonte (suelo -acumulado) y sobre yacen a los afloramientos del Cretácico superior, determinándose el volumen en $\pm 1\ 038,344\text{m}^3$ de los sedimentos redepositados como pasivos ambientales mineros acumulados (sólidos); utilizando las secciones geológicas (A-A`, B-B`, C-C`, D-D`, E-E` y F-F`) elaborados sobre mapa topográfico y geológico: cinco secciones transversales (A-E) y una sección longitudinal (F-F`), donde se muestra la forma, contactos entre las rocas intrusivas, calizas, fallas y vetas desde la parte NW al SE, teniendo una similitud entre las secciones; solo la longitudinal varia en la ubicación de sill o manto en la parte NW y por la cobertura con sedimentos no consolidados de coluvio- aluvial como pasivos ambientales con mayor espesor en las partes bajas ($\pm 5\text{m.}$) en la microcuenca Mesa de Plata (ver Plano 05 Isométrico y Secciones Geológicas).

3.8.3 HIDROLÓGICO Y PENDIENTES.

Para la correspondencia del mapa hidrológico y la pendiente se ha elaborado como mapa temático a escala 1:5000; el cual se modifica de acuerdo a la topografía, altitud y pendiente para la microcuenca. Con los mapas se exponen la diferencia desde zonas suaves en las partes bajas del río Hualgayoc y la ubicación de los puntos de monitoreo en los drenajes principales, presenta como sistemas de la red de drenajes del tipo paralelo a subdendrítico para la microcuenca; la topografía más empinada se ubica hacia los flancos SW del cerro Jesús y al lado NE del cerro María como zonas más altas. Se han ubicado siete puntos de monitoreo transitorio y permanente (MP-1 al MP-7). Así mismo, la orientación del flujo está de acuerdo con la pendiente y

topografía a las curvas de nivel; se han determinado el rango de pendientes de acuerdo a la inclinación como clases I al clase VI, formando como rangos de pendientes desde 0°-5° se describe como nulo o casi nivel, de 5°-15° ligeramente inclinado, de 15°-25° inclinado, de 25°-50° moderadamente empinado, de 50°-75° empinado y mayores a 75° fuertemente empinado para la microcuenca (ver Planos 02 -03 Hidrológico -puntos de monitoreo y Pendientes).

3.8.4 GEOMORFOLÓGICO ALTITUDINAL

Se elaboró desde la variación de la topografía en función a la altitud, las partes altas corresponden a montañas como cerro Jesús, cerro María y partes bajas corresponden a los valles -terrazas como el río Hualgayoc y la quebrada Mesa de Plata. Como unidades geomorfológicas principales que caracterizan al distrito Minero de Hualgayoc. Son estribaciones andinas de la cordillera occidental, montañas, colinas, laderas, valles y terrazas respectivamente.

Las estribaciones andinas o cadenas de montañas son de topografía poco suave y redondeada, que están compuestas por rocas sedimentarias e intrusivas, los cuales han sido modelados por procesos exógenos (erosión fluvial y glaciar) y endógenos (eventos tectónicos). Está dominada por la superficie de erosión tipo puna, con elevaciones que varían desde los 3460 -3900msnm. Los valles son de geomorfología antigua y conservando amplias zonas en forma de U elongado tipo glaciar del valle de Hualgayoc, la base de los valles de los ríos principales fue disectados durante el retroceso glaciar, formando así profundos cañones en forma de V (Ericksen et al, 1956). Las pendientes en las zonas altas de estos ríos son algo empinadas y en las partes más bajas existen una serie de caídas de agua aligerodos, muchos tributarios al río Hualgayoc y quebrada Mesa de Plata se encuentran como valles colgados.

Las terrazas y ejes de los valles están totalmente cubiertos por sedimentos recientes del Cuaternario tipo coluvio- aluvial, morrénico y antrópicos (desmonte), mientras que las laderas, crestas y las colinas están cubiertas por los suelos (ver Plano 04 geomorfológico altitudinal).

3.8.5 CONTEXTO ESTRATIGRÁFICO LOCAL (Columna estratigráfica).

La estratigrafía del distrito minero de Hualgayoc conformado desde la base afloran las rocas silicoclástico del Grupo Goyllarisquizga del Cretácico inferior, sobre yace la Formación Inca con litología de areniscas ferruginosas de edad Aptiano tardío - Albiano temprano, que sobre yacen a las rocas carbonatadas del Grupo Crisnejas constituidos por las Formaciones Chulec y Pariatambo de edad Albiano; que litológicamente se componen de calizas nodulares, con intercalación de margas y calizas bituminosas de color gris oscuras; estableciéndose en el distrito minero como metalotectos para las alineaciones en la mineralización polimetálica por los diferentes eventos de intrusivos que fueron perturbando a las rocas sedimentarias silicoclásticos y carbonatadas (ver Planos 01 -06 Geológico y Columna Estratigráfica).

Formación Pariatambo; se define en su base como horizonte guía (metalotecto), constituido por una secuencia de calizas grises oscuras de grano fino y horizontes de margas, con estratificación delgada laminar de un espesor de centímetros. En la parte superior se tienen calizas más compactas grises claras en bancos de mayor espesor, denominado horizonte Pozos Ricos en los cuales hubo reemplazamientos muy importantes de mineralización en mantos y cuerpos piritosos mineralizados.

EDAD: Corresponde al albiano medio.

AMBIENTE: Marino carbonatada, por su naturaleza bituminosa y estructura laminar su fauna es pelágica (ammonites) las facies contienen *Oxitropidoceras Carbonarium*

que registra la edad del albiano medio, evidencia un ambiente euxínico. (Depósitos euxínicos: restringidos a regiones de circulación de aguas en condiciones anaeróbicas). La falta de oxígeno en el fondo de la cuenca permitió que se depositen sedimentos bituminosos (Bol. 38 INGEMMET).

LITOLOGÍA: Secuencia rítmica de calizas y lutitas gris a negras en estratificación delgada, con calizas bituminosas de contenido orgánico (fósiles) a olor fétido.

Formación Yumagual; supra yace en contacto paralelo y concordante a la Formación Pariatambo e infra yace con aparente concordancia a la Formación Quilquiñán-Mujarrúm.

La Formación Yumagual; consiste en una secuencia de margas y calizas gris parduscas en bancos más o menos uniformes, destacando una zona medio lutáceo margoso de coloración amarillento, dentro de un conjunto homogéneo presenta escarpas elongadas debido a su dureza uniforme algunas veces se intercalan en bancos de mayor espesor calcáreos, compuestos en su mayor parte por restos de fósiles y microfósiles. En algunos horizontes se exhibe calizas nodulares, teniendo un espesor aproximado de 400m. que de acuerdo a las características lito-estratigráficas se subdivide en tres miembros inferior, medio y superior (ver Plano 06 Columna Estratigráfica)

EDAD: Se caracteriza por tener un delgado miembro intermedio bastante fosilífero, por lo que litológicamente puede confundírsele con las Formaciones Quilquiñán-Mujarrúm. Es común encontrar pequeños *Oxitropidoceras* en la base de la Formación, *Ostrea Scyphax Coqu*, *Lopha sp.* *Liopistha sp.*, *Venus sp.* y *Paraturrilites sp.* Las especies citadas son representantes del Neo -Albiano y parte temprana del Cenomaniano.

AMBIENTE: La fauna relativamente abundante de la formación, muestran un ambiente de sedimentación de mares someros, que en contraste litológico con la Formación Pariatambo, sugiere que hubo una regresión del mar de corta duración, a finales del Albiano medio (Bol. 38, INGEMMET).

3.9 EVALUACIÓN DE LOS PASIVOS AMBIENTALES

Se ha empleado la matriz de importancia de pasivos ambientales, la misma que se apoya directamente en los trabajos de campo realizados y en la interpretación cartográfica del mapa temático (geológico) generado como línea de base. Mediante esta metodología se ha determinado el grado de importancia de éste, sobre el ambiente receptor para lo cual se han considerado una serie de atributos de los PAM's, que se globaliza a través de una función que proporciona un **índice único** (ver Tabla 1) denominado Importancia del Pasivo Ambiental (IM) (Walsh, 2005).

$$\text{Importancia (IM)} = 3(I)+2(AI)+(PZ)+(PE)+(R)+(S)+(AC)+(RCE)+(RM)+(RE)$$

(I) : Intensidad

(AI) : Área de influencia

(PZ) : Plazo de manifestación

(PE) : Permanencia del efecto

(R) : Reversibilidad

(S) : Sinergia

(AC) : Acumulación

(RCE) : Relación causa – efecto

(RM) : Regularidad de manifestación

(RE) : Recuperabilidad

Los resultados permiten agrupar los pasivos de acuerdo con el valor de su importancia favorable o adversa en los siguientes rangos:

Bajo	:(IM< 25)	Alto	:(50<IM<75)
Moderado	:(25<IM<50)	Muy alto	:(75<IM).

3.9.1 Fichas de Registro de Pasivos Ambientales

Para la evaluación de los pasivos ambientales mineros que se presenta en la microcuenca de Mesa de Plata, se han utilizado las Fichas de Pasivos Ambientales en cinco zonas más afectadas, las cuales se detallan en los siguientes aspectos:

- Ubicación del pasivo ambiental minero (PAM)
- Categoría ambiental
- Registro fotográfico de 12Mpx
- Descripción del pasivo ambiental de cada zona (01 al 05)
- Aplicación de la matriz de importancia del pasivo ambiental (IM)
- Croquis- esquema de la medida de mitigación y/o corrección
- Descripción de la medida de mitigación
- Costo de la medida de mitigación

La afinidad de los principales pasivos ambientales mineros se muestra en las Fichas de Registro en cinco zonas, ubicados en función al mapa geológico, Así mismo, de acuerdo con la matriz de Índice de Importancia y la valoración en función a los atributos de los pasivos ambientales mineros inventariados en el campo (*in situ*), se han estimado que los resultados de los rangos de importancia corresponden a:

Moderado a Alto. (Figuras 11 al 15 de Registro de Pasivos Ambientales zonas N°01 al 05, Figura 10 y resumen de las fichas ambientales ítem 3.9.3).

Los pasivos ambientales acumulados (desmorte) sin remediación o cierre al margen izquierdo de la quebrada Mesa de Plata al erosionarse, transportarse, filtrarse e infiltración por las aguas de lluvia; generan aguas ácidas en el contacto con los desmotes acumulados de sedimentos limo arcillosos (canchas) los cuales afectan a la red hidrográfica que drenan directamente a la microcuenca Mesa de Plata, lo cual, es el principal afluente al río Hualgayoc (ver Planos 01 -02).

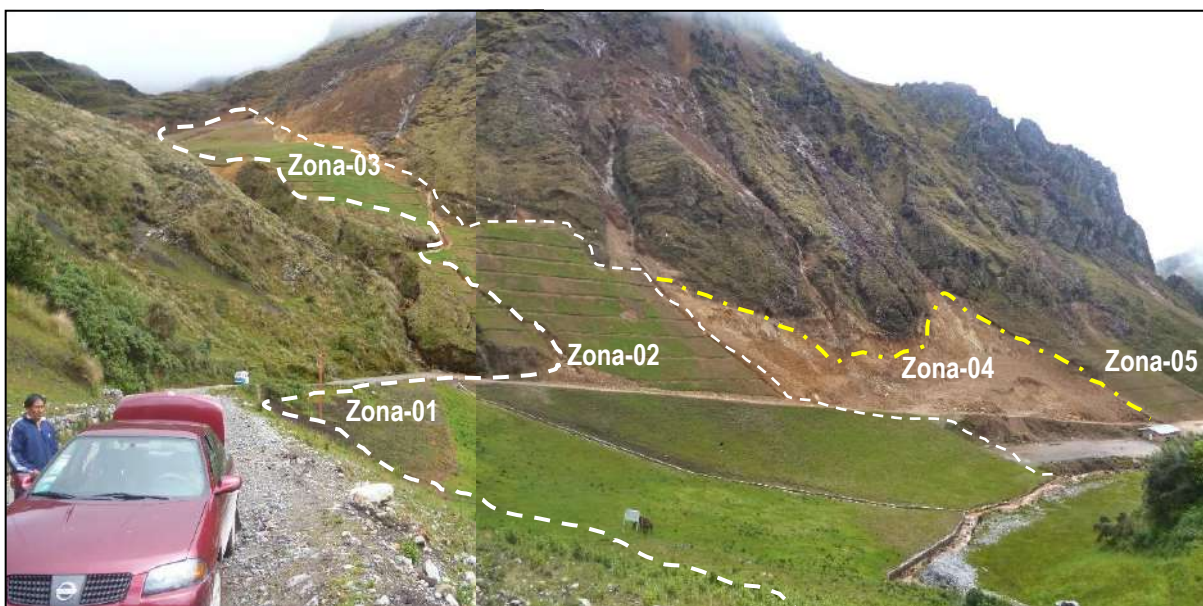


Figura 10. Zonificación de los desmotes acumulados (cancha) de remediación superficial (pastos) líneas punteadas de color blanco; desmorte acumulado sin remediación líneas de color amarillo, ubicado en la Qda. Mesa de Plata lado izquierdo.

3.9.2 Caracterización del Registro de las Fichas de Pasivos Ambientales.

Para la caracterización del registro en las fichas de los Pasivos Ambientales se han zonificado en cinco zonas de acuerdo con la litología, pendiente, tipo de vegetación y áreas con mayor afectación que predominan en cada uno de ellos; los cuales se plasman en la matriz de Importancia de Pasivos Ambientales (IM), las mismas que servirán como línea de base para la evaluación de PAM's en la microcuenca, como se detallan en las Figuras 11 al 15.

EVALUACIÓN DEL PASIVO AMBIENTAL

MEDIDA DE MITIGACION, PREVENCIÓN Y/O CORRECCIÓN

Tramo
MICROCUENCA MESA DE PLATA
QUEBRADAS POZO RICOS, CORONA

Ubicación:

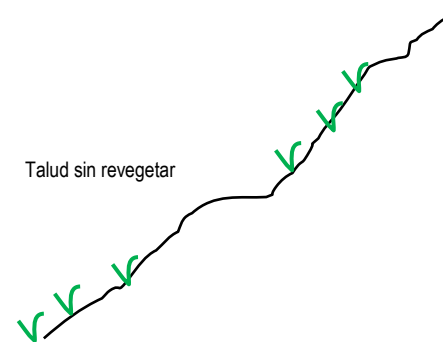
- Progresiva: km 0.800
- Lado: Derecho

Categoría ambiental:

- Ecología.....()
- Contaminación ambiental.....(X)
- Aspectos Estéticos.....()
- Aspectos de interés humano....(X)



Esquema:



Pasivo Ambiental / Causas: Zona de pequeños desprendimientos de materiales en talud sin plan de cierre, como consecuencia de la presencia de materiales deleznable en el talud de desmonte y expuesto a los procesos de erosión.

Descripción Ambiental del sector: El entorno presenta vegetación de ambiente secundario, conformada por hichu (calamar grostis), hispingo (nafolium sp) helechos (heliconias y cecropias) sin valor de uso y comercial. La fauna silvestre es escasa y es representada por viscacha común (lagidium viscacia), entre otros. No existen viviendas cercanas a esta zona. Esta zona dista 200m de la quebrada Mesa de Plata y quebrada Cerro Jesús y Hualgayoc.

Descripción de la medida: En esta zona se debe programar el mejoramiento de la calzada, es decir, se debe realizar la estabilidad del talud superior y la revegetación con plantas nativas, con lo cual implica la eliminación del problema relacionado con el desprendimiento del material de desmonte y evitar la filtración de aguas pluviales; con ello se mejora la calidad paisajística, la estabilidad y revegetación del talud mitigará el pasivo ambiental.

Matriz de Importancia del Pasivo Ambiental

Intensidad (I)	Área de influencia (AI)		Plazo de manifestación (PZ)		Permanencia del efecto (PE)		Reversibilidad(R)
Baja (2)	Puntual (2)		Largo plazo (1)		Fugaz (1)		Corto plazo (1)
Media (4)	Local (4)		Medio plazo (2)		Tempotal (2)		Medio plazo (2)
Alta (8)	8	Regional (8)	8	Inmediato (4)	4	Permanente (4)	4
Muy alta (12)	Extra-regional (12)						
Sinergia (S)	Acumulación (AC)		Relación causa-efecto (RCE)		Regularidad de manifestación (RM)		Recuperabilidad (RE)
Sin sinergismo (1)	Simple (1)		Indirecto (1)		Irregular (1)		Recuperable (2)
Sinergismo (2)	Acumulativo (4)		4	Directo (4)	4	Periódico (2)	Mitigable (4)
Muy sinérgico (4)	4			Continuo (4)		4	Irrecuperable (8)
Importancia	La importancia (IM) del Pasivo Ambiental resulta de la aplicación $IM = 3(I) + 2(AI) + (PZ) + (PE) + (R) + (S) + (AC) + (RCE) + (RM) + (RE)$ Resultando IM = 48 Pasivo ambiental de: Importancia Moderado						

Presupuesto de medida de mitigación, prevención y/o corrección

Item	Descripción	Und	Metrado	P. Unitario	Parcial	Total
1.00	Se incluye en los costos de las obras de plan de cierre.					
2.00						
3.00						
4.00						
5.00						
6.00						
7.00						
8.00						
9.00						
Total, costo directo S/.						

Figura 11. Ficha de Registro de Pasivo Ambiental Zona N.º 01

EVALUACIÓN DEL PASIVO AMBIENTAL

MEDIDA DE MITIGACION, PREVENCIÓN Y/O CORRECCIÓN

Tramo
MICROCUECNA MESA DE PLATA
QUEBRADAS JESÚS, HUALGAYOC

Ubicación:

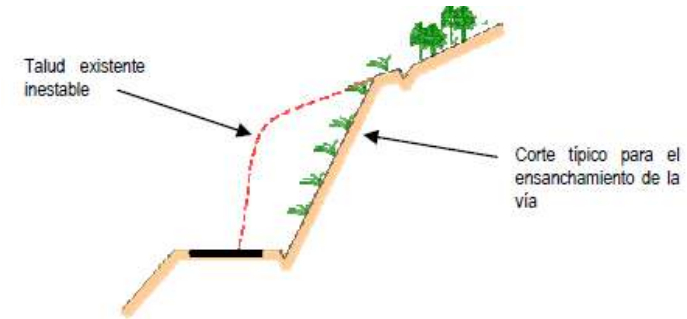
- Progresiva: km 0.600+00
- Lado: Derecho

Categoría ambiental:

- Ecología..... ()
- Contaminación ambiental.....(X)
- Aspectos Estéticos.....(X)
- Aspectos de interés humano...(X)



Esquema:



Pasivo Ambiental / Causas: Zona de pocas caídas de materiales en talud superior de la trocha carrozable, como consecuencia de la presencia de materiales deleznable de desmote acumulado aguas arriba en el talud superior y están expuestos a los procesos de erosión, pluvial, coluvial y eluvial.

Descripción Ambiental del sector: El entorno presenta vegetación de ambiente secundario, conformada por hichu (calamar grostis), hispingo (nafolium sp) helechos (heliconias y cecropias), cortadera (cortaderio sp) sin valor de uso y comercial. La fauna silvestre es escasa y es representada por viscacha común (lagidium viscacia), entre otros. No existen viviendas cercanas a esta zona. Este tramo dista 500m desde el distrito de Hualgayoc

Descripción de la medida: En esta zona se debe mejorar la estabilidad de talud, es decir, se debe ejecutar cortes en el talud superior de la trocha carrozable, lo cual implica la eliminación del problema relacionado con el desprendimiento de materiales y el mejoramiento de la calidad paisajística. La estabilidad del talud de la vía mitigará el pasivo ambiental.

Matriz de Importancia del Pasivo Ambiental

Intensidad (I)	Área de influencia (AI)	Plazo de manifestación (PZ)	Permanencia del efecto (PE)	Reversibilidad(R)
Baja (2)	Puntual (2)	Largo plazo (1)	Fugaz (1)	Corto plazo (1)
Media (4)	4 Local (4)	Medio plazo (2)	Tempotal (2)	Medio plazo (2)
Alta (8)	Regional (8)	8 Inmediato (4)	4 Permanente (4)	4 Irreversible (4)
Muy alta (12)	Extra-regional (12)			
Sinergia (S)	Acumulación (AC)	Relación causa-efecto (RCE)	Regularidad de manifestación (RM)	Recuperabilidad (RE)
Sin sinergismo (1)	Simple (1)	Indirecto (1)	Irregular (1)	Recuperable (2)
Sinergismo (2)	4 Acumulativo (4)	4 Directo (4)	4 Periódico (2)	2 Mitigable (4)
Muy sinérgico (4)	4		4 Continuo (4)	8 Irrecuperable (8)
Importancia	La importancia (IM) del Pasivo Ambiental resulta de la aplicación $IM= 3(I)+2(AI)+(PZ)+(PE)+(R)+(S)+(AC)+(RCE)+(RM)+(RE)$			
	Resultando IM = 42 Pasivo ambiental de: Importancia Moderado			

Presupuesto de medida de mitigación, prevención y/o corrección

Item	Descripción	Und	Metrado	P. Unitario	Parcial	Total
1.00	Se incluye en los costos de las obras de ingeniería proyectadas.					
2.00						
3.00						
4.00						
5.00						
6.00						
7.00						
8.00						
9.00						
Total, costo directo S/.						

Figura 12. Ficha de Registro de Pasivo Ambiental Zona N.º 02

EVALUACIÓN DEL PASIVO AMBIENTAL **MEDIDA DE MITIGACIÓN, PREVENCIÓN Y/O CORRECCIÓN**

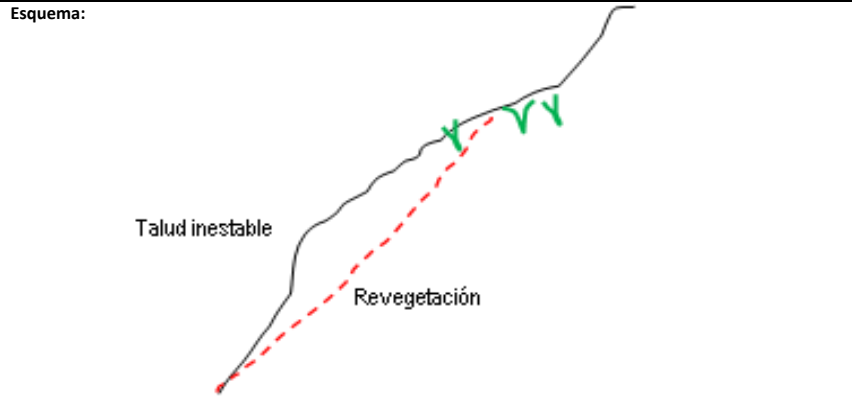
Tramo
MICROCUCENCA MESA DE PLATA
QUEBRADAS JESÚS, HUALGAYOC

Ubicación:

- Progresiva: km 0.500+50
- Lado: Derecho

Categoría ambiental:

- Ecología..... ()
- Contaminación ambiental.....(X)
- Aspectos Estéticos.....(X)
- Aspectos de interés humano...(X)



Pasivo Ambiental / Causas: Zona de deslizamiento, desprendimientos de materiales en talud superior a la trocha carrozable, como consecuencia de socavamiento del material deleznable (desmonte) en el talud y a los procesos de erosión, pluvial, coluvial y eluvial.

Descripción de la medida: En esta zona se debe realizar la estabilidad de talud, es decir, se debe ejecutar mampostería en forma de andenes, luego cubrir con suelo orgánico y realizar la revegetación, lo cual implica la eliminación del problema relacionado con el desprendimiento de materiales y el mejoramiento de la calidad paisajística y la estabilidad de talud. La estabilidad del talud y revegetación mitigará el pasivo ambiental minero.

Descripción Ambiental del sector: El entorno presenta vegetación de ambiente secundario, conformado por trébol (trifolium pratense), helechos (pteridium alquilinum), sin valor comercial, solo para pastoreo. La fauna silvestre es escasa y es representada por viscacha común (lagidium viscacia), entre otros. No existen viviendas cercanas a esta zona. Este tramo dista 550m. desde el distrito de Hualgayoc

Matriz de Importancia del Pasivo Ambiental

Intensidad (I)	Área de influencia (AI)	Plazo de manifestación (PZ)	Permanencia del efecto (PE)	Reversibilidad(R)
Baja (2)	Puntual (2)	Largo plazo (1)	Fugaz (1)	Corto plazo (1)
Media (4)	Local (4)	Medio plazo (2)	Tempotal (2)	Medio plazo (2)
Alta (8)	Regional (8)	Inmediato (4)	Permanente (4)	Irreversible (4)
Muy alta (12)	Extra-regional (12)			

Sinergia (S)	Acumulación (AC)	Relación causa-efecto (RCE)	Regularidad de manifestación (RM)	Recuperabilidad (RE)
Sin sinergismo (1)	Simple (1)	Indirecto (1)	Irregular (1)	Recuperable (2)
Sinergismo (2)	Acumulativo (4)	Directo (4)	Periódico (2)	Mitigable (4)
Muy sinérgico (4)			Continuo (4)	Irrecuperable (8)

La importancia (IM) del Pasivo Ambiental resulta de la aplicación
 $IM = 3(I) + 2(AI) + (PZ) + (PE) + (R) + (S) + (AC) + (RCE) + (RM) + (RE)$
Resultando IM = 52 Pasivo ambiental de: Importancia alta

Presupuesto de medida de mitigación, prevención y/o corrección

Item	Descripción	Und	Metrado	P. Unitario	Parcial	Total
1.00	Estabilidad de talud	m	30	120	3600	3600
2.00	Revegetación	m2	1200	2	2400	2400
3.00						
4.00						
5.00						
6.00						
7.00						
8.00						
9.00						
Total, costo directo S/.						6000

Figura 13: Ficha de Registro de Pasivo Ambiental Zona N.º 03

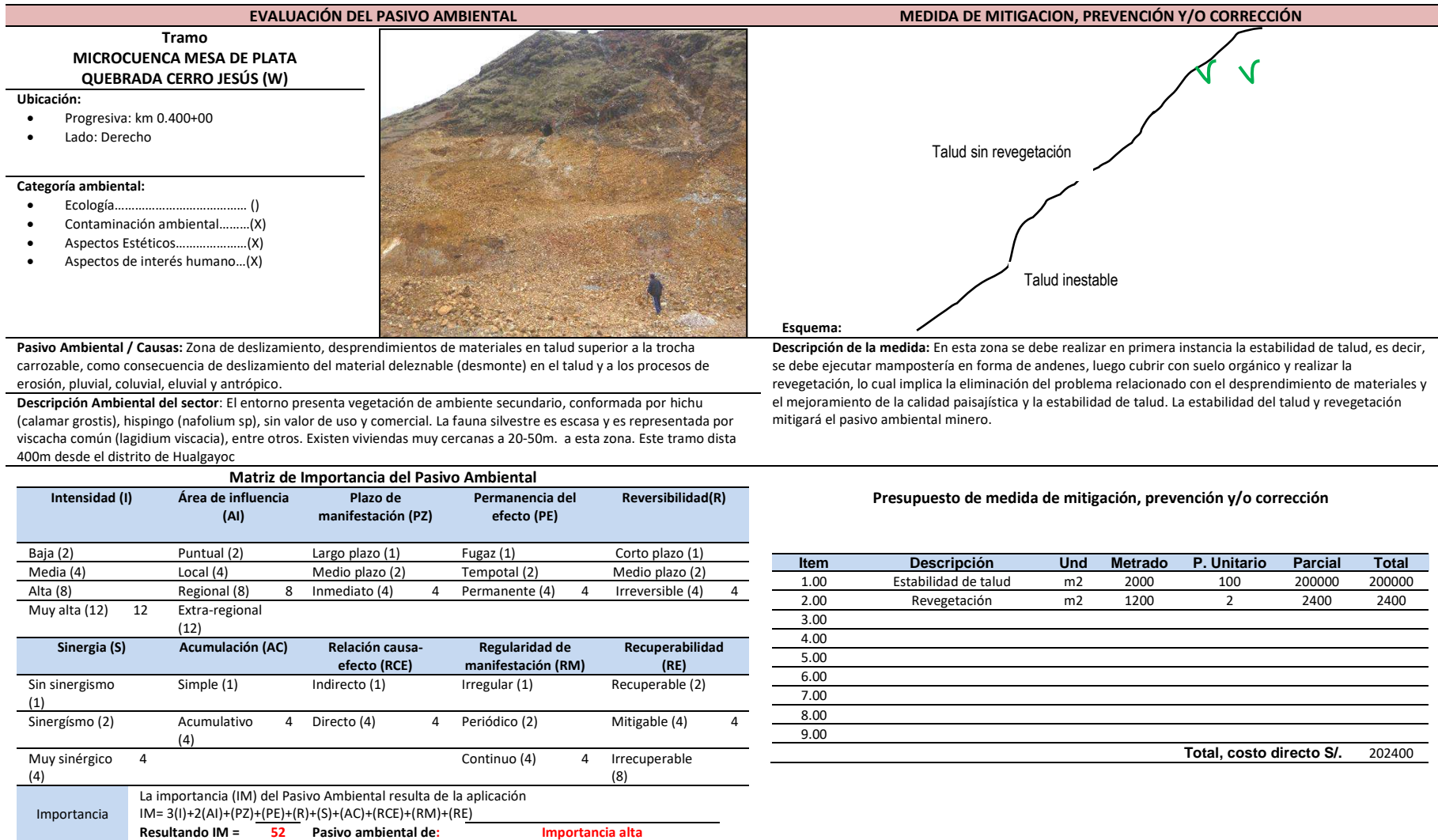


Figura 14. Ficha de Registro de Pasivo Ambiental Zona N.º 04

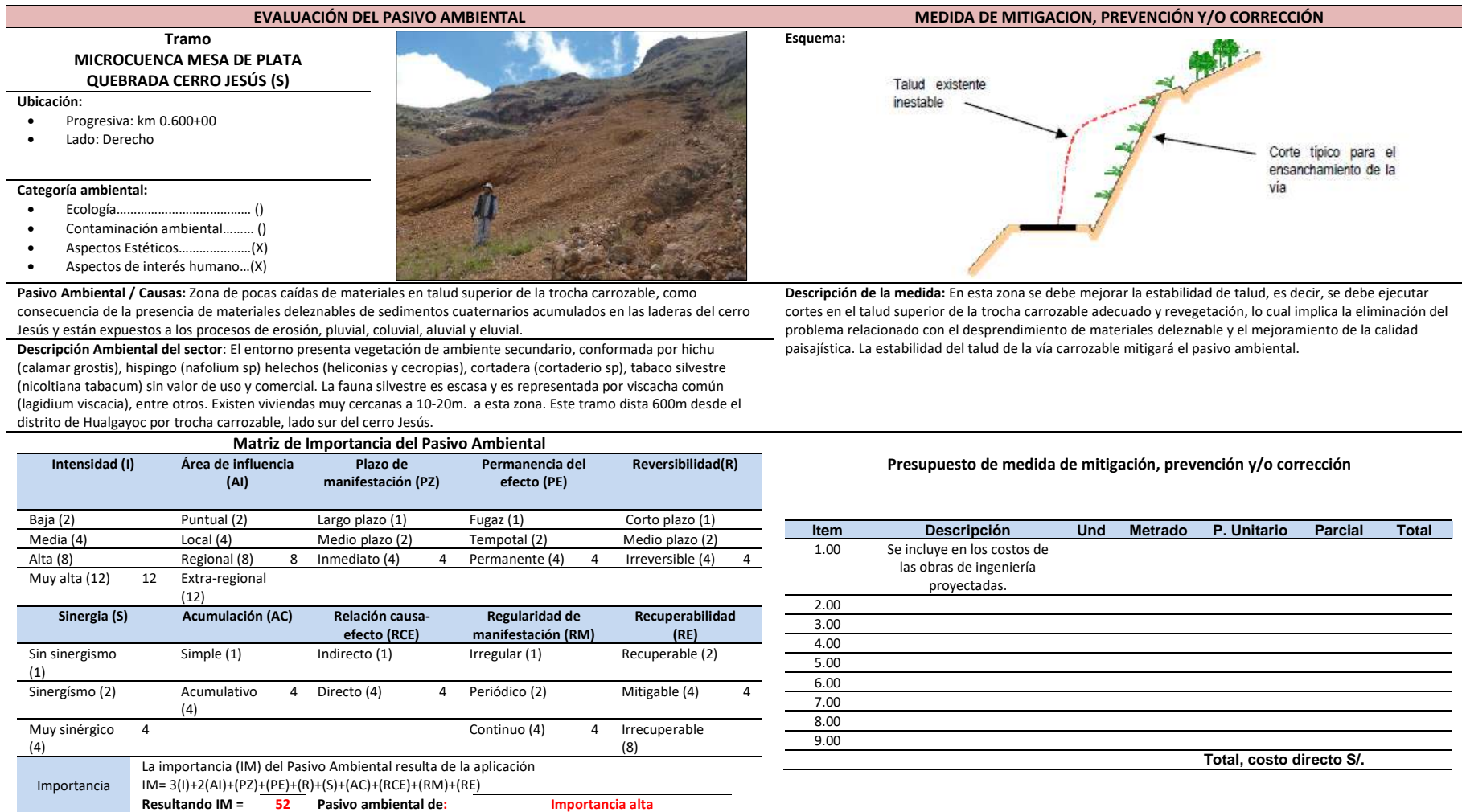


Figura 15. Ficha de Registro de Pasivo Ambiental Zona N.º 05

3.9.3 Resumen de las Fichas de Registro para la Evaluación de Pasivos Ambientales.

Los Pasivos Ambientales Mineros fueron zonificados de acuerdo con su ubicación, pendiente y características de los sedimentos en depósitos de desmontes. Se identificaron cinco zonas, para cada una de las cuales se determinó su Importancia del Pasivo Ambiental y se determinó que el promedio es de moderado a alto (IM):

$$\text{Importancia (IM)} = \text{Zona01 } 48(\text{moderado}) + \text{Zona02 } 42(\text{moderado}) + \text{Zona03 } 52(\text{alta}) + \text{Zona04 } 52(\text{alta}) + \text{Zona05 } 52(\text{alta})$$

3.10 MUESTREO DE AGUAS (ácidas)

Para el monitoreo de las aguas de drenaje superficial se especifica en siete puntos importantes de acuerdo al sistema de la red de drenaje a los afluentes en la microcuenca (ver Plano 02 Hidrológico y puntos de monitoreo); luego con los instrumentos y equipos de infraestructura, mecánicos y electrónicos adecuados para las mediciones en el campo (*in situ*). Se han tomado todas las muestras de agua, los mismos han sido recolectados en frascos, siguiendo los protocolos estándares de calibración al instrumento de medición y procedimientos (pH). Se identificaron y ubicaron mediante las coordenadas, cotas, etiquetados y tiempo de mediciones en cada uno de los puntos de monitoreo transitorio; detallados en la Tabla 9 (ver Figuras 50 -52, 54 -55 y 69 -73).

3.10.1 Selección de Recipientes

Los recipientes han sido adecuados para el muestreo de cada medida, método de análisis. En cada punto de monitoreo se han respetado los siguientes aspectos:

Material adecuado al parámetro de medición, por ejemplo: vidrio borosilicato, polietileno de alta densidad, esterilizadas, kuler, cinta masketin, plumón (Figuras 16, 50 al 52).

3.10.2 Contenido de Protocolo de Muestreo.

Los procedimientos que se deben seguirse de acuerdo con el protocolo de muestreo antes de cada campaña son:

Fecha y hora del muestreo.

Código del punto de muestreo.

Descripción clara y definida del punto de muestreo, coordenadas con GPS.

Navegador, fotos, anotaciones de observaciones.

Ubicación localidad, distrito, provincia y departamento.

Fuentes de contaminación (si son visibles).

Las condiciones climáticas generales.

Responsable del muestreo: datos personales de quien realizó la toma de muestra.

Tipo de muestras (aguas compuestas, sedimentos y otros).

Tipo de equipo e instrumentos o método utilizado para el muestreo.

Tipo de preservación.

Los resultados de todas las mediciones realizadas en campo (*in situ*).

Vigilancia y custodia de las muestras (por ejemplo, número de caja transporte).

Otras observaciones pertinentes en los puntos de muestreo.

Firma del personal participante en el proceso de control y monitoreo.

Nota: Además completar un formato de campo se han etiquetado las muestras de modo que permitan la transitabilidad de toda la información siguiendo los protocolos, la toma del volumen apropiado, mediante muestreo simple o puntual para todos los puntos determinados según las Figuras 16, 50 -52 y 54 -55.



Figura 16. Muestras de agua realizadas en los drenajes de PAM's. en la microcuenca Mesa de Plata, MP1 al MP7, para él envío al laboratorio.

Las funciones de control de calidad influyen directamente en las actividades relacionadas con la medición en campo, la calibración de los equipos de campo, registro de datos y la capacitación. Para garantizar el éxito del programa, es necesario que cada componente del esquema se cumpla y que el control de calidad se realice de manera adecuada, para lo cual se ha tenido en cuenta lo siguiente:

- Asegurarse que los frascos de muestreos cumplan con los requisitos técnicos establecidos en el protocolo.
- La documentación (fichas, formatos, custodia, etiquetados) de las muestras que han sido tomados de campo adecuadamente sin alterar su descripción original.
- Es esencial que el personal de campo esté preparado para aplicar las metodologías estandarizadas y capacitadas para realizar el control de la calidad de las muestras extraídas (ver Figuras 50 al 52).

3.11 DETERMINACIÓN DE MICROCUENCA MESA DE PLATA

La microcuenca Mesa de Plata posee un el sistema de drenaje principalmente del tipo dendrítico a sub paralelo, propio de una intensa actividad fluvial post glaciación,

poseyendo una sección de U elongado que corresponde a un valle tipo glaciar, por sus características y ciclo geomorfológico (ver Secciones geológicas A-A´ al F-F´). El distrito minero Hualgayoc se encuentra al este de la divisoria de las aguas continental del Pacífico y el Atlántico (Paso Coymolache), los ríos principales son Hualgayoc -Arascorgue y Tingo -Maygasbamba de orientación NE, drenan sus aguas hacia el río Llaucán (cuenca Llaucano), que a su vez confluye en el río Marañón tributario mayor del río Amazonas y que desembocan sus aguas al océano Atlántico (ver Figuras 74 y 75).

La subcuenca del río Hualgayoc -Arascorgue se extiende sobre las microcuencas de las quebradas Corona, La Pastora, Mesa de Plata, La Tahona y Chulipampa.

La zona de investigación corresponde a la cuenca del río Llaucano, subcuenca del río Hualgayoc y microcuenca de la quebrada Mesa de Plata, como se presentan en las Tablas 8 -9.

Tabla 8. Clasificación de la microcuenca para la investigación.

Cuenca	Subcuenca	Microcuenca	Área	Longitud	Pendiente
Río Llaucano	Río Hualgayoc	Quebrada Mesa de Plata	30Has	1.2Km	10%

Una cuenca hidrográfica y una cuenca hidrológica se diferencian en que la cuenca hidrográfica se refiere exclusivamente a las aguas superficiales, mientras que la cuenca hidrológica incluye las aguas subterráneas (acuíferos).

La microcuenca ha permitido formar un sistema de red de drenaje tipo dendrítico a subparalelo que han formado valles desde juveniles a seniles, pendientes que van desde casi subhorizontales 0.5% hasta mayores de 75% pendientes muy fuertes,

los cuales han sido formados en función a tipo de roca y a la variación del ciclo geomorfológico (ver Planos 03 -04 Pendiente y Geomorfológico altitudinal).

3.11.1 Monitoreo de Agua en la Microcuenca Mesa de Plata.

En la Tabla 9 se muestran la codificación de los siete puntos de monitoreo transitorio para la toma de muestra de agua ácida en la quebrada Pozo Ricos – Corona que confluyen a la quebrada Mesa de Plata, realizado en la segunda salida a campo, tomándose el pH *in situ*: 6.28 a una temperatura de 11C°, el cual es un indicador del drenaje ácido ubicado antes de la confluencia con la quebrada Mesa de Plata, el drenaje de las aguas es proveniente de los pasivos ambientales de Pozo Ricos y la quebrada del cerro Corona, teniendo las evidencias de campo que indican los drenajes más ácidos de estos pasivos ambientales mineros que sobrepasan los límites máximos permisibles. Las fotos muestran la recolección de muestras de agua y la determinación del pH; los cuales han sido remitidos al laboratorio para el análisis por elementos de metales en suspensión (ver Figuras 23 -34, 50 -52, 69 -73).

3.11.2 Codificación de los Puntos de Muestreo de Agua, para la Microcuenca Mesa de Plata.

Se cuenta con siete puntos de monitoreo en la microcuenca Mesa de Plata ubicados estratégicamente de acuerdo con la dirección de flujo de aguas y antes de la confluencia entre cada uno de ellos, en los cuales se han realizado el control de monitoreo del sistema de drenaje y comportamiento de la red hídrica, como se precisa en la Tabla 9 (ver Plano 02 Hidrológico y Puntos de Monitoreo).

Tabla 9. Codificación de los puntos de monitoreo de las aguas de la microcuenca de Mesa de Plata.

Código de campo	Origen de la fuente	Punto de muestreo	Localidad	Distrito y Provincia	Altitud msnm.	Sistema UTM	
						Latitud	Longitud
MP-1	Micro cuenca	Qda. Pozo Ricos, Corona	Mesa de Plata	Hualgayoc	3637	9252558	764140
MP-2	Micro cuenca	Qda. C° Jesus-Hualgayoc	Mesa de Plata	Hualgayoc	3635	9252664	764275
MP-3	Micro cuenca	Qda. Mesa de Plata unión de afluentes MP-1 y MP-2	Mesa de Plata	Hualgayoc	3580	9252394	764407
MP-4	Micro cuenca	Boca mina C° María (la Zarza)	Mesa de Plata	Hualgayoc	3550	9252164	764534
MP-5	Micro cuenca	Qda. Mesa de Plata	Mesa de Plata	Hualgayoc	3478	9252145	764894
MP-6	Río Hualgayoc	Río Hualgayoc, antes de la unión Qda. Mesa de Plata	Río	Hualgayoc	3497	9252129	764907
MP-7	Río Hualgayoc	Río Hualgayoc, después de la Qda. Mesa de Plata (RH-2).	Río	Hualgayoc	3480	9252186	764939

3.12 INTERPRETACIÓN DE DATOS

3.12.1 Recolección de Datos:

Comprende en el cartografiado de los desmontes, la red de drenaje de los afluentes al río Hualgayoc y el mapa geológico a escala 1: 5000, así como la evaluación de las características mediante mapas, fichas, tablas, para el inventariado de los pasivos ambientales mineros (desmonte). En esta etapa se efectuó el contorno de los contactos de la litología (tipo de roca), estructuras,

fallas y sistema de drenaje; el volumen se ha determinado por el método clásico de las secciones o perfiles topográficos –geológicos transversales (5) y longitudinal (1) y con el soporte software (ver Planos de Secciones Geológicas y plano Isométrico 05).

3.13 DEPÓSITOS RECIENTES DEL CUATERNARIO.

Dentro de la zona de evaluación de los depósitos antrópicos (desmonte) son restos de pasivos ambientales acumulados que se halla al pie de los taludes de los cerros Jesús y María, constituidos por clastos heterolíticos redepositados por desmontes; constituidos por calizas, residuos de minerales principales cuarzo, pirita, enargita, galena, esfalerita, tetraedrita y entre otros, así mismo se aglutinan de gravas, limos y arcillas semi compactadas, como se observa en Figura 17.



Figura 17. Sedimentos cuaternarios coluvio- aluvial (natural -foto Izq.), constituidos por limos arcillas, clastos de calizas, areniscas y óxidos; ubicado en las laderas del C° Jesús (antrópico -foto Derech).

Los sedimentos recientes del Cuaternarios como depósitos de desmonte (antrópico); constituidos por cantos, gravas, limos arcillas, clastos de óxidos y minerales de sulfuros como pirita, galena, esfalerita, enargita y otros como calizas piritizados, areniscas alteradas con óxidos; ubicado en la quebrada del cerro Jesús.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 RESULTADOS.

4.1.1 VOLUMEN DE PASIVOS AMBIENTALES MINEROS

En la determinación del volumen de los pasivos ambientales mineros acumulados -desmonte (sólidos) para la microcuenca Mesa de Plata se ha aplicado primero el método clásico, siguiendo en orden lógico y sistemático; la elaboración de las secciones topográficas -geológicas (mapas) cinco transversales A-A'...E-E' (paralelos) y longitudinal uno F-F', los mismos tienen una similitud variando la ubicación de equidistancias cada uno de 150m, las cotas y estructuras geológicas; con los cuales se han elaborado el plano isométrico a escala 1:6000, como resultado de $\pm 1'038,344\text{m}^3$. de pasivos ambientales mineros acumulados -desmonte (sólidos) con el soporte de software (ver Apéndice Planos de secciones geológicas e isométrico 05). Luego, para corroborar la obtención del volumen en el Cuaternario coluvio aluvial (Q.co-al) se ha logrado por el método de las secciones, asistido por computador, los mismos fueron modelados en el software Minesigth -v11,0 y como resultado del modelamiento para el cálculo del volumen se puntualizan a continuación.

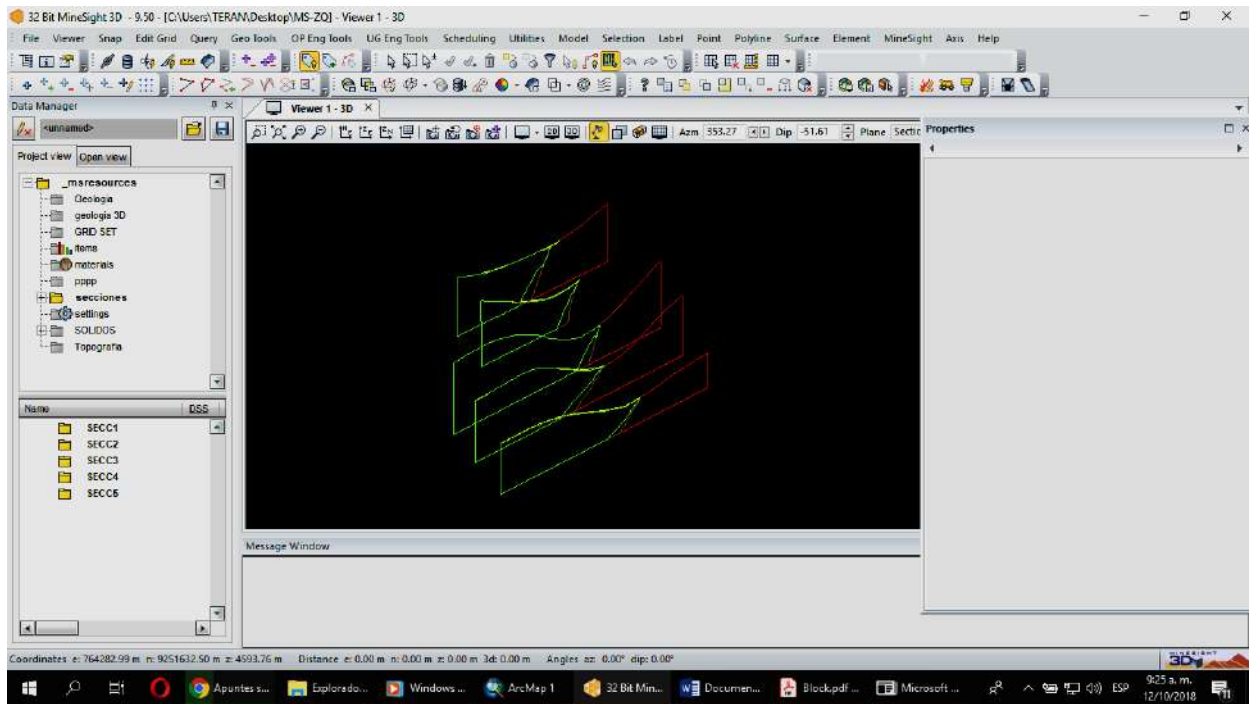


Figura 18. Procedimiento del modelado de secciones en el software

Una vez modelada las secciones se procedió a crear los sólidos, en este caso se presenta el sólido generado solamente para el Cuaternario coluvio aluvial de PAM's de la microcuenca Mesa de Plata.

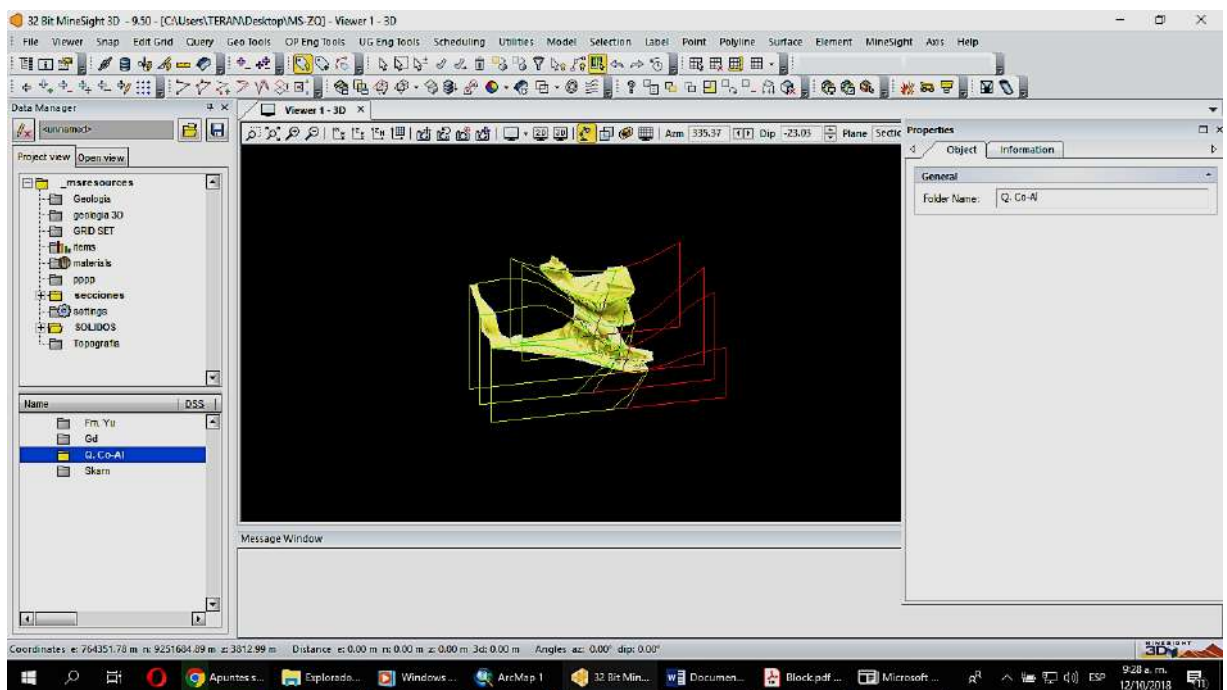


Figura 19. Creación del sólido para el Cuaternario coluvio -aluvial PAM's.

Luego se procede a calcular el plano Isométrico del Cuaternario coluvio -aluvial de PAM's para la microcuenca Mesa de Plata, se obtuvo un Volumen de $\pm 1'038,344\text{m}^3$ mediante el software, el resultado se considera permisible significativo para la microcuenca como peligro de generación a la contaminación del suelo - agua, presente y futuro a largo plazo, el resultado se ve en la Figura 20.

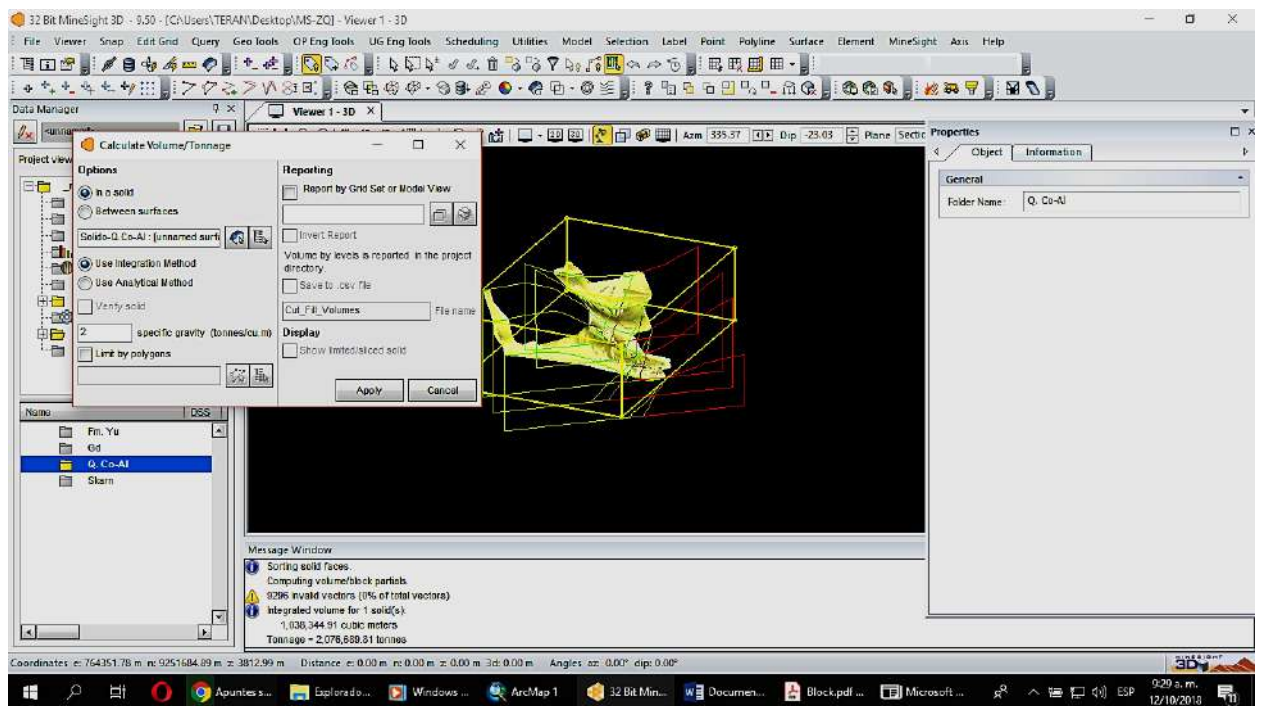


Figura 20. Resultado del Volumen PAM's. de $\pm 1'038,344\text{m}^3$

Como resultado el volumen de los Pasivos Ambientales Mineros acumulados - desmonte (sólidos) en la microcuenca Mesa de Plata; utilizado el método clásico tradicional mediante seis planos en secciones geológicas, versus el soporte de modelamiento en software del volumen isométrico para el Cuaternario coluvio - aluvial (PAM's), dio como resultado similares valores, lo cual confirma la validez de ambas técnicas, los resultados también pueden aplicarse para las labores subterráneas, siguiendo los mismos procedimientos (ver Plano Isométrico 05).

4.1.2 TIPO DE PASIVOS AMBIENTALES MINEROS

El orden en estos listados ha sido definido por la magnitud de los riesgos y el número de situaciones de riesgo que presenta cada mina (SERNAGEOMIN – BGR y Golder Associates, 2008). En la Tabla 10 se puede ver una clasificación de minas cerradas o abandonadas propuestas por SERNAGEOMIN –BGR y Golder Associates; por su descripción y mina abandonada la zona de investigación corresponde a **clase tipo I** como **PAM**, lo cual se verifica en la Tabla 10.

Tabla 10. Clases de minas cerradas o abandonadas, clasificación.

FMA/C	Clases	Descripción
PAM	I	Minas en las cuales se ha identificado a lo menos un riesgo significativo para la salud o seguridad de las personas, el medio ambiente y el patrimonio
NO PAM	II	Minas para las cuales todos los riesgos se han considerado como no significativo y requiere de la evaluación periódica
NO PAM	III	Minas con riesgo despreciable según la metodología de FOCIGAM, que no requiere una evaluación de riesgo bajo la metodología de este manual

Fuente: SERNAGEOMIN – BGR y Golder Associates (2008).

La Evaluación de Riesgos es el instrumento principal para el diagnóstico de los PAM`s; el cual debe permitir determinar qué actividades mineras cerradas o abandonadas, están generando riesgo para la salud, el ambiente y el patrimonio; se afirma, que la evaluación debe permitir identificar cuáles de estas minas se clasificarán como PAM. y cuáles no, si no hay riesgo no hay PAM. para la zona

de investigación se ha identificado como Clase tipo I; minas en las cuales se ha identificado a lo menos un riesgo significativo para la salud o seguridad de las personas, el medio ambiente y el patrimonio (ver Tabla 10).

Los Pasivos Ambientales Mineros acumulados -desmante (sólidos) en la microcuenca Mesa de Plata -Hualgayoc, por las minas tradicionales y abandonadas desde las décadas pasadas en las cuales tienen riesgos significativos para la salud de la población; seguridad a las personas, agricultura, animales, flora, fauna y por ende al medio ambiente circundantes a la ciudad, se clasifica como Pasivo Ambiental Minero Tipo I (Golder Associates, 2008).

4.2 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.2.1 Mapa Geológico.

Los resultados de mapas temáticos como la geología, hidrológico, secciones geológicas, pendientes, geomorfológico altitudinal, de la microcuenca Mesa de Plata han permitido evaluar los factores condicionantes de los pasivos ambientales mineros. Por la comparación de las variables de origen, se interpreta que la zona con mayor riesgo se origina por la erosión, filtración y acarreo de materiales de sedimentos de desmante (acumulado -sólido); los cuales están situados en los márgenes o bordes de la quebrada Mesa de Plata; con mayor localización al lado NNW, del pueblo de Hualgayoc (ver Planos 01-06).

Geológicamente se zonifica por los factores de pendientes, hidrológico, geomorfológico altitudinal, columna estratigráfica, también se verifica que en el terreno o campo *in situ* favorecen a la depositación de los sedimentos de desmante (acumulado -sólido) o el Cuaternario coluvio -aluvial en su mayor proporción superficialmente expuesta al ambiente, los mismos ayudan a la persistencia y convivencia de los PAM's en la microcuenca.

4.2.2 La Evaluación de los Pasivos Ambientales Mineros

En la microcuenca Mesa de Plata; se ha realizado la evaluación PAM's. mediante la Matriz de Importancia de Pasivos Ambientales (IM), apoyándose en los trabajos de campo (*in situ*) y la interpretación de los datos generados como línea de base mediante las fichas de inventario ambiental en cinco zonas de mayor afectación al suelo, agua, flora y como minería tradicional.

La metodología para valorar el riesgo se aplica después de identificar y georreferenciar cada sitio (zonas) donde hay un PAM. Los resultados de las cinco zonas de evaluación del pasivo ambiental de los desmontes son de **moderado a alto**, de acuerdo con el Índice de Importancia Ambiental y Fichas de Registro de Pasivo Ambiental (Figuras 11 al 15). Los datos se plasman en el siguiente cuadro de resumen sintetizado que permiten agrupar los pasivos de acuerdo con el valor de su importancia favorable o adversa de los siguientes rangos (ver Tabla 1):

Bajo	:(IM< 25)	Alto	:(50<IM<75)
Moderado	:(25<IM<50)	Muy alto	:(75<IM).

Importancia (IM) = Zona01 48(moderado) + Zona02 42(moderado) + Zona03 52(alta) + Zona04 52(alta) + Zona05 52(alta)

4.3 DETERMINACIÓN DEL FLUJO DE AGUA (PAM's).

Los cálculos del volumen de los caudales en los siete puntos de las aguas de escorrentía en la microcuenca de pasivos ambientales mineros (PAM's). se han realizado por dos métodos los cuales se muestran en las Tablas 11 -12.

4.3.1 Método del Volumétrico

Se han colectado directamente en cinco puntos de monitoreo transitorio MP-1 al MP-5 los resultados obtenidos se plasman en la Tabla 11.

Tabla 11. Resultado de los cálculos realizados del volumen de agua para los 05 puntos (MP-1 al MP-5) de aforo por el método volumétrico *in situ*.

PUNTOS	LONG.	LATI.	COTA msnm.	TIEMPO S	VOLUM. I Recipiente	CAUDAL l/s	UBICACIÓN	
MP-1	764140	9252558	3637	2.1	2.5	1.16	Quebrada Pozo Ricos, Corona	
				2.3				
				2.1				
				2.1				
				Promedio				2.15
MP-2	764275	9252664	3635	5.5	2.5	0.46	Quebrada Cerro Jesús -Hualgayoc	
				5.4				
				5.3				
				Promedio				5.40
				MP-3				764407
1.3								
1.0								
1.3								
Promedio	1.20							
MP-4	764534	9252164	3550	2.6	2.5	1.02	Boca Mina, Cerro María (La Zarza)	
				2.2				
				2.4				
				2.6				
				Promedio				2.45
MP-5	764894	9252145	3478	1.0	2.5	2.50	Quebrada Mesa de Plata	
				1.0				
				1.0				
				1.0				
				Promedio				1.00

4.3.2 Método del Flotador

Para la investigación se ha realizado en dos puntos de monitoreo transitorio o temporal MP-6 y MP-7 sus resultados obtenidos se plasman en la Tabla 12.

Tabla 12. Resultado de los cálculos efectuados del volumen de agua en los 2 puntos de aforo por el método del flotador.

PUNTOS	LONG.	LATI.	COTA	ANCHO	ALTURA	TIEMPO	LARGO	ÁREA	VELOC.	CAUDAL
			msnm.	cm.	cm.	S.		cm ²	cm/s.	l/s.
MP-6	764907	9252129	3497	100	15.0	8.5	260	1405.56	30.59	36.54
				80	20.0	8.5				
				50	20.0	8.5				
			Promedio	76.7	18.3	8.50				
MP-7	764939	9252186	3480	100	50.0	9.7	220	4133.33	25.07	88.08
				120	45.0	8.5				
				90	25.0	9.2				
			Promedio	103.3	40.0	8.8				

4.3.3 Gráfico del Caudal de Agua en los Puntos de Monitoreo

En los puntos de monitoreo transitorio donde se han calculado el flujo (volumen) del agua por los métodos Volumétrico y del Flotador *in situ*; la variación de los caudales es muy notoria por el gráfico de barras y exponencial desde el MP-1 al MP-7. También se logra deducir que el agua se filtra e infiltra y varían en la cantidad -calidad, ya que en su trayectoria tienen contactos con diferentes tipos de suelos o rocas; por lo cual el caudal fluctúa en los siete puntos de monitoreo de la microcuenca, así mismo varían en los meses de lluvia aumentando y en estiaje se reducen durante el año. Los cuales se puede apreciar en el gráfico estadístico de barras Figura 21.

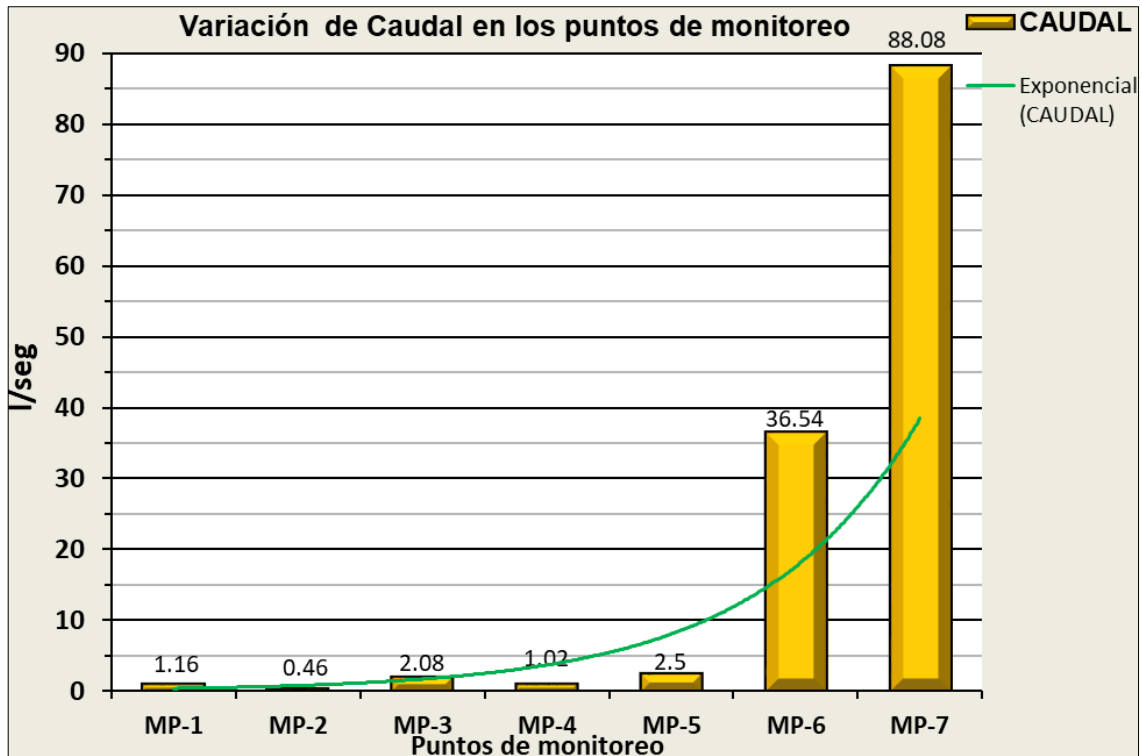


Figura 21. Gráfico en barra estadístico del volumen de agua en los 7 puntos de aforo, para la microcuenca Mesa de Plata.

4.4 CLASE Y TIPO DE AGUA (PAM´s).

Los valores del pH varían en función a la calidad y cantidad de las aguas, (ítem 2.2.5 pH). Se puede deducir que los puntos de monitoreo MP-1 al MP-3 se encuentran por debajo del límite inferior pH 6 los cuales tienen menos cantidad de agua con respecto a los otros puntos MP-4 al MP-7 los cuales se encuentran dentro de los parámetros límites permisibles; al evaluar los gráficos estadísticos se deduce que en los meses de lluvia desde enero hasta mayo los valores están dentro de los parámetros permisibles al límite superior de pH 9; por el aumento del caudal y en los meses de estiaje junio hasta setiembre bajan notoriamente llegando casi al límite inferior de pH 6, por lo general se encuentra dentro de los parámetros permisibles teniendo un promedio de pH 7,73; así mismo, la

clasificación de las aguas del río Hualgayoc (MP-7 y RH-2) por DIGESA es de **clase tipo III** (ver Tablas 2 -3; ECA - para agua); con lo cual se verifica y corrobora que solamente es para riego de vegetales de consumo crudo (D1) y bebida de animales (D2). Afectando a las aguas superficiales de escorrentías y subterráneas de percolación e infiltración por diversas modalidades. En algunos casos, una disminución del pH frecuente, es uno de los indicadores principales si el agua es ácida, neutra o básica; pero en muchas otras cuantificaciones la carga de metales disueltos totales precipita en parte y en otras a la adecuación del agua a otros tipos de uso (agricultura, ganadería) en toda la microcuenca de Mesa de Plata.

4.5 RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS DE LABORATORIO

Después de la elaboración de los instrumentos de recolección de los datos para la investigación se está presentando los resultados de los análisis de laboratorio, de los siete puntos estratégicamente ubicados desde las zonas más altas, antes de la unión y después de la conjunción de sus cauces de drenaje, recolectados en el campo propiamente dicho (*in situ*), con previa planificación y programación siguiendo un protocolo respectivo. Así mismo, los resultados son compilados de diferentes años para el punto RH-2 (ANA -ALA, 2013 -2017), que para la investigación corresponde al punto de monitoreo transitorio MP-7, ubicándose después de la confluencia con el río Hualgayoc aguas abajo (ver Plano 02 Hidrológico puntos de Monitoreo y Figuras 22, 45, 74, Tablas 15 al 21, 23 al 27).



Figura 22. Ubicación de los puntos de monitoreo MP-1 al MP-4, en la Qda. Mesa de Plata.

4.5.1 Aplicación de Datos Estadísticos de los Resultados de Muestreo de Agua

De acuerdo con los protocolos planteados para la investigación; se han realizado monitoreos en los siete puntos transitorios o temporales. El procesamiento estadístico en la hoja de cálculo Excel con los valores obtenidos del laboratorio, así mismo, de los resultados compilados de varios años (2007 -2017) con los cuales se grafican, describen, comparan y se detallan a continuación en las Figuras 23 al 34 (ver Apéndice y Anexos Tablas 13 - 27).

4.5.2 El pH.

En los puntos de monitoreo temporal de acuerdo con los valores obtenidos en los puntos MP-2 y MP-3 éstas se encuentran por debajo de los parámetros aceptables al LMP's pH inferior. El resto de los puntos (MP-4 al MP-7) se hallan

dentro de los LMP's y ECA -agua Categoría 3 para el año 2014, como se aprecia en la Figura 23 (ver Tablas 13 -27).

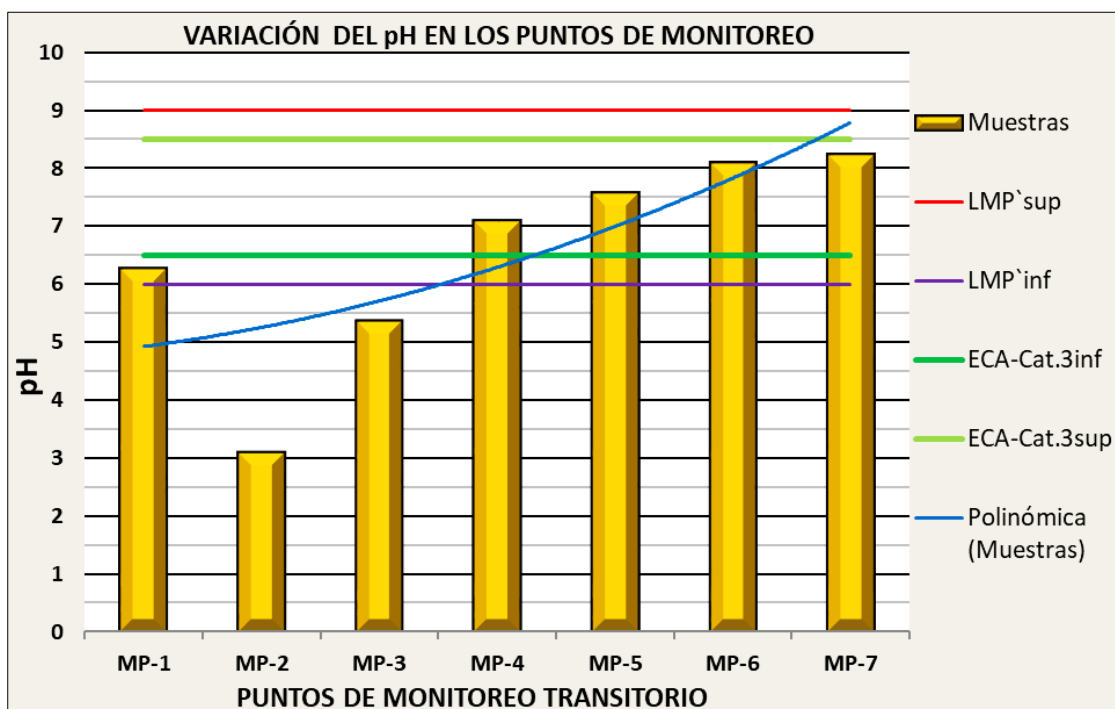


Figura 23. Cuadro estadístico del pH, en los puntos de monitoreo temporal.

La comparación del pH, obtenido en el punto de monitoreo permanente río Hualgayoc y después de la confluencia con la quebrada Mesa de Plata MP-7 (RH-2), la variación del pH es de forma exponencial, los valores más ácidos en los meses de estiaje (julio -setiembre) y los más básicos en los meses de lluvia (diciembre -enero), teniendo un promedio dentro de los parámetros a los rangos LMP's y ECA - para agua Categoría 3 para los años 2007 -2017 como se aprecia en la Figura 24 (ver Tablas 13 -27).

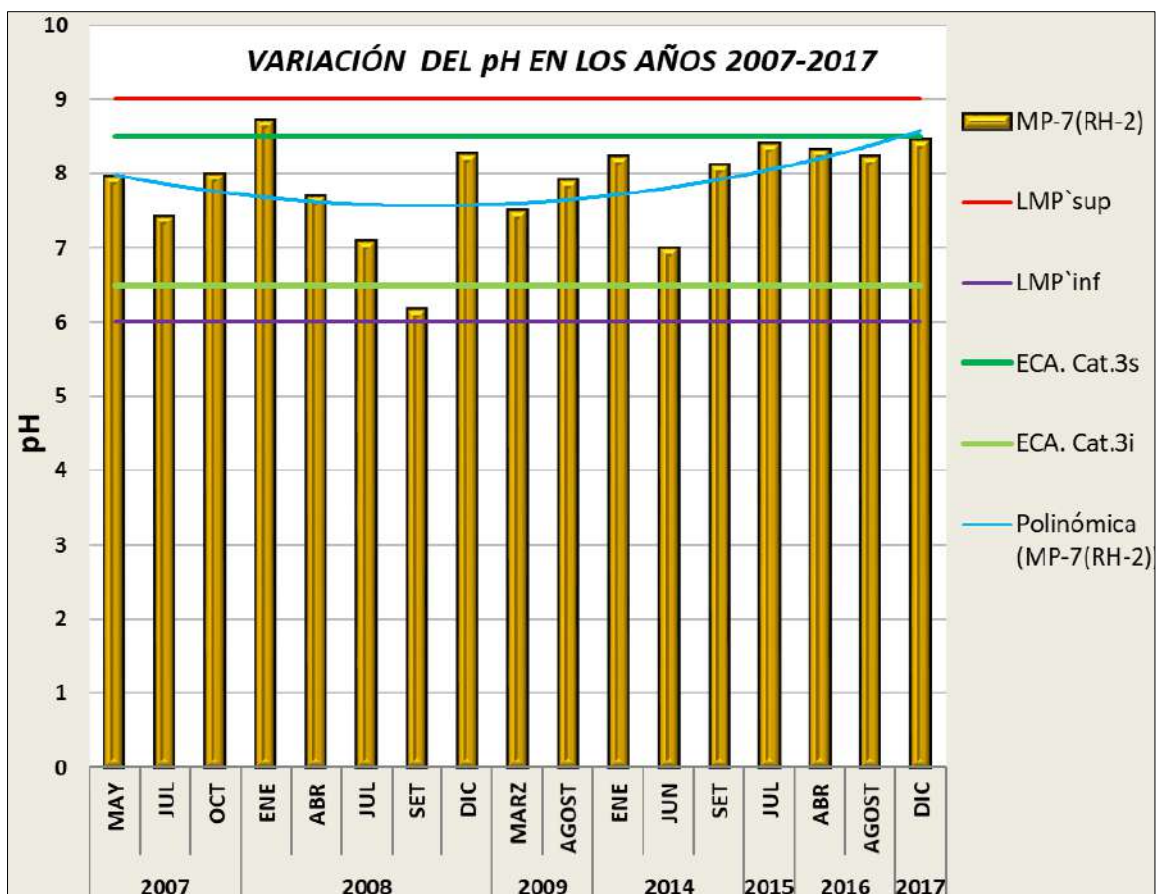


Figura 24. Cuadro estadístico comparativo del pH, en los años 2007 al 2017, punto MP -7
Fuente: Gerencia regional de recursos naturales y gestión del medio ambiente –
Cajamarca (2009) y ANA -ALA (2014 -2017).

El pH obtenidos de los siete puntos de monitoreo transitorio realizados con peachímetro digital en el campo (*in situ*) para la microcuenca Mesa de Plata desde MP-1 al MP-7; las variaciones están relacionados en función a la cantidad y los valores más ácidos corresponden a los meses de estiaje (junio -setiembre) tal como fluctúan en los puntos MP-1, MP-2 MP-3 que se encuentra por debajo al LMP's y los más básicos corresponden a los meses de lluvia (diciembre-enero) los cuales se aprecian en los puntos MP-4, MP-5, MP-6, MP-7, que no superan los LMP's; por los gráficos se deducen que el punto permanente RH-2 y que para la investigación es MP-7, los valores en el pH no superan los LMP's,

ni ECA. para agua Categoría 3, los mismo se observan en las Figuras 23 -25 (ver Tablas 13 -27).

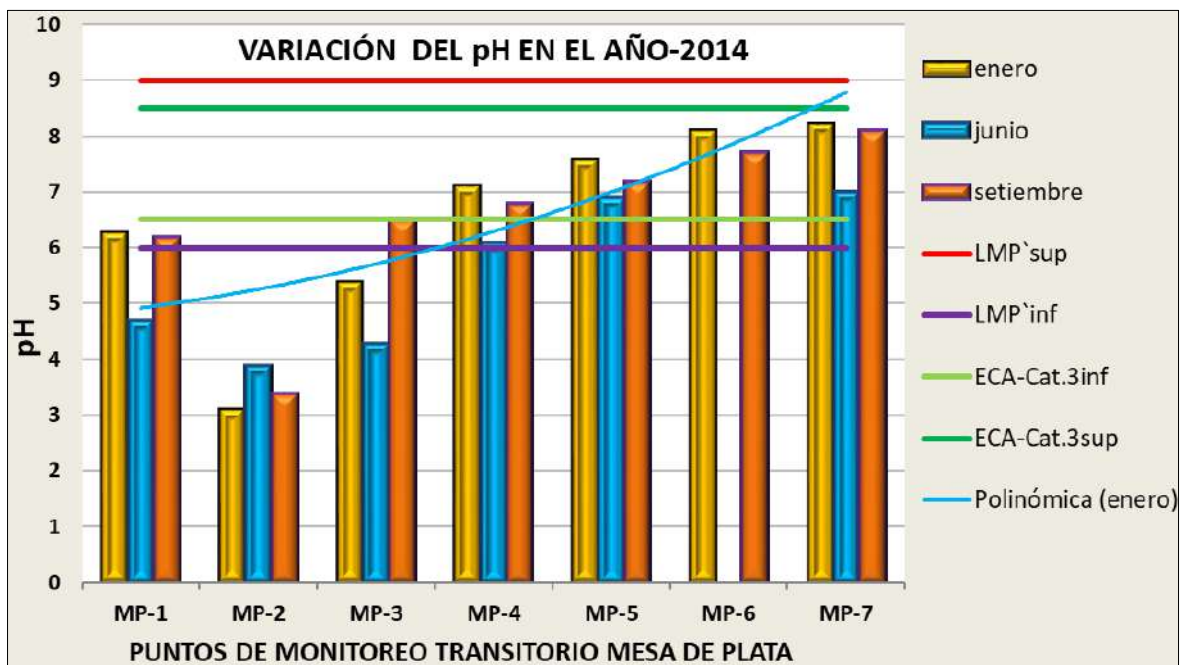


Figura 25. Gráfico de barras comparativo del pH, puntos de monitoreo transitorio del año 2014

4.5.3 Temperatura (T°)

La variación de la temperatura en los puntos de monitoreo transitorio en la microcuenca Mesa de Plata determinados en el campo propiamente dicho (*in situ*) tomados con peachímetro digital en los siete puntos transitorios, con los cuales se han elaborado el cuadro estadístico correspondiente en la Figura 26 (ver Tabla 14).

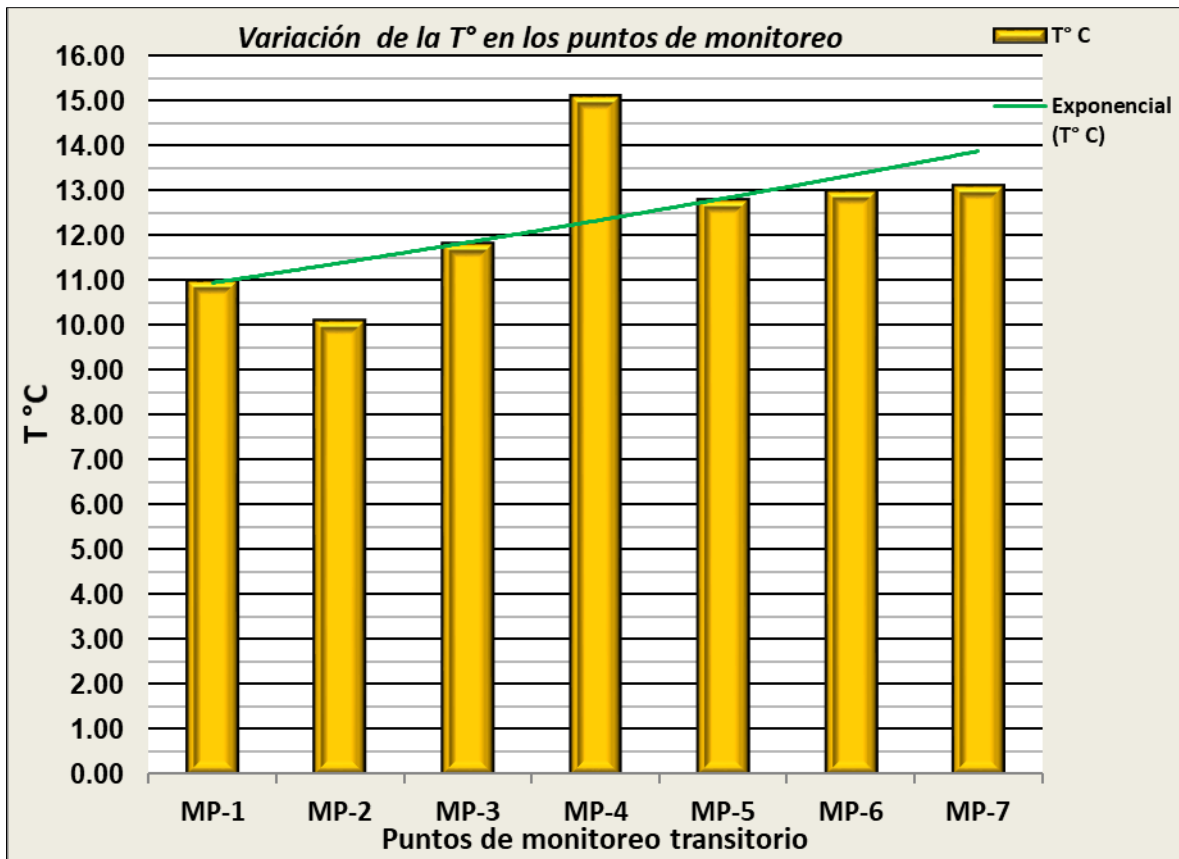


Figura 26. Cuadro estadístico de T°, en los puntos de monitoreo temporal MP-1 al MP-7

La comparación de la temperatura obtenidos para los puntos de monitoreo temporal en la microcuenca Mesa de Plata del MP-1 al MP-7; los mismos varían en función a la altitud y que el punto MP-4 es de mayor valor, se debe a que es influenciada por las aguas subterráneas de la bocamina la Zarza (C° María).

4.5.4 HIERRO (Fe)

Del cuadro estadístico se puede deducir que los afluentes a la quebrada Mesa de Plata, puntos MP-1 al MP-3 poseen mayor contenido de hierro y que a la confluencia al río de Hualgayoc disminuye las concentraciones en los puntos MP-4 al MP-7, los cuales se encuentran por debajo de los LMP's y ECA para agua Categoría 3. Se debe por la infiltración de las aguas y el contacto con los

sedimentos recientes del Cuaternario aluvial y rocas calcáreas de calizas en su trayectoria antes de la confluencia al río Hualgayoc, como se ve en la Figura 27.

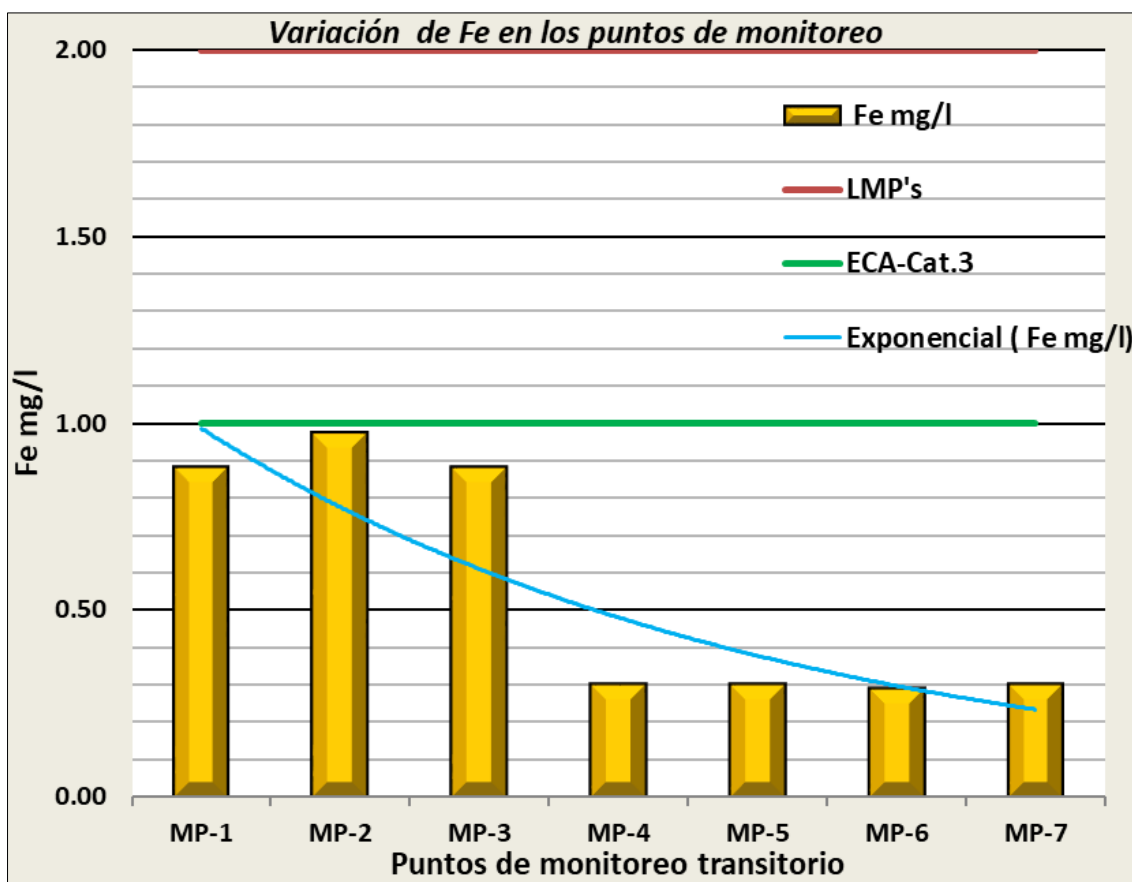


Figura 27. Cuadro estadístico de Fe, en los puntos de monitoreo temporal.

La comparación estadística del elemento hierro obtenido en los puntos de monitoreo temporal de la microcuenca Mesa de Plata del MP-1 al MP-7, no superan los LMP's, ni ECA -para agua de categoría 3 en los siete puntos.

4.5.5 PLOMO (Pb)

Teniendo como referencia el punto de monitoreo permanente RH-1: Río Hualgayoc -500m. Comunidad Colquirrumi y RH-2: Río Hualgayoc - Comunidad de Hualgayoc (monitoreo ALA, ver resultados Anexos); que para el punto de monitoreo temporal en la microcuenca Mesa de Plata en la investigación corresponde al punto MP-7, como se plasma en la Figura 28 (ver Tablas 18 y 19).

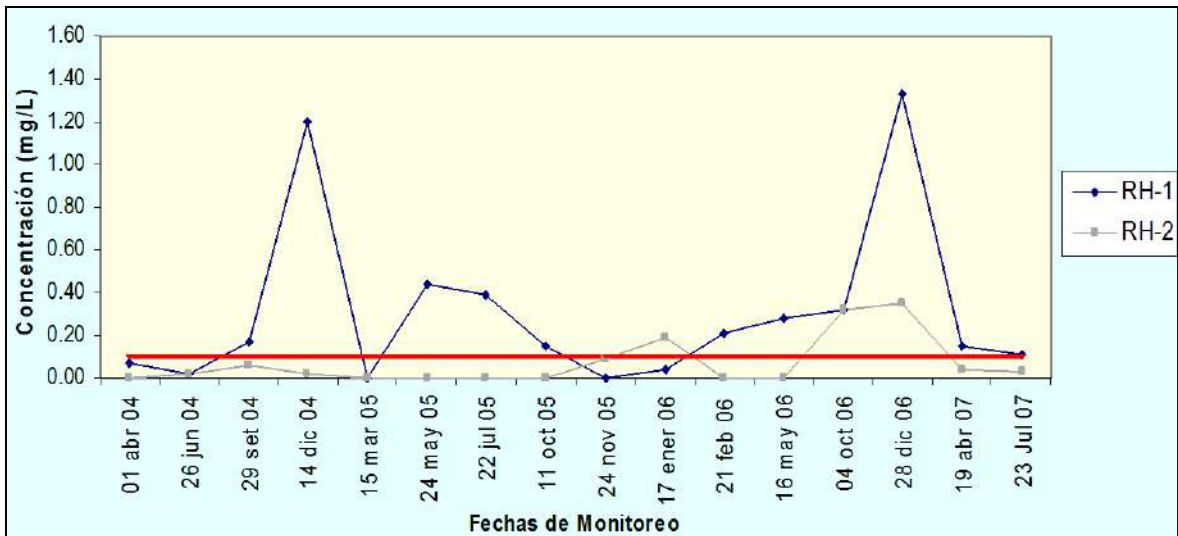


Figura 28: Cuadro estadístico de Pb, comparativo en los puntos de monitoreo permanente. Fuente: Gerencia regional de recursos naturales y gestión del medio ambiente

Cajamarca (2009).

El muestreo de Pb obtenidos en los años 2004 -2007; sus valores superan en los meses de octubre a diciembre en los años 2004 -2006 y el resto de los meses se encuentran por debajo de los LMP's, como se aprecia en la Figura 29.

Plomo (Pb)

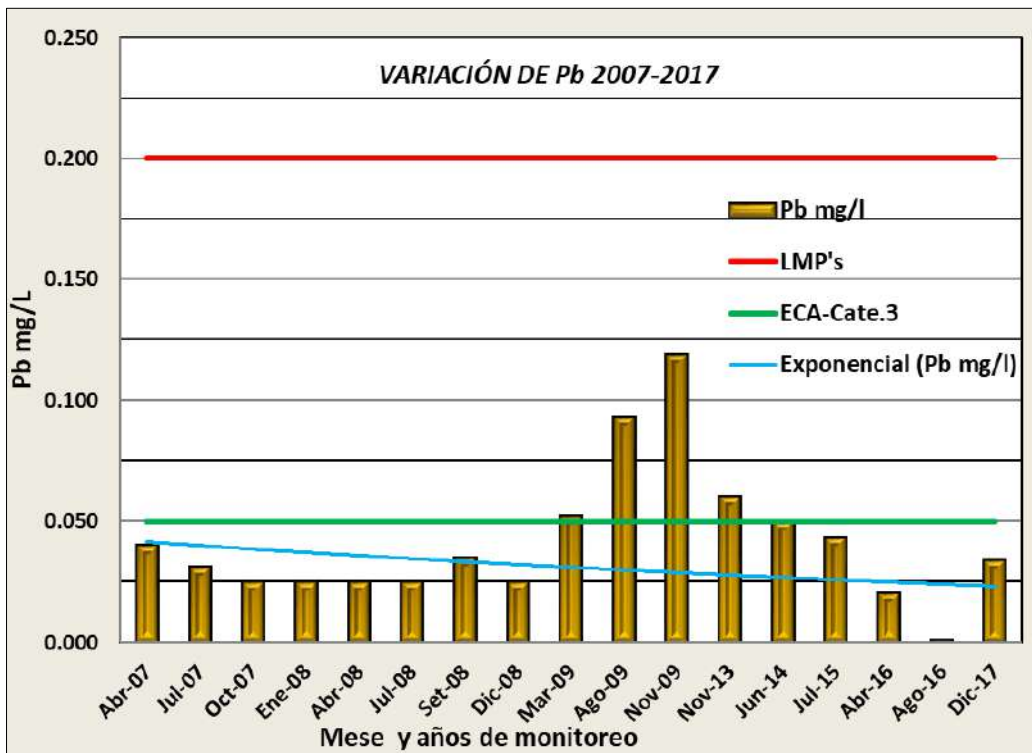


Figura 29: Cuadro estadístico de Pb, en los puntos de monitoreo (ALA, 2017).

La comparación estadística del Pb, obtenidos en períodos de los años 2007 al 2017, en el punto de monitoreo permanente MP-7 (RH-2) Río de Hualgayoc, no superan los LMP's, pero superando en los ECA -para agua de categoría 3, en los meses de marzo a noviembre del 2009 como se grafica en la Figura 29 (ver Tablas 18 -27).

4.5.6 COBRE (Cu)

RH-1: Río Hualgayoc - 500m. Comunidad Colquirrumi.

MP-7, RH-2: Río Hualgayoc - Comunidad de Hualgayoc. 2009.

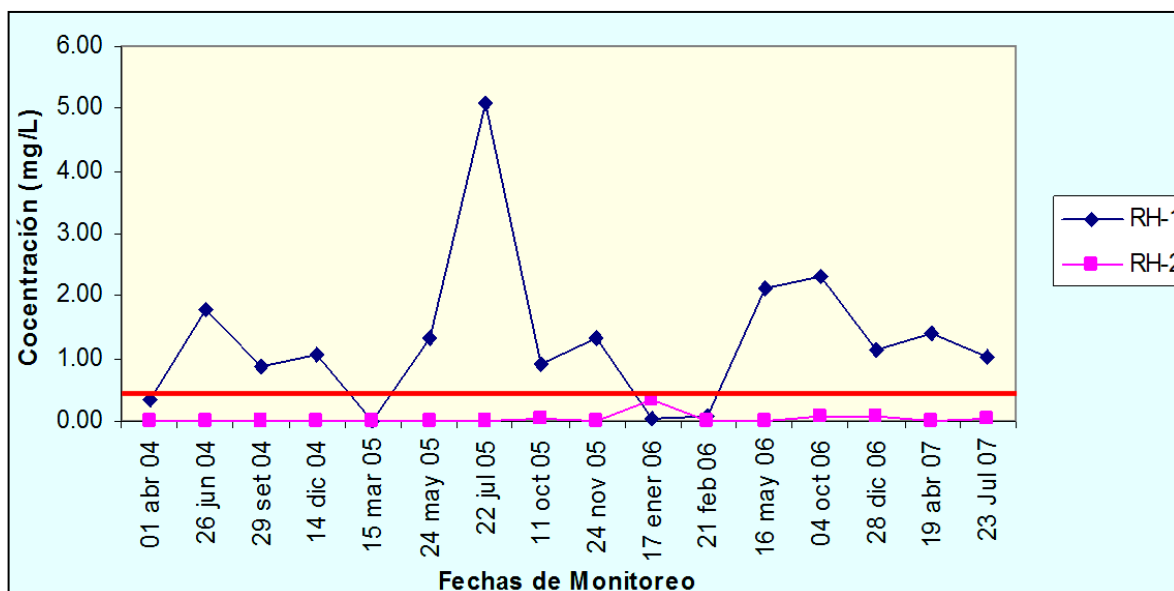


Figura 30. Cuadro estadístico de Cu, en los puntos de monitoreo permanente R2 =(MP-7)

Fuente: Gerencia regional de recursos naturales y gestión del medio ambiente Cajamarca (2009).

En el cuadro estadístico del Cu obtenidos en los años 2004 al 2007; no superan los LMP's en el río Hualgayoc R-2, que para la investigación corresponde a MP-7 como punto de monitoreo temporal en la microcuenca.

Para la zona de Colquirumi superan estos valores en punto permanente R-1, los cuales se han graficado en la Figura 30 (ver Tabla 19).

COBRE (Cu)

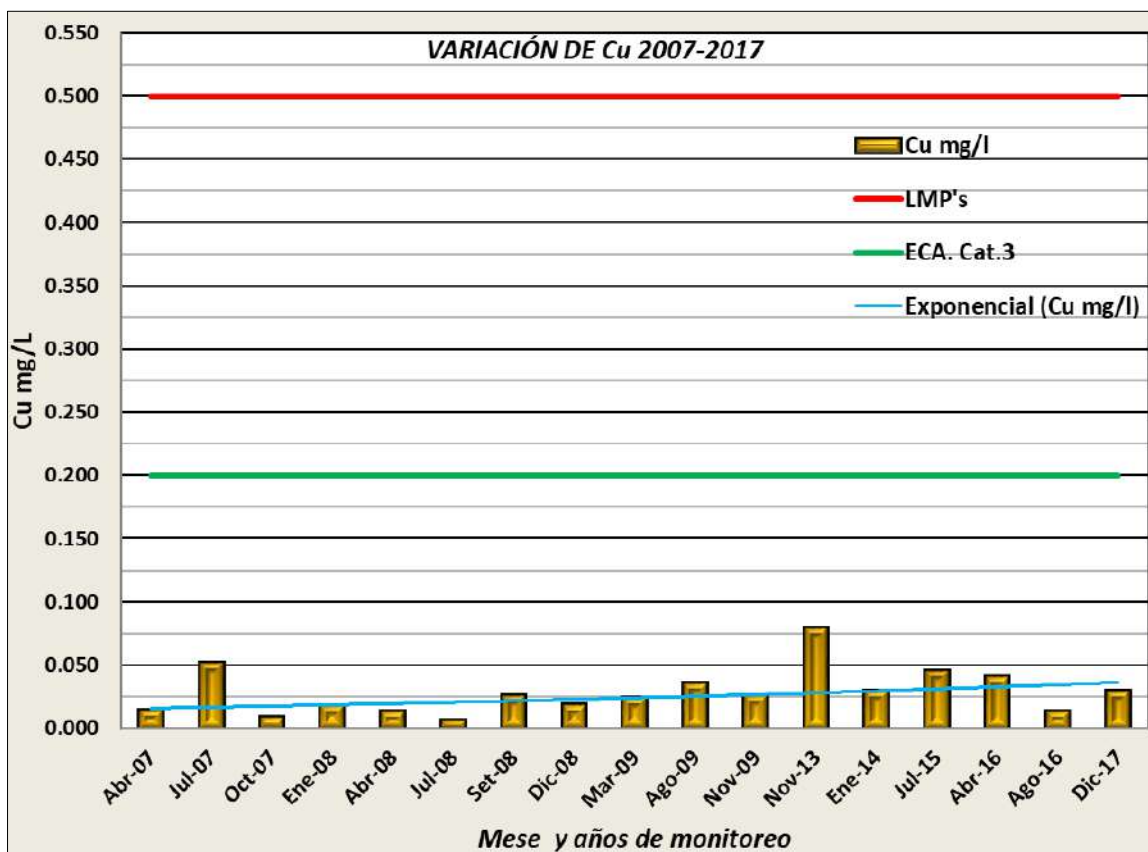


Figura 31. Cuadro estadístico de Cu comparativo en los años 2007 -2017
 Fuente: Gerencia regional de recursos naturales y gestión del medio ambiente
 Cajamarca (2009) y ANA -ALA (2013 -2017).

La comparación de datos estadísticos del Cu obtenidos en períodos de los años 2007 al 2017, plasmados en el cuadro estadístico Figura 31 (ver Tablas 17 -27); en el punto de monitoreo MP-7 =(RH-2) río de Hualgayoc, no superan los LMP's. y ECA -para agua Categoría 3; por lo cual no se considera riesgo latente para el uso como tipo III de las aguas del río Hualgayoc de acuerdo con la clasificación por la Dirección General de Salud (DIGESA, 2010).

4.5.7 CADMIO (Cd)

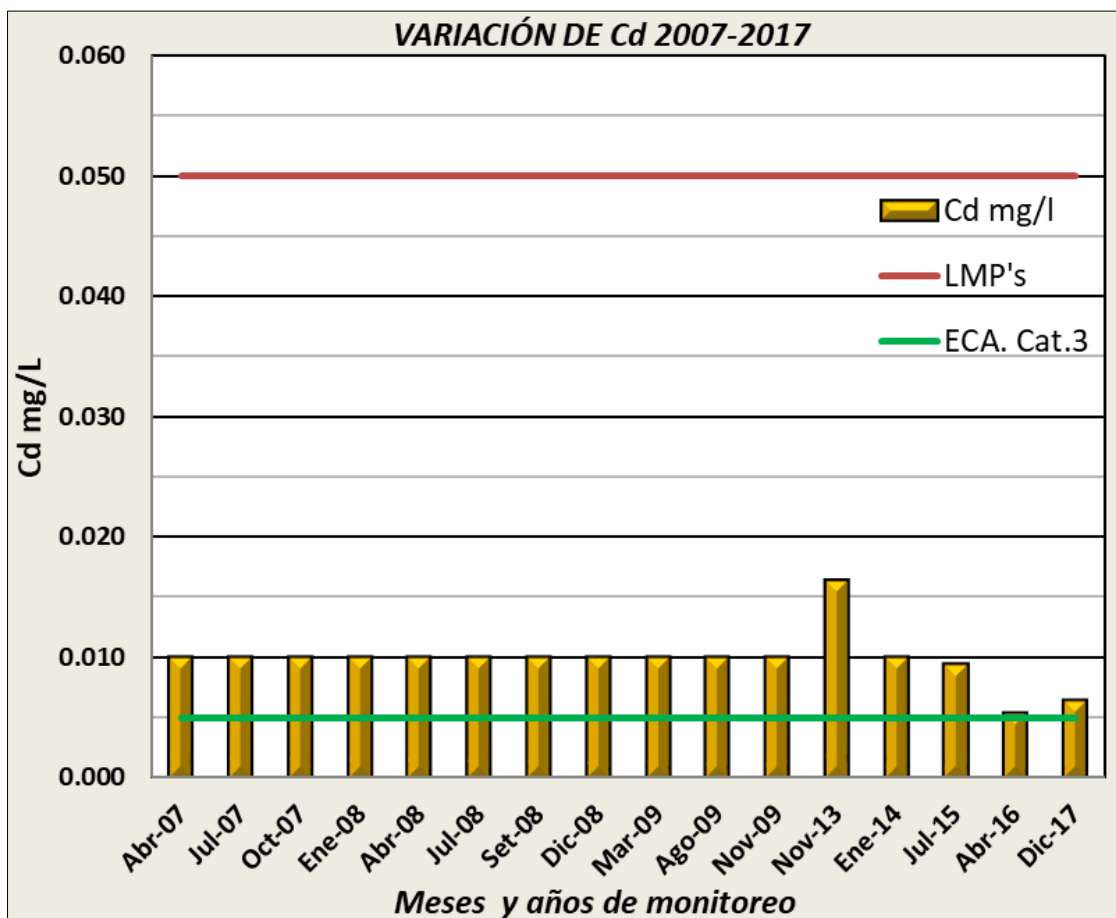


Figura 32. Cuadro estadístico de Cd. comparativo en los años 2007 -2017

Fuente: Gerencia regional de recursos naturales y gestión del medio ambiente

Cajamarca (2009) y ANA -ALA (2013 -2017).

La comparación estadística del Cd obtenidos en períodos de los años 2007 al 2017, en el punto de monitoreo MP-7, (RH-2) del río de Hualgayoc, no superan los LMP's para efluentes mineros metalúrgicos.

Pero en los ECA -para agua categoría 3 superan en todos los años, como se aprecia en Figura 32 (ver Tablas 18- 25). Por lo que se concluye, que para los elementos en los metales pesados los valores superarían a los LMP's y ECA.

4.5.8 ZINC (Zn)

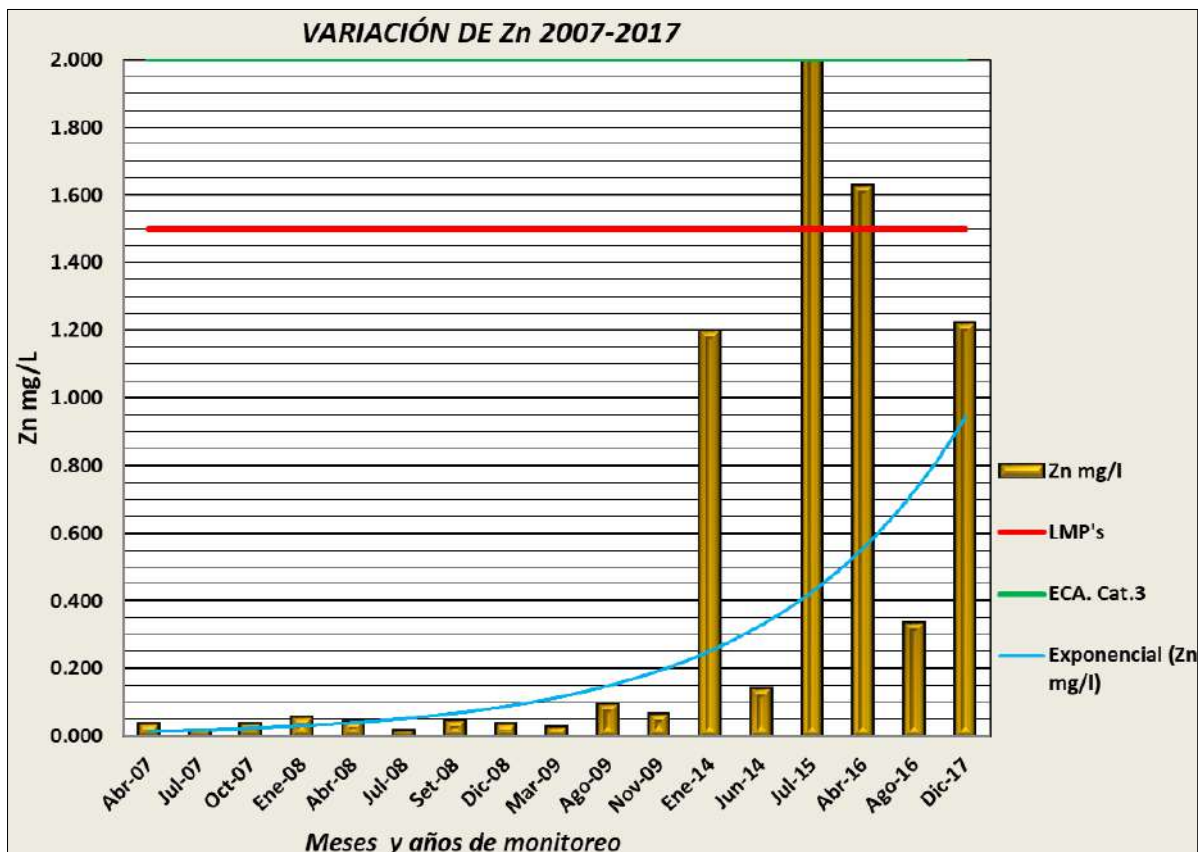


Figura 33. Cuadro estadístico de Zn comparativo en los años 2007 -2017

Fuente: Gerencia regional de recursos naturales y gestión del medio ambiente

Cajamarca (2009) y ANA -ALA (2013 -2017).

La comparación de Zn obtenidos en períodos de los años 2007 al 2017, en el punto de monitoreo MP-7 como punto temporal en la microcuenca Mesa de Plata; río de Hualgayoc (RH-2) punto de monitoreo permanente; en promedio no superan los LMP's. y ECA - para agua categoría 3, solo se tiene un alto valor errático en julio de 2015 por error de muestreo, como se ve en la Figura 33 (ver Tablas 19 -26).

4.5.9 ARSÉNICO (As)

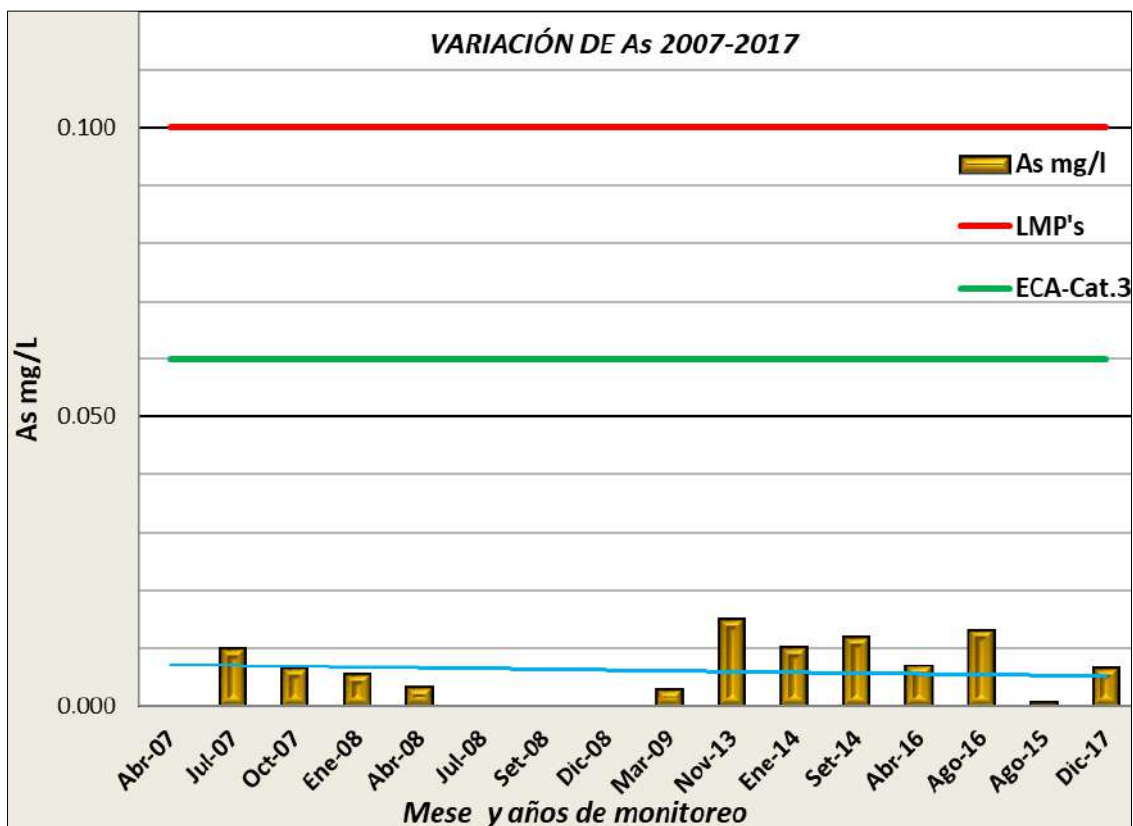


Figura 34. Cuadro estadístico de As comparativo en los años 2007 -2017

Fuente: Gerencia regional de recursos naturales y gestión del medio ambiente

Cajamarca (2009) y ANA -ALA (2013 -2017).

La comparación del cuadro estadístico de As obtenidos en períodos de los años 2007 al 2017, en el punto de monitoreo MP-7 y (RH-2) del río de Hualgayoc no superan los LMP's, ni ECA -para agua Categoría 3, tal como se aprecia en la gráfica estadística Figura 34 (ver Tablas 19 -27).

4.6 ANÁLISIS FÍSICO- QUÍMICO

Las aguas en los puntos de monitoreo (Figuras 23 -34 y Tablas 13 al 27, Anexo), en la microcuenca Mesa de Plata, que después de la confluencia con el río Hualgayoc en los metales de suspensión tales como Pb, Cu, Cd, Zn, As, Fe entre

otros no superan los límites máximos permisibles (LMP's) en diferentes años de monitoreo, ni en los puntos permanentes y transitorios. La toxicidad de un agente contaminante no sólo va a depender de sí mismo sino de las características del suelo, de las rocas donde colisionen van a ser irreversibles.

Los métodos activos para eliminar el problema que se aplican durante la operación de la mina superan los presupuestos de los gobiernos locales tienen para atenderlos luego de que la operación minera ha terminado (en abandono).

Los tratamientos de aguas para los drenajes ácidos de mina (DAM) constituyen una alternativa válida para la solución del problema que se presenta, si bien es cierto que su aplicación es mucho más barata cuando se prevé y se ejecuta durante el tiempo de operación minera, no exige demasiado a los presupuestos locales y regionales donde los gobiernos locales y la comunidad deben lidiar con esta situación heredada por el estado.

Existen abundantes normativas y leyes que regulan estos problemas, pero muy pocos las cumplen, esto quiere decir que la Ley no resuelve la problemática de la contaminación del agua, es un problema que debe ser resuelto por el gobierno central y por las municipalidades (local); si no se logra desarrollar la cultura del agua en todos los niveles de la sociedad, entonces será imposible plantear una gestión integral que promueva el uso sostenible del recurso agua.

El problema consiste en la contaminación de los afluentes de las aguas superficiales que están siendo usadas en riego y recreación, estas aguas deberían ser conducidas a plantas de tratamiento antes de sus descargas o uso. Se debe dar solución a este problema la intervención directa del estado desde la elaboración de estudios hasta la implementación y seguimiento de estos sistemas de tratamiento, así como, un programa de capacitación y asistencia

técnica a los mineros, también se debe plantear juntamente con el estado la búsqueda de recursos económicos que permitan la implementación de sistemas de tratamiento de aguas subterráneas (plumas contaminantes).

(Medio ambiente subterráneo y sustentabilidad Oruro–Bolivia, 2011).

- Los PAM's constituyen una herencia que ha quedado de la minería del pasado o tradicional.
- La actual normativa ambiental e instrumentos modernos como los Acuerdos de Producción Limpia (APL), la Certificación ISO 14001, permiten un mejor manejo del cierre adecuado de la faena minera, evitando de esta forma la generación de nuevos PAM's.
- Se debe reconocer que algunos PAM's generan o pueden llegar a generar problemas sobre los recursos naturales y la comunidad, por lo que no enfrentarlo en forma conveniente, terminarán a la larga subsidiados por los contribuyentes (impuestos).
- Los responsables de estos pasivos generalmente no son conocidos, pudiendo haber intervenido en su generación una cadena de ellos, lo que se traduce en una dificultad que puede llegar a impedir la remediación en ciertos casos.
- Las condiciones de riesgo de estos pasivos dependen de muchos factores, siendo uno de ellos la propia naturaleza única de los yacimientos minerales desde los cuales se genera la actividad, desde las zonas más altas hacia las partes muy bajas.
- Uno de los riesgos potenciales que puede evidenciarse en el largo plazo lo constituyen la generación de aguas ácidas, fenómeno que es condicionado entre otros factores por la pluviometría (precipitación), la cual como es de conocimiento es mínima en algunas zonas del norte del país.

- En Chile los pasivos mineros pueden comprometer la zona superficial y el subsuelo, cuyos derechos puede pertenecer a distintos dueños.

Los Residuos Mineros Masivos, como desmontes y escorias del pasado, pueden llegar a constituir recursos mineros potenciales, una vez que se conjugan factores favorables como los precios y los avances tecnológicos en el arte de la minería (Infante, 2011).

A continuación, se presentan las tablas de los resúmenes compilados desde el año 2007 al 2017 y los valores utilizados para la investigación (Tablas 13 al 27); con los cuales se han realizado los cuadros estadísticos comparativos plasmados en las Figuras 23 al 34.

Tabla 13. Resume de valores de pH obtenidos de los puntos de monitoreo temporal.

Ph. Lmp's		VALORES	UBICACIÓN MUESTRAS		LAT.	LONG.	COTA
Infer.	Super	Ph					
6	9	6,28	MP-1	Qda. Pozo ricos, Corona	9252558	764140	3637
6	9	3,11	MP-2	Qda. C° Jesus- Hualgayoc	9252664	764275	3635
6	9	5,38	MP-3	Qda. Mesa de Plata, unión de afluentes MP-1 y MP-2	9252394	764407	3580
6	9	7,10	MP-4	Boca mina C° María (la Zarza)	9252164	764534	3550
6	9	7,58	MP-5	Qda. Mesa de Plata	9252145	764894	3478
6	9	8,10	MP-6	Río Hualgayoc, antes de la quebrada Mesa de Plata	9252129	764907	3497
6	9	8,23	MP-7	Río Hualgayoc, después de la quebrada Mesa de Plata (RH-2)	9252186	764939	3480

Tabla 14. Valores de las temperaturas obtenidos para los puntos transitorios en el campo *in situ*.

Puntos	T° C
MP-1	11,00
MP-2	10,10
MP-3	11,82
MP-4	15,10
MP-5	12,80
MP-6	13,00
MP-7	13,10

Tabla 15. Valores del pH en los puntos de monitoreo trimestral transitorio en el año 2014.

PUNTOS	enero	junio	setiemb.	LMP`sup	LMP`inf	ECA- Cat.3inf	ECA- Cat.3sup
MP-1	6.28	4.7	6.2	9	6	6.5	8.5
MP-2	3.11	3.9	3.4	9	6	6.5	8.5
MP-3	5.38	4.3	6.5	9	6	6.5	8.5
MP-4	7.1	6.1	6.8	9	6	6.5	8.5
MP-5	7.58	6.9	7.2	9	6	6.5	8.5
MP-6	8.1		7.7	9	6	6.5	8.5
MP-7	8.23	7	8.1	9	6	6.5	8.5

Tabla 16. Valores del pH en los años 2007 al 2017 en el punto MP-7, RH-2

Años	Meses	MP-7(RH-2)	LMP`sup	LMP`inf	ECA. Cat.3s	ECA. Cat.3i
2007	MAY	7.96	9	6	8.5	6.5
	JUL	7.42	9	6	8.5	6.5
	OCT	7.99	9	6	8.5	6.5
2008	ENE	8.72	9	6	8.5	6.5
	ABR	7.7	9	6	8.5	6.5
	JUL	7.09	9	6	8.5	6.5
	SET	6.18	9	6	8.5	6.5
	DIC	8.27	9	6	8.5	6.5
2009	MARZ	7.5	9	6	8.5	6.5
	AGOST	7.92	9	6	8.5	6.5
2014	ENE	8.23	9	6	8.5	6.5
	JUN	7.0	9	6	8.5	6.5
	SET	8.1	9	6	8.5	6.5
2015	JUL	8.4	9	6	8.5	6.5
2016	ABR	8.3	9	6	8.5	6.5
	AGOST	8.2	9	6	8.5	6.5
2017	DIC	8.45	9	6	8.5	6.5

Fuente: ANA, ALA (2007 -2017)

Tabla 17. Valores de Cu y Zn en los años 2007 al 2017 en el punto MP-7, RH-2

Años	Cu mg/l	LMP's	ECA. Cat.3	Años	Zn mg/l	LMP's	ECA. Cat.3
Abr-07	0.015	0.5	0.2	Abr-07	0.038	1.5	2
Jul-07	0.052	0.5	0.2	Jul-07	0.018	1.5	2
Oct-07	0.009	0.5	0.2	Oct-07	0.038	1.5	2
Ene-08	0.018	0.5	0.2	Ene-08	0.057	1.5	2
Abr-08	0.014	0.5	0.2	Abr-08	0.045	1.5	2
Jul-08	0.007	0.5	0.2	Jul-08	0.018	1.5	2
Set-08	0.026	0.5	0.2	Set-08	0.048	1.5	2
Dic-08	0.019	0.5	0.2	Dic-08	0.038	1.5	2
Mar-09	0.024	0.5	0.2	Mar-09	0.029	1.5	2
Ago-09	0.036	0.5	0.2	Ago-09	0.096	1.5	2
Nov-09	0.026	0.5	0.2	Nov-09	0.065	1.5	2
Nov-13	0.080	0.5	0.2	Ene-14	1.200	1.5	2
Ene-14	0.030	0.5	0.2	Jun-14	0.141	1.5	2
Jul-15	0.046	0.5	0.2	Jul-15	2.154	1.5	2
Abr-16	0.041	0.5	0.2	Abr-16	1.627	1.5	2
Ago-16	0.014	0.5	0.2	Ago-16	0.335	1.5	2
Dic-17	0.030	0.5	0.2	Dic-17	1.220	1.5	2

Tabla 18. Valores de Pb y Cd en los años 2007 al 2017 en el punto MP-7, RH-2

Años	Pb mg/l	LMP's	ECA-Cate.3	Años	Cd mg/l	LMP's	ECA. Cat.3
Abr-07	0.040	0.2	0.05	Abr-07	0.010	0.05	0.005
Jul-07	0.031	0.2	0.05	Jul-07	0.010	0.05	0.005
Oct-07	0.025	0.2	0.05	Oct-07	0.010	0.05	0.005
Ene-08	0.025	0.2	0.05	Ene-08	0.010	0.05	0.005
Abr-08	0.025	0.2	0.05	Abr-08	0.010	0.05	0.005
Jul-08	0.025	0.2	0.05	Jul-08	0.010	0.05	0.005
Set-08	0.035	0.2	0.05	Set-08	0.010	0.05	0.005
Dic-08	0.025	0.2	0.05	Dic-08	0.010	0.05	0.005
Mar-09	0.052	0.2	0.05	Mar-09	0.010	0.05	0.005
Ago-09	0.093	0.2	0.05	Ago-09	0.010	0.05	0.005
Nov-09	0.119	0.2	0.05	Nov-09	0.010	0.05	0.005
Nov-13	0.060	0.2	0.05	Nov-13	0.016	0.05	0.005
Jun-14	0.050	0.2	0.05	Ene-14	0.010	0.05	0.005
Jul-15	0.043	0.2	0.05	Jul-15	0.009	0.05	0.005
Abr-16	0.020	0.2	0.05	Abr-16	0.005	0.05	0.005
Ago-16	0.001	0.2	0.05	Dic-17	0.006	0.05	0.005
Dic-17	0.034	0.2	0.05				

Fuente: ANA, ALA (2007 -2017)

Tabla 19. Valores de análisis en los puntos de monitoreo del río Llaucano ANA, ALA (2013-2017)

FECHA: NOVIEMBRE 2013								
PUNTOS DE MONITOREO		pH	As	Cd	Cu	Fe	Pb	Zn
QMesa 1	MP-5	4.79	0.067	0.1645	0.539	22.869	0.1989	3.592
RHual 2	MP-7	7.71	0.015	0.0164	0.079	3.356	0.0602	11.659
FECHA: SETIEMBRE 2014								
PUNTOS DE MONITOREO		pH	As	Cd	Cu	Fe	Pb	Zn
QMesa 1	MP-5	7.72	0.0079	0.02591	0.054	2.896	0.05108	5.9704
RHual 2	MP-7	7.96	0.0119	0.00109	0.012	0.62216	0.01311	0.5933
FECHA: JULIO 2015								
PUNTOS DE MONITOREO		pH	As	Cd	Cu	Fe	Pb	Zn
QMesa 1	MP-5	7.26	0.0006	0.0967	0.018	8.57	0.062	18.300
RHual 2	MP-7	8.40	0.0006	0.0094	0.046	2.54	0.043	2.154
FECHA: ABRIL 2016								
PUNTOS DE MONITOREO		pH	As	Cd	Cu	Fe	Pb	Zn
QMesa 1	MP-5	7.58	0.023	0.00018	0.208	13.41	0.088	17.93
RHual 2	MP-7	8.32	0.007	0.00546	0.041	1.497	0.020	1.627

Va...

...Viene

FECHA: AGOSTO 2016								
PUNTOS DE MONITOREO		pH	As	Cd	Cu	Fe	Pb	Zn
QMesa 1	MP-5	7.9	0.013	0.015	0.020	0.525	0.001	4.896
RHual 2	MP-7	8.23	0.013	0.0011	0.014	0.383	0.001	0.335

FECHA: DICIEMBRE 2017								
PUNTOS DE MONITOREO		pH	As	Cd	Cu	Fe	Pb	Zn
QMesa 1	MP-5	4.64	0.050	0.0681	0.431	23.819	0.1932	12.98
RHual 2	MP-7	8.45	0.0064	0.00647	0.011	2.779	0.034	1.22

Fuente: ANA, ALA (2013 -2017)

4.7 PROPUESTA DE SOLUCIÓN

La generación de pasivos ambientales mineros y la migración de drenaje ácido es un problema más grave que enfrenta el cierre de minas, ello no solamente afecta al sitio de la explotación, sino que tiene la capacidad de llevar el daño hasta decenas o cientos de kilómetros de distancia, afectando al recurso más valioso el agua. Aunque la acidez por si misma afecta los ecosistemas y cultivos, es usado porque facilita el transporte de metales pesados, contribuyendo a su dispersión a las zonas adyacentes, existen hoy, con la tecnología varios métodos, partiendo desde lo más básico el hecho que el agua presente un bajo grado o neutro de pH: 7; indica que la acidez del agua no es dañina; la propuesta para la solución del problema PAM's: la Biorremediación teniendo la factibilidad técnica y diagnóstico ambiental, la capacidad de las plantas nativas como *Calamagrostis ligulata*, *Cyperus* y *Juncus imbricatus* en ambientes con drenaje ácido para la bioacumulación de metales pesados de Pb en más de 500mg/l, As y Cu por encima de 900mg/l, Fe y Mg en más de 1600mg/l (Aliaga et al, 2010).

Por el tipo, magnitud del yacimiento, mineralogía, contexto litológico, estructural, la topografía, clima, altitud, posición del sistema de drenaje, cultivos, fragilidad

ecológica ambiental y ubicación de la población; ante el comportamiento y el uso del agua en las zonas afectadas por la presencia de PAM's, con el objetivo de obtener parámetros muy concretos relativos al diseño de la remediación se deben ubicar pozos de monitoreo con piezómetros en perforaciones profundas ($\pm 50\text{m.}$) y determinar zonas de plumas de contaminación al subsuelo.

4.7.1 Introducción

Los botaderos son acumulaciones de material estéril o de contenido mineral de bajo rendimiento económico que son apilados en desmontes fuera del área de proceso. Es necesario considerar un control hidrogeológico y conocer los riesgos que implica su construcción; se define como el producto de peligro y exposición medido en función a la frecuencia o probabilidad de ocurrencia y magnitud de un evento adverso. La exposición puede ser medida en función a la proximidad del peligro, periodo de exposición e impacto potencial a un medio especialmente vulnerable a la contaminación. Los factores considerados en la caracterización de botaderos, tomando en cuenta el criterio de valoraciones de los factores y sumatoria total, son asentamiento de la plataforma, condición de las bermas, presencia de grietas, condición de la plataforma, instrumentación adecuada, presencia de agua, acción erosiva del viento, tipo y distribución del material a lo largo de los frentes de descarga o área afectada.

Se debe considerar que los objetivos de la modelización no son la simulación exacta de todos los procesos hidrogeológicos y relativos al transporte de contaminantes en la totalidad del emplazamiento, si no tan sólo el comportamiento del sistema ante extracciones de agua en las zonas afectadas por la presencia de contaminantes en agua, con el objeto final de obtener

parámetros muy concretos relativos al diseño de la remediación, básicamente el número óptimo de pozos de extracción, situación de los mismos, caudales de bombeo y radios de influencia compuestos.

4.7.2 Objetivos

- Obtener el modelamiento hidrogeológico de la microcuenca Mesa de Plata.
- Caracterizar los distintos parámetros que intervienen en el balance hídrico de los sistemas acuíferos de Mesa de Plata, entre ellos: las características geológicas y geometría de las unidades acuíferas, la conductividad hidráulica, la transmisibilidad y el coeficiente de almacenamiento.
- Cuantificar el flujo subterráneo del acuífero no confinado de la microcuenca.
- Analizar el comportamiento de los botaderos de Mesa de Plata.

4.7.3 Metodología

- Análisis y recopilación de información.
- Modelo conceptual del sistema acuífero.
- Los modelos de simulación y elección.
- Simulación de Acuífero.
- Proceso de Calibración del Modelo.
- Simulación del transporte de contaminantes.
- Análisis de sensibilidad de los parámetros del modelo.
- Prueba y verificación del modelo.
- Modelamiento Numérico.
- Remediación.

4.7.4 Balance hídrico

Es el equilibrio existente entre las entradas y salidas de agua en un sistema o volumen de control lo cual debe ser coherente con lo que se acumula, para el caso de las aguas subterráneas el sistema dependería del acuífero (Yaouti et al., 2008). La relación e intercambio que se tengan entre fuentes de agua subterránea y agua superficial en su mayoría determina la cantidad y calidad del flujo subterráneo (Lambs, 2004). En la zona hiporréica donde aguas superficiales y subterráneas se intercambian pueden ocurrir importantes procesos químicos, físicos y biológicos (Sophocleous, 2002). La variación del nivel freático es causada por procesos naturales y por las actividades antrópicas (Holman, 2006), los impactos indirectos del cambio climático no deben menospreciarse en la variación de la recarga (Villholth, 2006).

La ecuación de balance hídrico está basada en la ecuación de continuidad, a su vez fundamentada en el axioma de Lavoisier “nada se crea ni se destruye, sencillamente se transforma” y se expresa con la Ecuación 1 de la siguiente manera:

Ecuación 1. Balance de agua

Entradas = Salidas ± Variación de almacenamiento (1)

La ecuación anterior es aplicable a cualquier región (un acuífero o una cuenca, por ejemplo) y en un tiempo cualquiera. Cuantificar el agua en los acuíferos añade aplicaciones prácticas como el rastreo de contaminantes, la estimación del flujo subterráneo y recarga, efectos de detracción del acuífero, la estimación de las pérdidas entre otros (Osman y Bruen, 2002). El estudio del agua es muy complejo y multidisciplinario, solo las aguas subterráneas pueden tener una inmensidad de enfoques diferentes de estudio (Welsh, 2008). La sostenibilidad

de las aguas subterráneas actualmente se ven afectadas por los impactos humanos; además, el agua no siempre se produce en el lugar y momento deseado (Sophocleous, 2000).

De la ecuación 1 general de balance de masa, se obtiene la ecuación de balance hídrico en este caso para un acuífero libre (Ecuación 2):

Ecuación 2. Balance de agua, caso general para acuíferos libres

$$(P+iE+GE) = (ET+iS+GS+Qex) \pm \Delta Alm \quad (2)$$

Donde las variables (mm/año):

P = Precipitación

iE = Interflujo subterráneo de entrada

GE = Entrada de agua subterránea

ET = Evapotranspiración

iS = Interflujo subterráneo de salida

GS = Salida de agua subterránea

Qex = Extracción artificial

ΔAlm = Cambio en el almacenamiento.

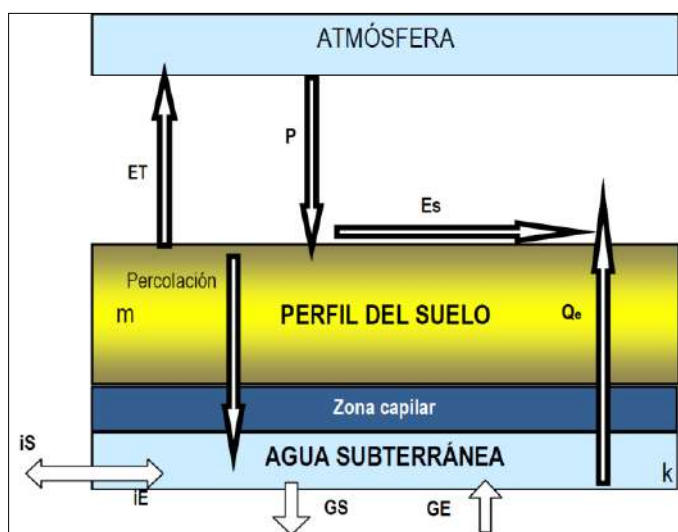


Figura 35. Representación de los factores que influyen en el balance hídrico. Donde: “m” es la porosidad y “K” la conductividad hidráulica (Sophocleous, 2000).

4.7.5 Modelación

Los modelos son abstracciones, simplificaciones o aproximaciones que describen sistemas reales, que por cierto casi nunca son descripciones exactas (Kumar, 1992). Los modelos son representaciones simples de la realidad y no necesariamente son perfectas, la modelación del flujo subterráneo es una herramienta importante en los estudios hidrogeológicos (Harbaugh et al., 2000). Los modelos de aguas subterráneas si están bien hechos, pueden ser valiosas herramientas predictivas para el manejo de los recursos hídricos subterráneos, pueden clasificarse como analógicos, matemáticos y a escala de laboratorio (Vives y Rodríguez, 2009). Además, son caracterizados por desarrollos matemáticos que generan ecuaciones, las cuales permiten establecer hipótesis y facilitan la simulación en este caso del comportamiento de las aguas subterráneas (Konikow et al, 1996). Los modelos poseen limitaciones, escalas y condiciones reales del sistema, provocando que la representación sea más compleja.

Modelos matemáticos para flujo subterráneo

Se presentan los siguientes modelos matemáticos los cuales no serán demostrados debido a que no son el objetivo del estudio. La ley de Darcy tridimensional (Ecuación 3) describe y determina la capacidad de los líquidos para transmitirse o trasladarse por un material geológico (suelo o roca).

Ecuación 3. Ley de Darcy en 3D

$$v = -K_{xx} \left(\frac{\partial h}{\partial x} \right) - K_{yy} \left(\frac{\partial h}{\partial y} \right) - K_{zz} \left(\frac{\partial h}{\partial z} \right) \quad (3)$$

La ecuación de flujo de aguas subterránea en 3D para acuíferos confinados y no confinados, también es conocida como la ecuación de Boussinesq (Ecuación 4), describe el flujo subterráneo con una base horizontal impermeable.

Ecuación 4. Ecuación de flujo en 3D de Boussines

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(K_x \frac{dh}{dx} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(K_y \frac{dh}{dy} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(K_z \frac{dh}{dz} \right) = S_s \left(\frac{\partial h}{\partial t} \right) \quad (4)$$

La Ecuación 5 es conocida como la ecuación general para transporte de solutos y sirve para modelar el movimiento de contaminantes:

Ecuación 5. Transporte de solutos

$$\left[\frac{\partial}{\partial x} \left(D_x \frac{dc}{dx} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(D_y \frac{dc}{dy} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(D_z \frac{dc}{dz} \right) \right] - \left[\frac{\partial}{\partial x} (v_x C) + \frac{\partial}{\partial y} (v_y C) + \frac{\partial}{\partial z} (v_z C) \right] = \frac{\partial c}{\partial t} \quad (5)$$

Modelos de flujo subterráneo

Actualmente existen varios modelos para simular el flujo subterráneo y el transporte de contaminantes. El modelo Visual MODFLOW posiblemente es el más ampliamente utilizado para modelar tridimensionalmente el flujo subterráneo (McDonald y Harbaugh, 1988). Este modelo es capaz de simular una gran variedad de sistemas y se caracteriza por su fácil comprensión e innovación. Posee ciertas limitaciones, ya que no permite incluir al modelo la escorrentía superficial y el flujo insaturado (Sophocleous, 2002).

A efectos prácticos, los Pasivos Ambientales Mineros son aquellos elementos, tales como instalaciones, edificaciones, superficies afectados por vertidos, depósitos de residuos mineros, tramos de cauces perturbados, áreas de talleres, parques de maquinaria o parques de mineral que, estando en la actualidad en

entornos de minas abandonadas o paralizadas, constituyen un riesgo potencial permanente para la salud, seguridad, población, biodiversidad y el medio ambiente.

4.7.6 GESTIÓN DE PASIVOS AMBIENTALES MINEROS

El modelo de Gestión de Pasivos Ambientales Mineros propuesto para ser implementado por Servicios Geológicos considera el desarrollo de las siguientes fases:

- a) Inventario y caracterización de pasivos ambientales en Mesa de Plata.
- b) Evaluación de riesgos y clasificación de Pasivos Ambientales Mineros.
- c) Priorización y propuestas de Remediación.

La identificación, ubicación y caracterización de los pasivos abandonados o paralizadas y la situación de su entorno, con el propósito de levantar un inventario de estos sitios, incluyendo su distribución en el territorio y registrando información preliminar de los peligros e impactos visibles. En esta primera fase se propone crear una base de datos que permitirá continuar con el siguiente paso de selección de las minas cuyo nivel de riesgo las haga merecedoras de mayor atención.

La segunda fase se refiere a un estudio más dinámico de los escenarios de peligros que tienen los pasivos abandonados y el efecto de éstos sobre las personas y el medio ambiente. Dicha propuesta tiene como objetivo clasificarlas en pasivos ambientales mineros y asignarles un lugar en la categorización relativa al nivel de riesgo.

4.7.7 Desarrollo Teórico

Sistema informático de modelización

Se ha utilizado un modelo en diferencias finitas que permite resolver de forma numérica la ecuación de la difusividad obtenida a partir de la ley de Darcy y la ecuación de la continuidad.

Se trata de una ecuación diferencial elíptica cuya solución por métodos numéricos se obtiene mediante el método de las diferencias finitas (MDF).

El programa informático utilizado es el Model Muse v2.8.2.

Mallado

Al no tratarse de la modelización de un sistema acuífero completo, sino de una parte limitada, se han tenido que observar algunos criterios específicos. Para la realización del modelo numérico se procede en primer lugar a la discretización del medio en un mallado regular general, con tamaño 50 x50m, con un refinado en las zonas de interés de 5 x5m. que son las zonas donde se han procedido a la modelización de los sistemas de extracción (sectores Pz-S, Pz-Q y Pz-I). Las dimensiones del modelo son de 2000 x2000m. Se ha distribuido el modelo en tres capas de superficie irregular, en función de la disposición geométrica tridimensional de las diferentes capas geológicas presentes en el subsuelo del emplazamiento y que son las siguientes (de arriba -abajo):

Capa 1: Relleno antrópico heterogéneo y arcilloso.

Capa 2: Sustrato rocoso, calizas.

Capa 3: Sustrato rocoso, Intrusivo.

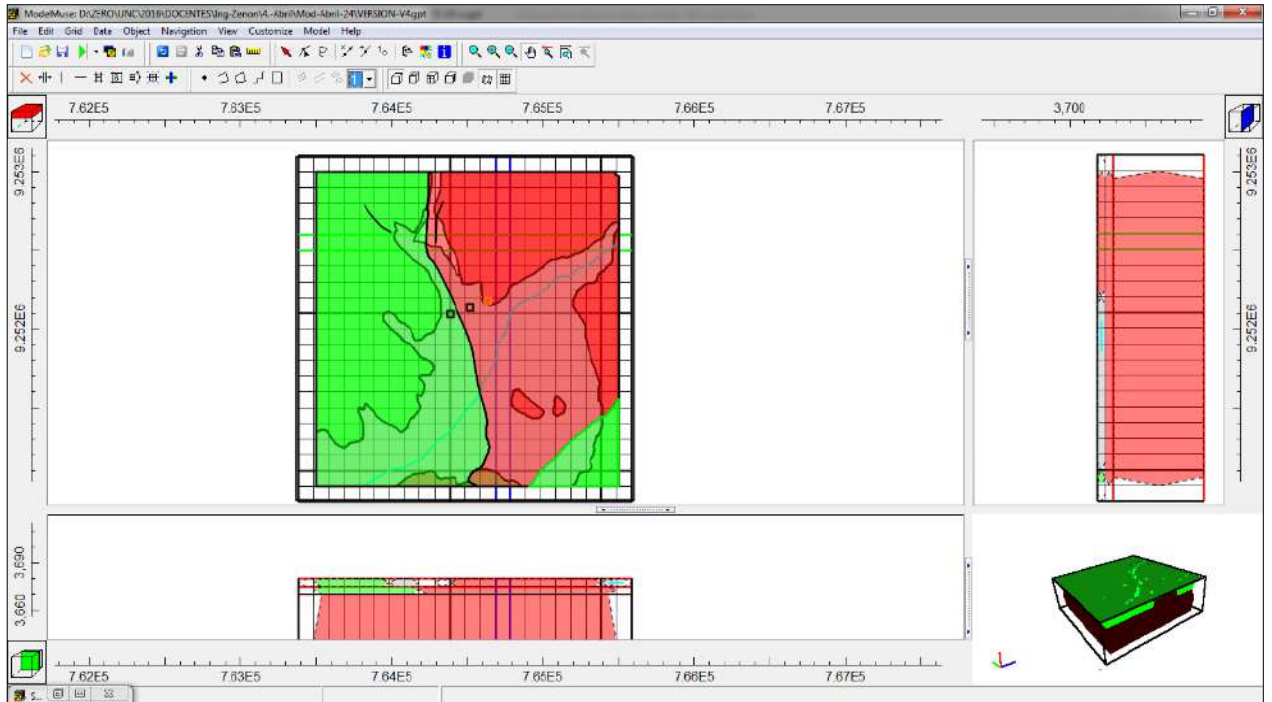


Figura 36. Bloque-Diagrama del emplazamiento con las unidades geo hidrogeológicas según características geológicas.

Como base física del modelo se ha tomado la capa 3, considerada en este caso como simplificación impermeable. Así mismo se ha considerado los afloramientos calcáreos situados al este y noreste del emplazamiento casi impermeables debido a la naturaleza de su composición litológica, plasmados en la Figura 36.

Condiciones de contorno.

Para la construcción del modelamiento se han tenido que asumir una serie de simplificaciones. Así, se ha impuesto un nivel piezométrico constante (valor 0m.) en el borde suroriental del modelo, mientras que en el borde noroccidental se le ha asignado un nivel constante de -6m. Por otro lado, se ha tenido en cuenta la presencia del río, así como la geometría, su importante influencia del acuífero, asignándole las correspondientes cotas topográficas en varios de sus puntos.

Se ha estimado una conductancia (permeabilidad vertical de recarga) para el lecho del río de 20m/día.

La base del acuífero, así como el borde lo constituyen las rocas intrusivas, consideradas en el modelo como medianamente impermeables. La recarga de agua al acuífero se ha simulado con la presencia de un borde de recarga adyacente a la zona de contacto; el cual decrece paulatinamente de sureste a noroeste desde los 0 a los 50m.

A cada una de las capas geológicas presentes bajo el emplazamiento se le ha asignado valores de porosidad, permeabilidad y coeficiente de almacenamiento, de acuerdo con los valores más probables y según la bibliografía disponible. Para atribuir la permeabilidad a la capa de relleno antrópico (capa 1) se ha procedido a una zonación y está en función de los ensayos de bombeo teóricos.

4.7.8 Resultados de la modelización de los sistemas de extracción

Se han localizado una serie de posibles puntos de extracción y se han aplicado distintos caudales de bombeo, observando las depresiones obtenidas en cada una de las zonas a tratar. Mediante la valoración iterativa de diferentes configuraciones de los sistemas de extracción se ha obtenido el número de pozos y los caudales de extracción óptimos, para un régimen permanente.

Para el sector Pz-S el sistema óptimo de extracción consistiría en un campo de pozos de bombeo compuesto por 3 pozos de extracción según la disposición de las tres de los cuales, situados aguas abajo, trabajarían ininterrumpidamente.

A un caudal de 5m³/día (0,06l/s), mientras que los restantes, localizados aguas arriba, bombearían a un caudal de 2,5m³/día (0,03l/s).

Para el sector Pz-Q el sistema óptimo de extracción consiste en un campo de pozos de bombeo compuesto por 2 pozos de extracción, los cuales trabajarían a un caudal de bombeo de $1,5\text{m}^3/\text{día}$ ($0,017\text{l/s}$.)

En el sector Pz-I el sistema óptimo de extracción consiste en un campo de 1 pozo de bombeo y en el que estaría bombeando agua constantemente a un caudal de $1,5\text{m}^3/\text{día}$ ($0,017\text{l/s}$).

Es preciso comentar que el hecho de que el acuífero tenga unos recursos hídricos limitados, según efectos en los ensayos de bombeo (efectos de vaciado), es por ello qué, los caudales de bombeo aquí obtenidos son caudales máximos, pudiendo obtenerse caudales de operación continua menores. En cualquier caso, el sistema de extracción debe tener en cuenta estos caudales distintos e indeterminados; su ubicación de los pozos se plasma en la Figura 37.

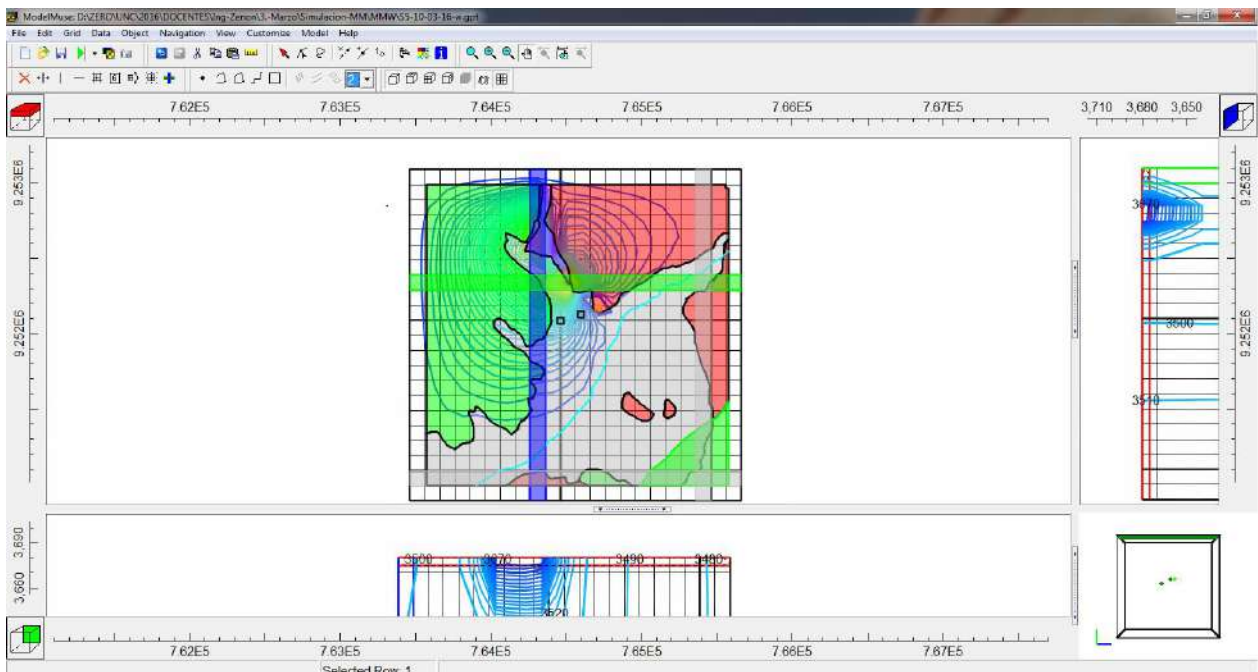


Figura 37. Superficie piezométrica de los sectores Pz-Q, Pz-S y Pz-I respectivamente, en los que se aprecia las zonas de influencia de los bombeos. Se han representado los vectores de velocidad.

4.8 CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS

La contrastación es por el método no experimental a través de la observación sistemática, descripción, comparación de los fenómenos naturales del ambiente por la caracterización geológica de la microcuenca Mesa de Plata; el cual yace en rocas sedimentarias de calizas, rocas intrusivas de composición dacítica, en los cuales se emplazaron sistemas de vetas y sedimentos cuaternarios recientes (sólidos -acumulados) cubiertas indivisibles en las zonas bajas de la microcuenca, con los cuales, existen la relación directa entre las variables dependientes e independientes; los cambios en el ciclo de la meteorización o erosión superficial, con las unidades geomorfológicas altitudinales los cuales forman una red de drenaje tipo paralelo a subdendrítico desde los valles juveniles a maduros; la topografía es coherente a su ubicación de acuerdo a la pendiente y altitud, dependiendo por la litología de las rocas sedimentarias calcáreas e intrusivos (columna estratigráfica) desde los más antiguos de las rocas carbonatadas del Cretácicos inferior -superior de $\pm 100\text{Ma}$ (ICS, 2018), así mismo, por rocas intrusivas de edad mioceno $\pm 10-14\text{Ma}$. (Gold Fields, 2016) y los sedimentos más recientes del Cuaternario constituidos por coluvio -aluvial, glacial, fluviales y depósitos antropogénicos de PAM`s, acumulados (desmonte) que al meteorizarse, erosionarse y discurrir por la generación de aguas ácidas; las cuales causan la contaminan del ambiente (suelo, agua y aire), con las características de los parámetros físicos y químicos (agua); favorecen al origen de los PAM`s; la evaluación, remediación, mitigación de los actuales e históricos PAM`s. y mejorar el cambio de las aguas subterráneas y superficiales. Con lo cual se contrasta y corrobora la hipótesis anteriormente planteada.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES

Según la evaluación son considerados los pasivos ambientales mineros en las cinco zonas monitoreadas, de moderado a alto en concordancia con el Índice de Importancia Ambiental (IM).

El volumen de los PAM's. depósitos acumulados (sólidos) en la microcuenca tienen un volumen aproximado de 1'000,000 m³, que originan las aguas ácidas.

Se ha identificado riesgo significativo para la salud y al medio ambiente, porque el PAM. pertenece a la clase tipo I. Ello se debe a que la actividad minera ha sido abandonada.

El flujo de agua contamina al infiltrarse por los canales, lo que causa una fluctuación del caudal en función a la ubicación desde las zonas alta, media y baja; por el tipo de suelo limo arcillosos y rocas sedimentarias calcáreas e intrusivos en los siete puntos monitoreados.

El pH varía en función de la cantidad de agua; en los puntos de monitoreo transitorio el valor del pH se encuentra inferior del límite pH 6, donde se tiene menor caudal de agua, los cuales no se encuentran dentro de los LMP's y para ECA -agua de categoría 3. Teniendo un promedio de pH 6.3 a 7.8.

Los valores superiores de pH, se encuentran dentro de los límites permisibles de pH 9 cuando se incrementa el caudal, pero en los meses de estiaje bajan notoriamente hasta alcanzar al límite inferior pH 6; los mismos se encuentran, dentro de los parámetros LMP's y ECA -para agua de categoría 3 en la confluencia al río Hualgayoc.

El agua en los puntos de monitoreo y después de la confluencia con el río Hualgayoc para Pb, Cu, Cd, Zn, Fe, As entre otros elementos, no superan los LMP's y ECA -para agua y son de clase III que sirve solamente para riego de vegetales de consumo crudo y bebida de animales en la microcuenca.

RECOMENDACIONES

Determinar la pluma de contaminación de las aguas ácidas de la microcuenca Mesa de Plata, a fin de encontrar los lixiviados que contaminan las aguas subterráneas que se encuentran debajo de los depósitos de relave y botaderos como resultado de una serie de reacciones fisicoquímicas complejas (Hidrogeología).

Investigar mediante métodos geofísicos como el sísmico, pozos de perforación y monitorear a través de piezómetros, para poder analizar de una manera específica la influencia de la topografía, estratigrafía, geología del cuerpo mineralizado, el clima y otros factores.

Realizar el análisis en múltiples elementos de los sedimentos de los PAM's. de la microcuenca Mesa de Plata, para determinar el porcentaje de metales pesados contaminantes al ambiente.

CAPÍTULO VI

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aliaga E. et al 2010. Capacidad de las Plantas Nativas en Ambientes con Drenaje Ácido para la Bioacumulación de Metales Pesados. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 11p.
- Arango A. M. 2011. Requerimiento para el diseño de una metodología que permita estimar el valor de pasivos ambientales mineros. Tesis de maestría en medio ambiente y desarrollo, Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, 102p.
- Adivire, O. y Adivire, H. 2006. Aguas ácidas de mina: caracterización, mineralogía y microbiología. Ingeopres 141, pp. 52-62.
- Chávez G. A. 2009. Evaluación de la calidad y cantidad de las aguas del río el tingo –hualgayoc en el primer año de explotación por minera la cima. Tesis de maestría en planificación para el desarrollo línea gestión ambiental, postgrado universidad nacional de Cajamarca 117p.
- Ecu Red, 2017. PH (acidez), Consultado el 14 mayo 2018 en [https://www.ecured.cu/index.php?title=PH_\(acidez\)&oldid=3025052](https://www.ecured.cu/index.php?title=PH_(acidez)&oldid=3025052).
- Fondo Nacional del Ambiente Perú 2005. Inventario, diagnóstico y priorización de los pasivos ambientales en la cuenca del río Llaucano- Hualgayoc. Disponible en www.fonamperu.org/general/pasivos/bienvenida.php Consultado diciembre de 2017.

- Gobierno Regional de Cajamarca. 2010, Estrategia Regional de Biodiversidad de Cajamarca al 2021: 148 p. Disponible en: unep/cbd/cop/9/20/add.1, en www.cbd.int, Consultado abril 2016.
- Infante C. 2011. Pasivos ambientales mineros, 72 p. Disponible en <http://www.olca.cl/oca/chile/region03/pascualama476.htm>. Consultado diciembre 2012.
- Mapas regionales de pasivos ambientales mineros en Perú 2010, Disponible en. <http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/Mineria/publicaciones/informes/pasivos/regionales.php>, Consultado mayo 2015
- Oyarzún M. J. 2008. Planes de Cierre Mineros, Universidad la Serena Chile, 119 p. Disponible en joyarzun@userena.cl
- Reglamento de Pasivos Ambientales De La Actividad Minera Decreto Supremo N.º 059-2005-EM. Disponible en: <http://intranet2.minem.gob.pe/web/archivos/dgaam/publicaciones/compendio99/ds059-2005.pdf>. Consultado marzo 2017.
- Sougarret S. L. 2012. La minería en Chile y los pasivos ambientales, conferencia internacional sobre pasivos ambientales mineros. Disponible en. <http://www.eclac.org/drni/noticias/seminarios/4/13604/LuisSolugarret.pdf> Consultado febrero 2013.
- Wilson J. 1985. Geología de los cuadrángulos de Chota, Celendín, Pacasmayo, Chepén. Boletín de la Carta Geológica Nacional, INGEMMET. N° 38.
- Zehner R. 2001. Programa de remediación para actividades hidrocarburíferas, II congreso de seguridad industrial, salud ocupacional y medio ambiente de la industria petrolera. Quito, 5p.

CAPÍTULO VII

APÉNDICE Y ANEXOS

7.1 APÉNDICE

7.1.1 Álbum Fotográfico.

7.1.2 Resultados del análisis físico químico de muestras de agua (MP-1 al MP-7).

7.1.3 Tablas de códigos, datos y puntos de monitoreo.

7.1.4 Determinación del Flujo de agua (PAM's)

7.1.5 Mapas temáticos de:

Plano N.º 01 : Geológico, escala 1:5000

Plano N.º 02 : Hidrológico, puntos de muestreo de agua, escala 1:5000

Plano N.º 03 : Geomorfológico altitudinal, escala 1:5000

Plano N.º 04 : Pendientes, escala 1:5000

Plano N.º 05 : Isométrico, escala 1:6000

Plano N.º 06 : Columna Estratigráfica escala gráfica

Planos : Secciones geológicas A-A', B-B', C-C', D-D', E-E', F-F'

7.2 ANEXOS

7.2.1 Resultados compilados de elementos en suspensión

Tabla 18. Resultado de la concentración de Cobre desde los años 2007- 2009.	136
Tabla 19. Resultado de la concentración de Plomo desde los años 2007- 2009.	145
Tabla 20. Resultado de la concentración de Cadmio desde los años 2007- 2009.	145

Tabla 21. Resultado de la concentración de Zinc desde los años 2007- 2009.	146
Tabla 22. Resultado de la concentración de Arsénico desde los años 2007- 2009	146
Tabla 23. Resultados de análisis en los puntos de monitoreo del río Llaucano ANA, ALA (2013-2017)	147

7.1.1 ALBUM FOTOGRÁFICO.



Figura 38. Sedimentos cuaternarios coluvio –glaciar erosionado del Cº Jesús.



Figura 39. Ubicación de la zona de estudio de PAM. en Mesa de Plata, en el distrito y Provincia de Hualgayoc.



Figura 40. Distrito de Hualgayoc y ubicación de la Microcuenca Mesa de Plata, rocas calcáreas C° María y rocas intrusivas C° Jesús.



Figura 41. Vegetación de pastos, ichu y arbustos ubicado en el C° María (ladera), sobre suelos erosionados de las rocas carbonatadas (caliza de la Fm. Yumagual)



Figura 42. Vegetación de cortaderas, pastos, arbustos y sauco ubicado en la quebrada Mesa de Plata.



Figura 43. Identificación de unidades de análisis y observación; Drenaje de agua ácida (líquido), depósito de desmontes (sólido) y estructuras geológicas (veta) en la Microcuenca Mesa de Plata.

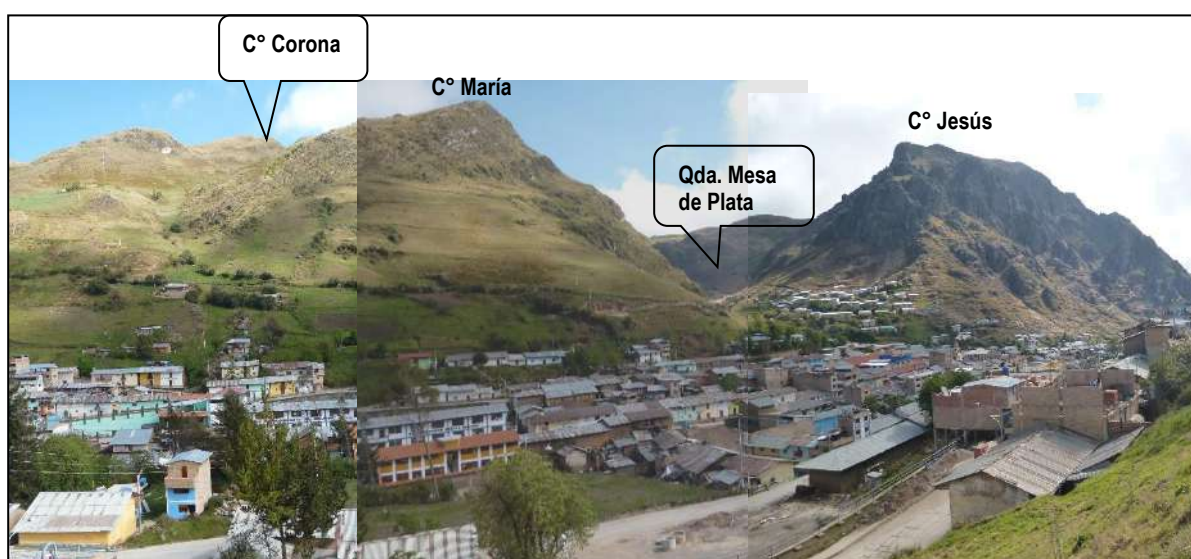


Figura 44. Distribución espacial de afloramientos de las rocas en el distrito minero de Hualgayoc; Pórfido C° Corona, Calizas de Fm. Yumahuall en el C° María, Sedimentos Cuaternarios (PAM's.) Qda. Mesa de Plata y Stok intrusivo dacítico en el C° Jesús.



Figura 45. Punto de monitoreo participativo RHual2 (ANA), MP-7 río de Hualgayoc después de la unión con la microcuenca Mesa de Plata y río Hualgayoc.



Figura 46. Caliza Mustone a Pastone de color gris oscura a clara de la Fm. Yumagual en Mesa de Plata cerca al punto de monitoreo MP-2.



Figura 47. Pasivo Ambiental (sólido) bloques, cantos, gravas, arena, limos y arcillas en el lecho de la zanja de drenaje, ubicado en la Qda. del Cerro Jesús.



Figura 48. Boca mina con sello de mampostería para evitar la generación de drenaje ácido (plan de cierre), con hastiales de roca caliza en la Fm. Yumagual; Mesa de Plata cerca al punto de monitoreo MP-2.



Figura 50. Etiquetado muestras de agua realizados en los drenajes de PAM's en la microcuenca Mesa de Plata.



Figura 51. El equipo de pH, digital en la determinación del valor en el campo *in situ*, sin variación alguna, para elaboración de los cuadros estadísticos.



Figura 52. Se aprecia el cañón del río Hualgayoc después de la confluencia con la Qda. Mesa de Plata, realizando la medición del pH. *in situ* (MP-7)



Figura 53: Afloramiento de veta con roca encajonante de caliza en la Fm. Yumagual, ubicado en la trocha carrozable de Mesa de Plata; el cual genera la formación de las aguas ácidas.



Figura 54. Se observa el muestreo de agua ácida en MP-1 y la determinación del pH. en la Qda. de Pozo Ricos- Corona, ubicado en la intersección de la trocha carrozable a Hualgayoc, Pozo Ricos -las Coloradas.



Figura 55. Se aprecia muestreo de agua ácida en MP-2 y la determinación del pH. con Peachímetro digital con protocolo establecido; en la Qda. C^o Jesús -Hualgayoc.

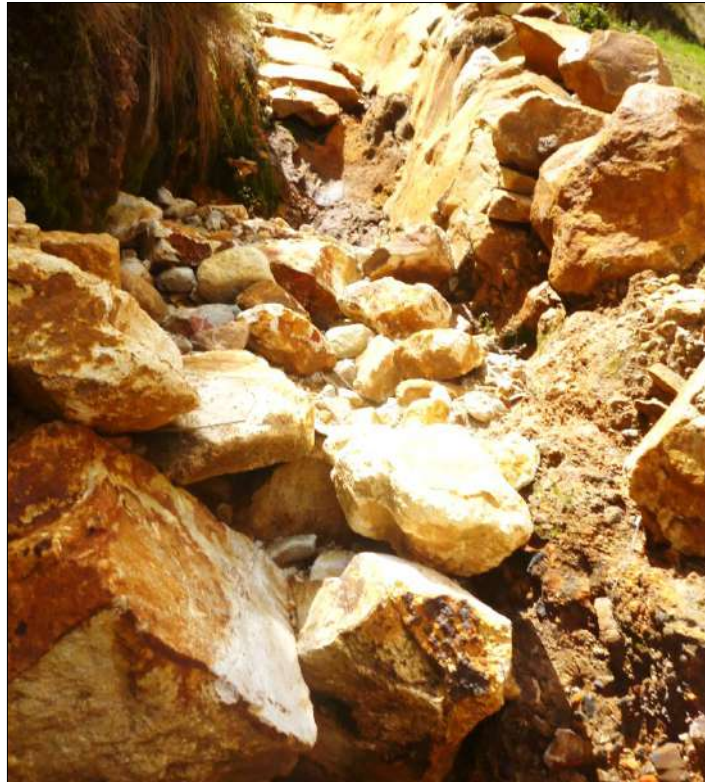


Figura 56: Bloques, cantos, gravas, arena, limos y arcillas en el lecho de la zanja de drenaje, ubicado en la Qda. del C° Jesús.



Figura 57. Zona 4 de pasivo ambiental sin remediar constituidos por bloques, cantos, gravas, arena, limos, arcillas y clastos con óxidos de hierro, sulfuros entre otros en talud de 20 -45° de pendiente.



Figura 58: Zona 4 de pasivo ambiental sin remediar constituidos por bloques, cantos, gravas, arena, limos, arcillas y clastos de óxidos, sulfuros, intrusivo entre otros en el talud que varía de 20 -45° de pendiente.



Figura 59. Zona 4 de pasivo ambiental (sólido) parte media lado NW. del C° Jesús, se aprecia $\pm 50\%$ de remediación con vegetación.



Figura 60: Zona 4 y zona 5 de pasivo ambiental (sólido) parte alta lado NNW. del C° Jesús, se aprecia $\pm 50\%$ de remediación en PMA 'S

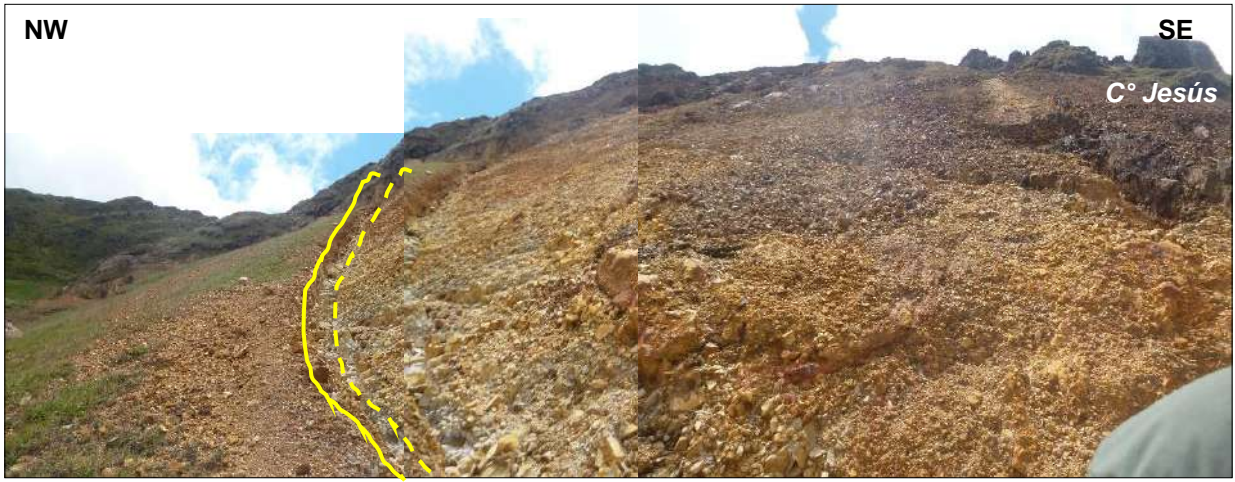


Figura 61. Pasivo Ambiental (sólido) bloques de cantos, gravas, arena, limos y arcillas en el lecho de la zanja de drenaje, ubicado en la Qda. del C° Jesús parte alta.



Figura 62. Veta de sulfuros constituido por pirita, cuarzo, enargita ubicado en la ladera del C° Jesús al lado NW, parte media, el cual se oxida y genera el drenaje de aguas ácidas.



Figura 63. Afloramiento de veta de alta sulfuración constituido por pirita, cuarzo, enargita y alrededor circundante por bloques, cantos, gravas, arenas, limos de diferente composición; ubicado en el cauce de la zanja de drenaje Qda. C^o Jesús al lado NW.

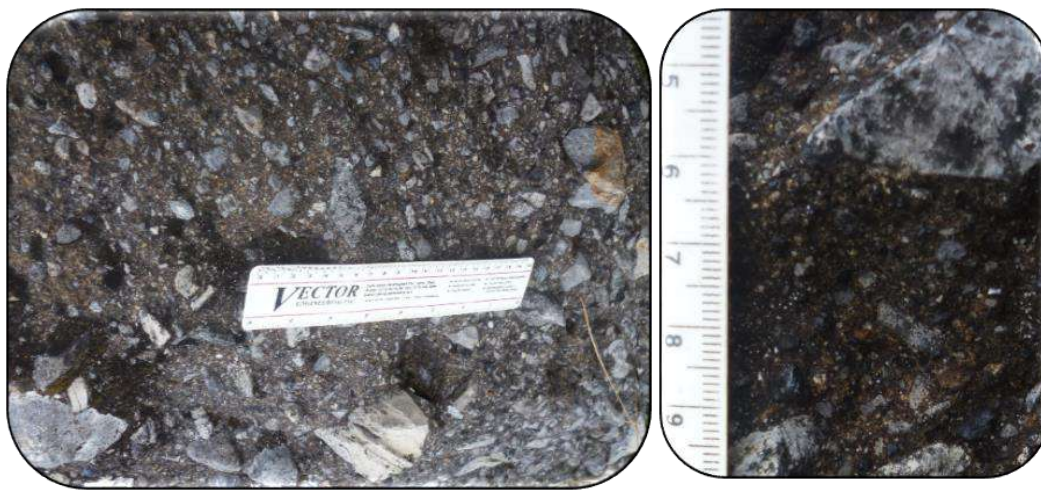


Figura 64. Brecha tectónica constituido por gravas, arenas, limos y arcillas con clastos polilíticos; ubicado entre las Qdas. Pozo Ricos y C^o Jesús.



Figura 65. Pasivo Ambiental (sólido) generador de aguas ácidas, constituidos por bloques de cantos, gravas, arena, limos y arcillas en las laderas lado NW, ubicado en la Qda. del C^o Jesús.

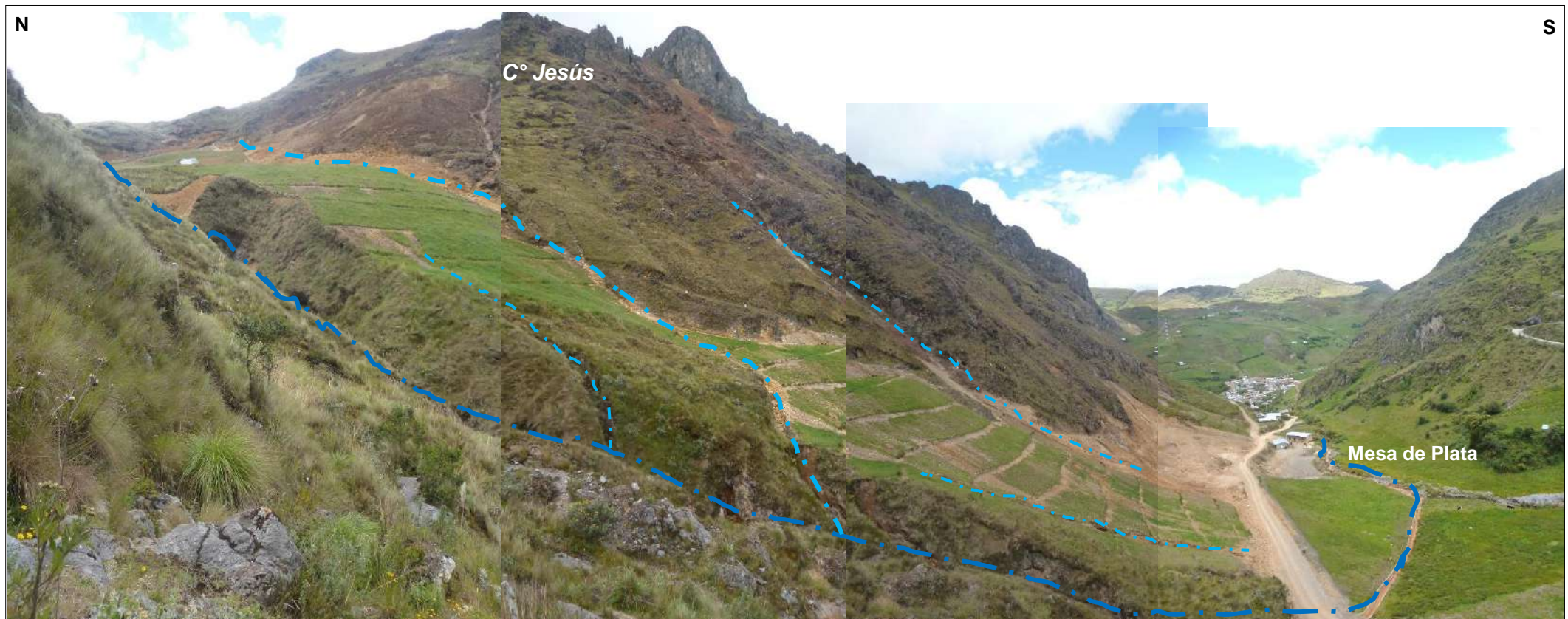


Figura 66. C° Jesús vista SE. Red de drenaje tipo paralelo a sub -dendrítico, los cuales discurren a la microcuenca Mesa de Plata y el río Hualgayoc.



Figura 67. C° Jesús lado NW. Acceso principal a la Qda. Mesa de Plata.



Figura 68. Distrito de Hualgayoc donde se ubica la microcuenca de Mesa de Plata zona de investigación y los C° María con afloramientos de rocas sedimentarias y C° Jesús con afloramientos de rocas intrusivas.

Ensayos Físicos, Químicos y de Mecánica de Suelos,
Concreto y Pavimentos, Análisis Químicos de Minerales y Agua.
Estudio de: Mecánica de Suelos y Rocas, Concreto y Pavimentos.
Impacto Ambiental, Construcción de Edificios, Obras de Ingeniería Civil.
PROYECTOS – ASESORÍA Y CONSULTORÍA
RPM: *696826 CELULAR: 976026950 TELÉFONO: 364793

ANÁLISIS FISICOQUÍMICO DE UNA MUESTRA DE AGUA

SOLICITA : ZENON QUISPE MAMANI
PROCEDENCIA : MESO DE PLATA HUALGAYOC
MUESTRA : MP-1
FECHA : 21/02/14

I. ANÁLISIS ORGANOLÉPTICO

COLOR : MARRÓN CLARO
OLOR : INODORO
SEDIMENTOS: PRESENCIA

II. ANÁLISIS FÍSICO

Ph.....6.20
Temperatura(°C).....20
Sólidos Totales.....450PPM
Sólidos Solubles.....2.40PPM
Sólidos en Suspensión.....210PPM

III. ANÁLISIS QUÍMICO

Alcalinidad.....85.6 PPM CaCO_2
Cloruros.....98.2 ppm Cl^4
Dureza total.....320 ppm CaCO_3
Dureza de Calcio.....210 ppm CaCO_3
Dureza de magnesio.....110ppm CaCO_3
Materia Orgánico.....0.98 ppm O_2
Sulfatos.....159 ppm $(\text{SO}_4)^{2-}$
Hierro.....0.88 mg/l Fe_2O_3
Cobre.....0.04 mg/l Cu
Arsénico.....0.04 mg/l Ar
Plomo.....0.03 mg/l Pb
Zinc.....3010 mg/l Zn
Molibdeno.....0.07 mg/l Mo

NOTA: La muestra fue alcanzada al laboratorio por el interesado para el análisis respectivo.


Ing. MSc. Hugo Mosqueira Estraver
LABORATORIO

Ensayos Físicos, Químicos y de Mecánica de Suelos,
Concreto y Pavimentos, Análisis Químicos de Minerales y Agua.
Estudio de: Mecánica de Suelos y Rocas, Concreto y Pavimentos.
Impacto Ambiental, Construcción de Edificios, Obras de Ingeniería Civil.
PROYECTOS – ASESORÍA Y CONSULTORÍA

RPM: *696826 CELULAR : 976026950 TELÉFONO: 364793

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DE UNA MUESTRA DE AGUA

SOLICITA : ZENON QUISPE MAMANI
PROCEDENCIA : MESO DE PLATA HUALGAYOC
MUESTRA : MP - 2
FECHA : 21/02/14

I. ANÁLISIS ORGANOLÉPTICO

COLOR : Marrón
OLOR : Insípido
SEDIMENTOS : Presencia

II. ANÁLISIS FÍSICO

pH : 3.20
Temperatura (°C) : 20
Sólidos Totales : 485 ppm
Sólidos Solubles : 260 ppm
Sólidos Suspensión : 225 ppm

III. ANÁLISIS QUÍMICO

Alcalinidad : 96.8 ppm CaCO_3
Cloruros : 101.4 ppm Cl^-
Dureza Total : 280 ppm CaCO_3
Dureza de Calcio : 160 ppm CaCO_3
Dureza de Magnesio : 120 ppm CaCO_3
Materia Orgánica : 0.3 ppm O_2
Sulfatos : 179.8 ppm $(\text{SO}_4)^{2-}$
Hierro : 0.97 mg/l Fe_2O_3
Cobre : 0.06 mg/l Cu
Arsénico : 0.02 mg/l Ar
Plomo : 0.06 mg/l Pb
Zinc : 2.90 mg/l Zn
Molibdeno : 0.04 mg/ m^3 Mo

NOTA: La muestra fue alcanzada a este laboratorio para su análisis por el interesado para su análisis respectivo.



Ing. MSc/Hugo Mosqueira Estróver
JEFE DE LABORATORIO
C.I.P. 27664

Ensayos Físicos, Químicos y de Mecánica de Suelos,
Concreto y Pavimentos, Análisis Químicos de Minerales y Agua.
Estudio de: Mecánica de Suelos y Rocas, Concreto y Pavimentos.
Impacto Ambiental, Construcción de Edificios, Obras de Ingeniería Civil.
PROYECTOS – ASESORÍA Y CONSULTORÍA
RPM: *696826 CELULAR : 976026950 TELÉFONO: 364793

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DE UNA MUESTRA DE AGUA

SOLICITA : ZENON QUISPE MAMANI
PROCEDENCIA : MESO DE PLATA HUALGAYOC
MUESTRA : MP - 3
FECHA : 21/02/14

I. ANÁLISIS ORGANOLÉPTICO

COLOR : Marrón Rojizo
OLOR : Insípido
SEDIMENTOS : Presencia

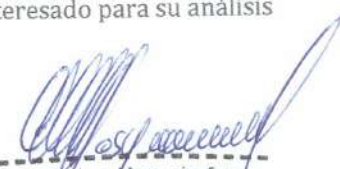
II. ANÁLISIS FÍSICO

pH : 5.30
Temperatura (°C) : 20
Sólidos Totales : 468 ppm
Sólidos Solubles : 290 ppm
Sólidos Suspensión : 178 ppm

III. ANÁLISIS QUÍMICO

Alcalinidad : 88.4 ppm CaCO_3
Cloruros : 112.6 ppm Cl^-
Dureza Total : 270 ppm CaCO_3
Dureza de Calcio : 180 ppm CaCO_3
Dureza de Magnesio : 90 ppm CaCO_3
Materia Orgánica : 0.2 ppm O_2
Sulfatos : 163.6 ppm $(\text{SO}_4)^{2-}$
Hierro : 0.88 mg/l Fe_2O_3
Cobre : 0.04 mg/l Cu
Arsénico : 0.03 mg/l Ar
Plomo : 0.08 mg/l Pb
Zinc : 2.70 mg/l Zn
Molibdeno : 0.04 mg/m³ Mo

NOTA: La muestra fue alcanzada a este laboratorio para su análisis por el interesado para su análisis respectivo.



Ing. MSc. Hugo Mosqueira Estraver
JEFE DE LABORATORIO
CIP. 27664

Ensayos Físicos, Químicos y de Mecánica de Suelos,
Concreto y Pavimentos, Análisis Químicos de Minerales y Agua.
Estudio de: Mecánica de Suelos y Rocas, Concreto y Pavimentos.
Impacto Ambiental, Construcción de Edificios, Obras de Ingeniería Civil.
PROYECTOS – ASESORÍA Y CONSULTORÍA

RPM: *696826 CELULAR : 976026950 TELÉFONO: 364793

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DE UNA MUESTRA DE AGUA

SOLICITA : ZENON QUISPE MAMANI
PROCEDENCIA : MESO DE PLATA HUALGAYOC
MUESTRA : MP - 4
FECHA : 21/02/14

I. ANÁLISIS ORGANOLÉPTICO

COLOR : Incoloro
OLOR : Inodoro
SEDIMENTOS : Nulo

II. ANÁLISIS FÍSICO

pH : 7.20
Temperatura (°C) : 20
Sólidos Totales : 210 ppm
Sólidos Solubles : 140 ppm
Sólidos Suspensión : 70 ppm

III. ANÁLISIS QUÍMICO

Alcalinidad : 49.6 ppm CaCO₃
Cloruros : 39.8 ppm Cl⁻¹
Dureza Total : 190 ppm CaCO₃
Dureza de Calcio : 120 ppm CaCO₃
Dureza de Magnesio : 70 ppm CaCO₃
Materia Orgánica : 1.1 ppm O₂
Sulfatos : 79.6 ppm (SO₄)²⁻
Hierro : 0.30 mg/l Fe₂O₃
Cobre : 0.01 mg/l Cu
Arsénico : 0.02 mg/l Ar
Plomo : 0.01 mg/l Pb
Zinc : 1.10 mg/l Zn
Molibdeno : 0.02 mg/ m³ Mo

NOTA: La muestra fue alcanzada a este laboratorio para su análisis por el interesado para su análisis respectivo.



Ing. MSc. Hugo Mosqueira Estraver
JEFE DE LABORATORIO
C.I.P. 27664

Ensayos Físicos, Químicos y de Mecánica de Suelos,
Concreto y Pavimentos, Análisis Químicos de Minerales y Agua.
Estudio de: Mecánica de Suelos y Rocas, Concreto y Pavimentos.
Impacto Ambiental, Construcción de Edificios, Obras de Ingeniería Civil.
PROYECTOS – ASESORÍA Y CONSULTORÍA
RPM: *696826 CELULAR : 976026950 TELÉFONO: 364793

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DE UNA MUESTRA DE AGUA

SOLICITA : ZENON QUISPE MAMANI
PROCEDENCIA : MESO DE PLATA HUALGAYOC
MUESTRA : MP - 5
FECHA : 21/02/14

I. ANÁLISIS ORGANOLÉPTICO

COLOR : Grisáceo
OLOR : Penetrante
SEDIMENTOS : Presencia

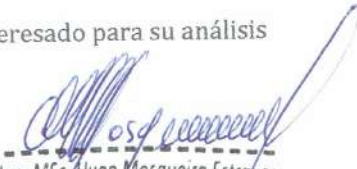
II. ANÁLISIS FÍSICO

pH : 8.10
Temperatura (°C) : 19
Sólidos Totales : 310 ppm
Sólidos Solubles : 180 ppm
Sólidos Suspensión : 130 ppm

III. ANÁLISIS QUÍMICO

Alcalinidad : 59.6 ppm CaCO_3
Cloruros : 31.9 ppm Cl^-
Dureza Total : 170 ppm CaCO_3
Dureza de Calcio : 90 ppm CaCO_3
Dureza de Magnesio : 80 ppm CaCO_3
Materia Orgánica : 1.2 ppm O_2
Sulfatos : 56.4 ppm $(\text{SO}_4)^{2-}$
Hierro : 0.30 mg/l Fe_2O_3
Cobre : 0.02 mg/l Cu
Arsénico : 0.01 mg/l Ar
Plomo : 0.01 mg/l Pb
Zinc : 1.60 mg/l Zn
Molibdeno : 0.02 mg/ m^3 Mo

NOTA: La muestra fue alcanzada a este laboratorio para su análisis por el interesado para su análisis respectivo.



Ing. MSc. Hugo Mosqueira Estróver
JEFE DE LABORATORIO
C.P. 27664

Ensayos Físicos, Químicos y de Mecánica de Suelos,
Concreto y Pavimentos, Análisis Químicos de Minerales y Agua.
Estudio de: Mecánica de Suelos y Rocas, Concreto y Pavimentos.
Impacto Ambiental, Construcción de Edificios, Obras de Ingeniería Civil.
PROYECTOS – ASESORÍA Y CONSULTORÍA
RPM: *696826 CELULAR : 976026950 TELÉFONO: 364793

ANÁLISIS FISICOQUÍMICO DE UNA MUESTRA DE AGUA

SOLICITA : ZENON QUISPE MAMANI
PROCEDENCIA : MESO DE PLATA HUALGAYOC
MUESTRA : MP - 6
FECHA : 21/02/14

I. ANÁLISIS ORGANOLÉPTICO

COLOR : Grisáceo
OLOR : Penetrante
SEDIMENTOS : Presencia

II. ANÁLISIS FÍSICO

pH : 7.60
Temperatura (°C) : 20
Sólidos Totales : 360 ppm
Sólidos Solubles : 240 ppm
Sólidos Suspensión : 120 ppm

III. ANÁLISIS QUÍMICO

Alcalinidad : 48.7 ppm CaCO_3
Cloruros : 39.2 ppm Cl^-
Dureza Total : 180 ppm CaCO_3
Dureza de Calcio : 110 ppm CaCO_3
Dureza de Magnesio : 70 ppm CaCO_3
Materia Orgánica : 1.3 ppm O_2
Sulfatos : 58.9 ppm $(\text{SO}_4)^{2-}$
Hierro : 0.29 mg/l Fe_2O_3
Cobre : 0.06 mg/l Cu
Arsénico : 0.01 mg/l Ar
Plomo : 0.01 mg/l Pb
Zinc : 1.70 mg/l Zn
Molibdeno : 0.02 mg/ m^3 Mo

NOTA: La muestra fue alcanzada a este laboratorio para su análisis por el interesado para su análisis respectivo.


Ing. MSc. Hugo Masqueira Estrover
JEFE DE LABORATORIO
CIP. 27664

Ensayos Físicos, Químicos y de Mecánica de Suelos,
Concreto y Pavimentos, Análisis Químicos de Minerales y Agua.
Estudio de: Mecánica de Suelos y Rocas, Concreto y Pavimentos.
Impacto Ambiental, Construcción de Edificios, Obras de Ingeniería Civil.
PROYECTOS – ASESORÍA Y CONSULTORÍA
RPM: *696826 CELULAR : 976026950 TELÉFONO: 364793

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DE UNA MUESTRA DE AGUA

SOLICITA : ZENON QUISPE MAMANI
PROCEDENCIA : MESO DE PLATA HUALGAYOC
MUESTRA : MP - 7
FECHA : 21/02/14

I. ANÁLISIS ORGANOLÉPTICO

COLOR : Marrón Claro
OLOR : Penetrante
SEDIMENTOS : Presencia

II. ANÁLISIS FÍSICO

pH : 8.00
Temperatura (°C) : 20
Sólidos Totales : 310 ppm
Sólidos Solubles : 180 ppm
Sólidos Suspensión : 130 ppm

III. ANÁLISIS QUÍMICO

Alcalinidad : 79.1 ppm CaCO_3
Cloruros : 38.6 ppm Cl^-
Dureza Total : 250 ppm CaCO_3
Dureza de Calcio : 160 ppm CaCO_3
Dureza de Magnesio : 90 ppm CaCO_3
Materia Orgánica : 1.4 ppm O_2
Sulfatos : 58.2 ppm $(\text{SO}_4)^{2-}$
Hierro : 0.30 mg/l Fe_2O_3
Cobre : 0.03 mg/l Cu
Arsénico : 0.01 mg/l Ar
Plomo : 0.05 mg/l Pb
Zinc : 1.20 mg/l Zn
Molibdeno : 0.02 mg/ m^3 Mo

NOTA: La muestra fue alcanzada a este laboratorio para su análisis por el interesado para su análisis respectivo.



Ing. MSc. Hugo Mosqueira Estrayer
JEFE DE LABORATORIO
C.I.P. 27664

Tabla 20. Puntos de control para la elaboración de mapas temáticos, obtenidos en el campo en los siguientes ítems códigos, coordenadas, cota y descripción.

DATOS DE CAMPO EN COORDENADAS DE LA ZONA DE INVESTIGACIÓN DISTRITO DE HUALGAYOC				
PUNTOS	DATUM PSAD-56			DESCRIPCIÓN
	LATITUD	LONGITUD	COTA	
1	9250760	760752	3917	Divisorias de aguas (Atlántico - Pacífico). Abra Coymolache, rocas de calizas de la Fm. Yumagual, de mayor altitud.
2	9250444	762042	3843	Contacto entre calizas y el Intrusivo de granodiorita Dirección pendiente debajo de Gold Fields la Cima.
3	9250326	763415	3701	Agua Puquial. Canal con presencia de aguas de coloración amarillenta Eje derecho de la carretera Hualgayoc.
4	9251726	764755	3562	Entrada a Hualgayoc, frente a los C ^o Jesús, María y José.
5	9251844	764331	3557	Arco de la entrada a Hualgayoc.
6	9251844	764831	3557	Curva dentro en la carretera Hualgayoc - Bambamarca. Presencia de quebrada.
7	9252476	765921	3513	Zona de Banco Minero trabajos de FONAM. remediación de Pasivos Ambientales Mineros.
8	9252820	768087	3395	Cruce de carreteras a Molinopampa.
9	9253480	766728	3235	Cañón del Río de Hualgayoc.
10	9252183	764529	3548	Margen derecho de río entrada a Colquirrumi con presencia de aguas ferruginosas.
11	9252565	764356	3599	Quebrada Mesa de Plata.
12	9251632	764606	3544	Distrito de Hualgayoc, a eje izquierdo del río Hualgayoc (aguas abajo).
MP-1	9252558	764140	3637	Punto de monitoreo quebrada Pozo Ricos y Cerro Corona.
MP-2	9252664	764275	3635	Punto de monitoreo quebrada Cerro Jesús y Hualgayoc.
MP-3	9252394	764407	3568	Punto de monitoreo quebrada Mesa de Plata, después de la unión de MP-1 y MP-2 en la intersección de la trocha carrozable.

Va...

...Viene

DATOS DE CAMPO TOMADOS EN LA MICROCUENCA MESA DE PLATA, DISTRITO DE HUALGAYOC				
PUNTOS	DATUM PSAD-56			DESCRIPCIÓN
	LATITUD	LONGITUD	COTA	
MP-4	9252164	764534	3550	Drenaje de agua subterráneo de la boca Mina Cerro María (la zarza).
MP-5	9252145	764894	3478	Punto de monitoreo quebrada Mesa de Plata, antes de la unión con el río Hualgayoc.
MP-6	9252129	764907	3497	Río Hualgayoc, antes de la unión con la microcuenca Mesa de Plata.
MP-7	9252186	764939	3480	Río Hualgayoc, después de la quebrada Mesa de Plata (RH-2)
13	9252656	764270	3637	Afloramiento de veta sobre calizas de la Fm. Yumagual con dirección E-W con 75°N de buzamiento, ubicado con la intersección de trocha carrozable.
14	925414	764416	3572	Afloramiento de sedimentos recientes tipo glaciar, ubicado al lado izquierdo de la quebrada de Mesa de Plata.
15	9252354	764496	3565	Afloramiento de paleosuelo sedimentos recientes tipo coluvio-aluvial, ubicado en la trocha carrozable acceso a la antena repetidora en las laderas S-W del Cerro Jesús.
16	9252306	764551	3570	Afloramiento de sedimentos cuaternarios coluvio- glaciar, ubicado cerca a la antena repetidora del Cerro Jesús.

Tabla 21. Código de los puntos de monitoreo para los efluentes de los Pasivos Minero-Metalúrgicos de la Cuenca del Llaucano.

N.º ESTACIÓN	CÓDIGO ESTACIÓN	RECURSO	DESCRIPCIÓN	COORDENADAS	
				Latitud	Longitud
E-01	RTG-1	Río Tingo	Naciente del río Tingo	9252316	760016
E-02	RTG-2	Río Tingo	Puente carretera sector las Águilas	9252554	760581
E-03	RTG-3	Río Tingo	Bocamina el Tingo, socavones de la mina Corona	9253594	761722
E-04	QM-1	Quebrada la Eme	A 800 m. salida del Pad Minera San Nicolás	9253435	760803
E-05	RLL-1	Río Llaucano	Aguas arriba del puente de la carretera al Ahijadero	9259760	774449
E-06	RH-2	Río Hualgayoc	500m. comunidad Colquirrumi	9253092	766426
E-07	RH-1	Río Hualgayoc	Comunidad de Hualgayoc	9251255	764363
E-08	RLL-2	Río Llaucano	200m. aguas abajo puente la Paccha-localidad de Bambamarca	9261906	774940
E-09	RM-9	Río Maygasbamba	200m. aguas abajo del emisor de aguas municipales de Bambamarca	9261322	774429
E-10	RTA-1	Río Tambillo	50m. aguas arriba de la confluencia con el río Llaucano	9247741	772965
E-11	RLLCH	Río Llaucano-Chanta	200m. aguas arriba de la confluencia con el río Tambillo	9247684	772874
E-12	RLLCP	Río Llaucano	Altura del centro poblado de Llaucán	9253636	773012
E-13	RPOM	Río Pomagón	150m. aguas arriba de confluencia con el río Llaucano	9255235	774224

Tabla 22. Puntos de monitoreo trimestral correspondiente a 20 de setiembre de 2014 PAM's microcuenca Mesa de Plata

Punto	Norte	Este	Cota	Temperatura	PH	PHMV	DBO %	DBO ml/l	Clima	Hora	Caudal		
MP-1	9252558	764140	3637	14.1	6.74	8.4	0.3	0.03	Despejado con sol	9:21am	Tiempo	Volumen(l)	
				13.0	5.61	54.2						2.1	2.5
				13.55	6.18	31.3						2.3	2.5
Observación	Punto tomado en la Qda. Corona - Pozos Ricos											2.1	2.5
	Punto de puente de cemento											2.1	2.5
	9252562 764152											2.15	2.5
MP-2	9252664	764275	3635	8.3	3.41	176.7	0.4	0.04	Despejado con sol	9:58am	Tiempo	Volumen(l)	
												5.5	2.5
Observación	Tomado en la Qda. Hualgayoc-Cerro Jesús											5.4	2.5
	Dirección N30E, Brecha de Falla											5.3	2.5
	Rumbo N 10 9252658N Buzamiento 87° 764273E 3620msnm											5.4	2.5
MP-3	9252394	764407	3580	15.7	6.54	3.7	0.2	0.02	Nublado	10:52am.	Tiempo	Volumen(l)	
												1.2	2.5
Observación	Contacto hacia la parte NE Cz-Qco											1.2	2.5
	9252657 764231											1.3	2.5
	Hualgayoc-C. Jesús											1.0	2.5
												1.3	2.5
												1.2	2.5
MP-4	9252164	764534	3550	14.5	6.82	-12.5	0.3	0.03	Nublado	11:12am	Tiempo	Volumen(l)	
												2.6	2.5
Observación	Punto de control- Qda. Mesa de Plata											2.2	2.5
	9252185 764542 3545msnm											2.4	2.5
												2.4	2.5
												2.6	2.5
												2.4	2.5

Va...

Puntos de monitoreo trimestral correspondiente a 20 de setiembre de 2014 PAM's Microcuenca Mesa de Plata

Punto	Norte	Este	Cota	Temperatura	PH	PHMV	DBO %	DBO ml/l	Clima	Hora	Caudal		
MP-5	9252145	764907	3478	12.8	7.17	-32.9	0.3	0.03	Nublado	11:33am	Tiempo	Volumen(l)	
												1	2.5
												1	2.5
Observación												1	2.5
												1	2.5

Punto	Norte	Este	Cota	Temperatura	PH	PHMV	DBO %	DBO ml/l	Clima	Hora	Caudal		
MP-6	9252129	764907	3497	12.9	7.74	68.1	0.3	0.03	Nublado	11:41am	Tiempo	Velocidad	
												1	7 -- 10
												1	7 -- 10
Observación		1ra	2da	3ra	4ta	Prom.						1	7 -- 10
			2.6m			2.6	LARGO					1	7 -- 10
		1m	0.8m	0.5m		0.77	ANCHO					1	8.5
		15cm	20cm	20cm	15cm	17.5	PROFUNDIDAD (h)						

Punto	Norte	Este	Cota	Temperatura	PH	PHMV	DBO %	DBO ml/l	Clima	Hora	Caudal		
MP-7	9252186	764939	3480	13.3	8.12	-86.3	0.2	0.02	Despejado con sol	11:53	Tiempo	Velocidad	
												9.7	7 -- 10
												8.5	9.2
												9.2	8.3
												6.6	7.0
Observación		1ra	2da	3ra	4ta	Prom.						10.6	
			2.20m			2.2	LARGO						
		1m	1.2m	0.9m		1.03	ANCHO					7.7	
		0.5m	0.45m	0.25m	0.20m	0.35	PROFUNDIDAD (h)					8.7	8.3

Punto Cruce Hualgayoc - frente al arco (para georreferenciar)

9251826 764823 3535

7.1.4 DETERMINACIÓN DEL FLUJO DE AGUA (PAM's).

MÉTODOS PARA EL CÁLCULO DE LOS CAUDALES DE AGUA

Entre los métodos más utilizados para medir los caudales de agua se encuentran los siguientes métodos.

- a) Método del Flotador
- b) Método Volumétrico
- c) Método de la Trayectoria
- d) Estructuras de medida

Para la investigación se ha tenido conveniente aforar por los dos primeros métodos que se acogen de acuerdo con el medio, los mismos, se detallan a continuación:

MÉTODO DEL VOLUMÉTRICO

Este método permite medir pequeños caudales de agua como son los que escurren en surcos de riego o pequeñas acequias para ello es preciso contar con un depósito (balde graduado) el cual debe tener un volumen conocido, se colecta el agua al recipiente, luego se anota el tiempo que demora en llenarse. Esta operación puede repetirse 2 a 3 veces y se promedian con el fin de asegurar una mayor exactitud.

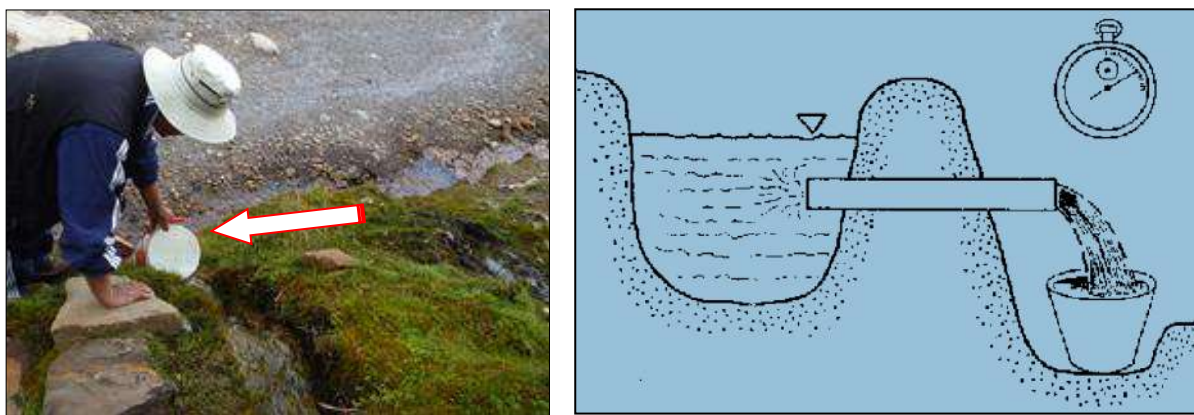


Figura 69. Medida del caudal de agua por el método volumétrico en el punto MP-4 tributario de la Bocamina la Zarza.

Almacenar el volumen de agua en el recipiente por el tiempo en segundos que demora en llenarse, se obtiene el caudal en litros por segundo dependiendo de la capacidad que contenido el recipiente; tal como se muestra en la Figura 70.



Figura 70. Monitoreo de agua, medida del pH (digital) y determinación del volumen por el método volumétrico en el punto MP-4 afluente de la Bocamina la Zarza.

Ejemplo para calcular el caudal utilizando el Método del Volumétrico

Es el método más confiable dependiendo por los cuidados que se deben tener para seguir la secuencia a efectuar.

Volumen del balde = 2.5 l

Promedio de tiempo que demora en llenarse:

Tiempo 1 : 2.1 s

Tiempo 2 : 2.3 s

Tiempo 3 : 2.1 s

Tiempo 4 : 2.1 s

Promedio Tiempo : 2.15 s

$$\text{Caudal (Q)} = \frac{2.5 \text{ l}}{2.15 \text{ s}} = 1.16 \text{ l/s}$$

Es el procedimiento que se han elaborado para los cinco puntos de monitoreo de las aguas en la microcuenca Mesa de Plata, los resultados se plasman en la Tabla 11.



Figura 71: Determinación del volumen por el método volumétrico en los puntos MP-1 Qda. Pozo Ricos -Corona (Izq.) y MP-4 Bocamina la Zarza (Dech.)

MÉTODO DEL FLOTADOR

Este método se utiliza en los canales de los ríos, acequias y da solo una medida estimada de los caudales, su uso es limitado debido a que los valores que se obtienen son estimados y aproximados de su caudal.

Materiales

Se elige un tramo del canal que sea recto con pendiente uniforme y de sección transversal casi uniforme de algunos metros de largo, donde el agua discurra libremente sin obstáculos. Se marca en el terreno la longitud elegida y se toma el tiempo que demora el flotador en recorrer dicha longitud, se controla el tiempo, para calcular la velocidad que lleva el agua al móvil en esta sección y poder calcular el volumen del agua correspondiente.



Figura 72. Se observa medida de longitud, ancho y profundidad en el río Hualgayoc, para calcular el flujo por el método del flotador ubicado en el punto de monitoreo **MP-7**. Equivalente al punto permanente ALA. **RHual2**

Como flotador se puede usar cualquier objeto que sea capaz de permanecer suspendido en el agua, como un trozo de madera, corcho, Tecnopor u otro material especial que no ofrezca gran resistencia al contacto con el aire y que se deje arrastrar fácilmente por la corriente de agua, cabe mencionar que para el presente trabajo se ha utilizado trozo de madera como flotador.

Determinación de la Velocidad

Para determinar la velocidad del agua deberá dividirse el largo de la sección, elegida en centímetros por el tiempo que demora el flotador en recorrerla la longitud medida, expresado en segundos como se indica en la siguiente relación:

$$v = \frac{\text{Largo de sección(cm)}}{\text{Tiempo en recorrerla (s)}} = \text{cm/s}$$

El paso siguiente es determinar el área promedio del canal como sección transversal del canal de escorrentía.

Determinación del área del canal

Se multiplica el ancho promedio del canal por su profundidad (h), con todas las medidas expresadas en centímetros (cm). Tal como se observa en la Figura 73.

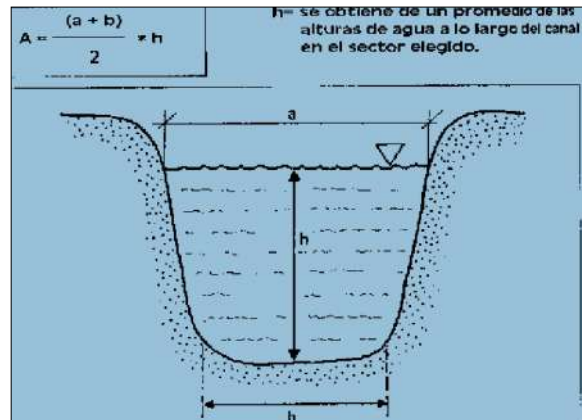


Figura 73. Se observa medida de la profundidad (h) en la sección del río Hualgayoc MP-7, para calcular el área del canal.

Determinación del caudal

Conocida la Velocidad (V) del agua y el área (A) del canal, se aplica la siguiente fórmula para calcular el caudal (Q).

$$Q = A \times V \times 0.85$$

Donde:

Q = Caudal en l/s

A = Área del canal en cm².

V = Velocidad en cm/s.

Ejemplo: Aplicativo para calcular el caudal de agua utilizando el método del flotador.

a) Cálculo de la velocidad

Largo sección canal = **250cm.**

Tiempos en recorrer el móvil:

Tiempo 1 : 8.5 s

Tiempo 2 : 8.5 s

Tiempo 3 : 8.5 s

Promedio tiempos : **8.5 s**

$\text{Velocidad} = \frac{250 \text{ cm}}{8.5 \text{ s}} = 30.59 \text{ cm/s}$

b) Cálculo del área.

Ancho sección canal medido:

Ancho 1 : 100cm

Ancho 2 : 80cm

Ancho 3 : 50cm

Promedio Ancho : **76.7cm**

Profundidad (h)sección canal:

Profundidad 1 : 15cm

Profundidad 2 : 20cm

Profundidad 3 : 20cm

Promedio Profundad : **18.3cm**

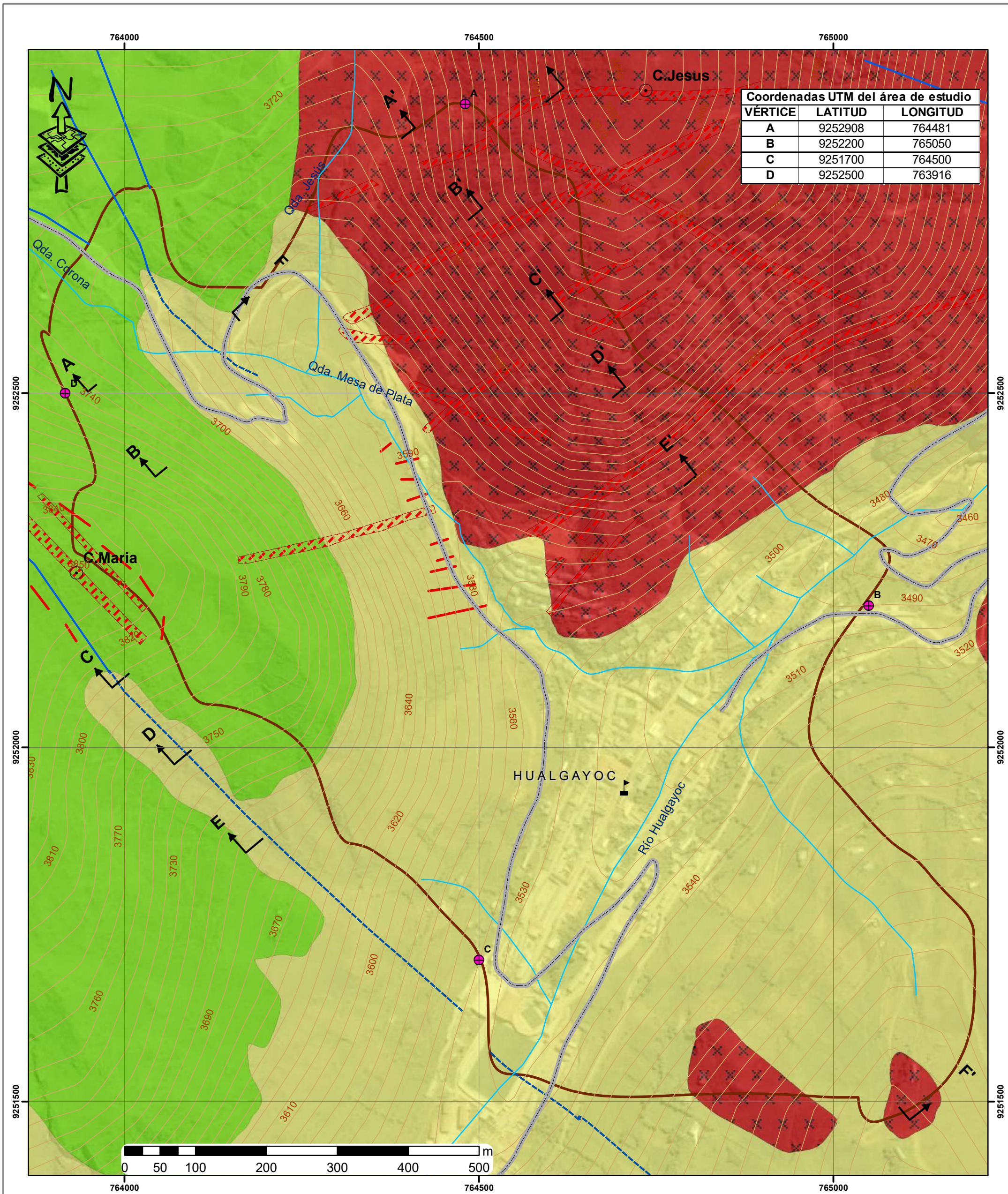
$$A = 76.7\text{cm} \times 18.3\text{cm} = 1405.56\text{cm}^2$$

c) Cálculo del caudal

$$Q = (1405.56\text{cm}^2 \times 30.59\text{cm/s} \times 0.85) / 1000 = 36.54\text{l/s}$$

$$Q = 36.54\text{l/s}$$

Es la manera que se ha elaborado de acuerdo con las características y condiciones para los dos puntos de monitoreo por el aumento de las aguas de los PAM's en la microcuenca Mesa de Plata, los resultados se plasman en la siguiente Tabla 18.



LEYENDA

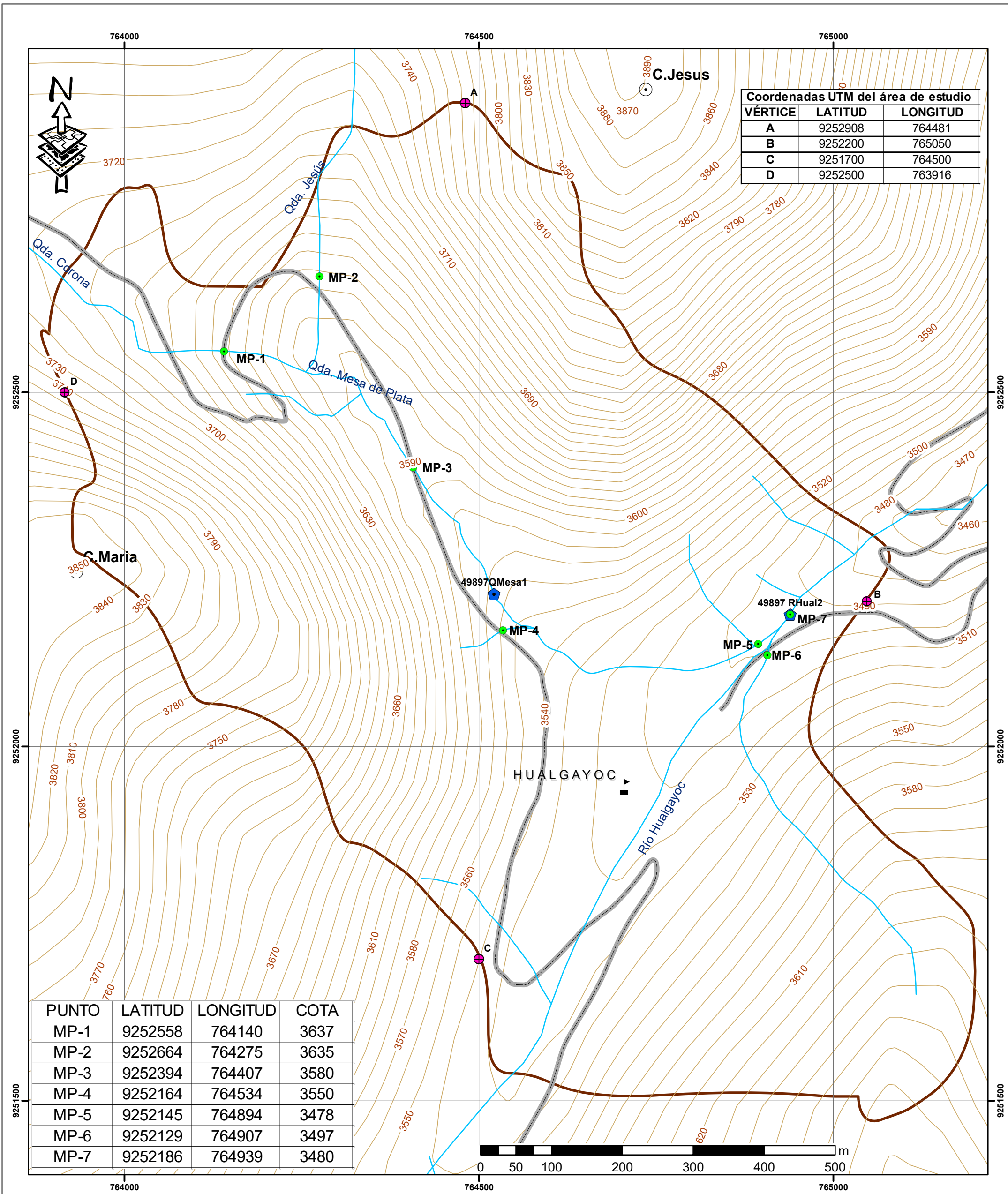
Estructuras	Litología	Simbología
Falla Normal	Fm.yu	Vías de Acceso
Falla Inferida	Q. Col-al	Cerros
Estratos ligados a fracturas	gd.	Red Hidrográfica
Vetas		Curvas de Nivel
		Centro Poblado

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
ESCUELA DE POSTGRADO

PLANO GEOLÓGICO

Tesis: EVALUACIÓN DE PASIVOS AMBIENTALES MINEROS EN MESA DE PLATA RÍO HUALGAYOC

Tesista: C.Z. Quispe M.	Fecha: Agosto de 2018	Escala 1:5,000
Asesor: Dr. V. Paredes O.	Datum: Psad-56 Zona 17s.	Plano N° 01
Diseño GIS: E. Terán V.		



Coordenadas UTM del área de estudio		
VÉRTICE	LATITUD	LONGITUD
A	9252908	764481
B	9252200	765050
C	9251700	764500
D	9252500	763916

PUNTO	LATITUD	LONGITUD	COTA
MP-1	9252558	764140	3637
MP-2	9252664	764275	3635
MP-3	9252394	764407	3580
MP-4	9252164	764534	3550
MP-5	9252145	764894	3478
MP-6	9252129	764907	3497
MP-7	9252186	764939	3480

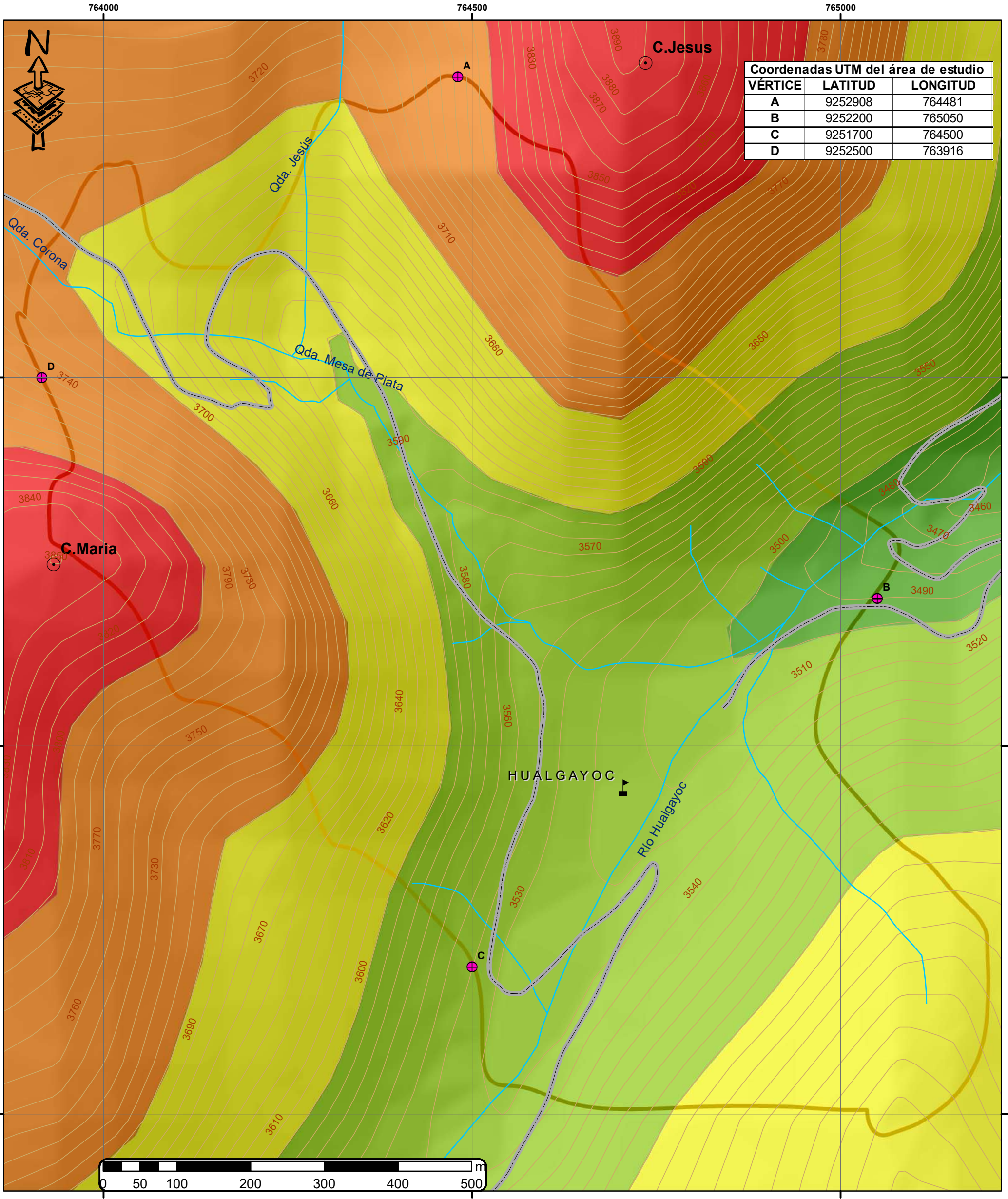
Simbología	
	Cerros
	Vías de Acceso
	Red Hidrográfica
	Curvas de Nivel
	Microcuenca Mesa de Plata
	Centro Poblado
	Puntos de Muestreo de Agua
	Puntos de Monitoreo - ALA
	Vértices de la Zona de Estudio

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
ESCUELA DE POSTGRADO

PLANO HIDROLÓGICO Y PUNTOS DE MONITOREO

Tesis: **EVALUACIÓN DE PASIVOS AMBIENTALES MINEROS EN MESA DE PLATA RÍO HUALGAYOC**

Tesista: C.Z. Quispe M.	Fecha: Agosto de 2018	Escala: 1:5,000
Asesor: Dr. V. Paredes O.	Datum: Psad-56 Zona 17s.	Plano N° 02
Diseño GIS: E. Terán V.		

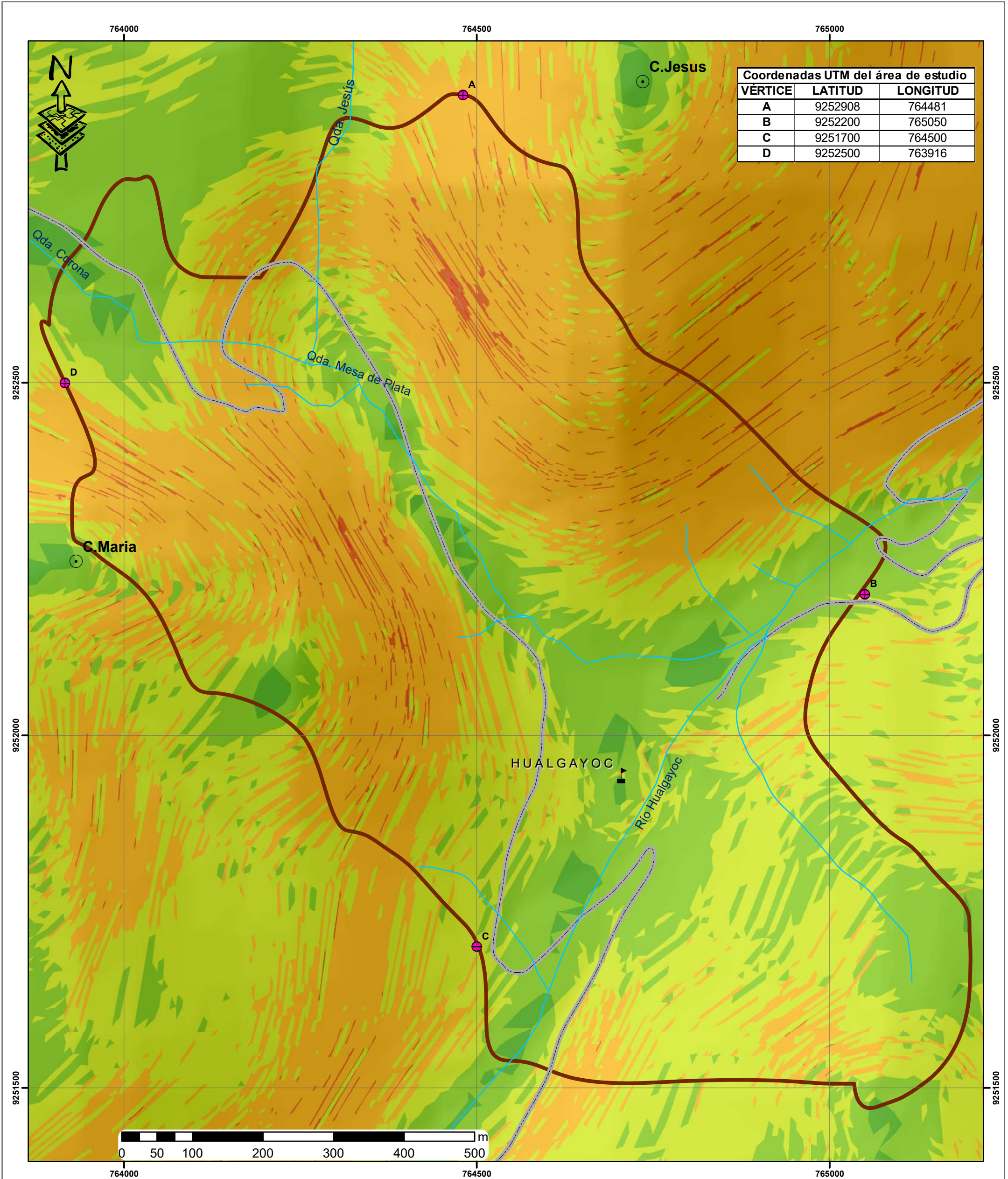


Coordenadas UTM del área de estudio		
VÉRTICE	LATITUD	LONGITUD
A	9252908	764481
B	9252200	765050
C	9251700	764500
D	9252500	763916

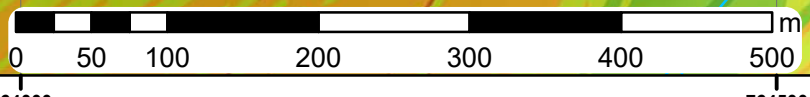
Simbología	
	Vías de Acceso
	Cerros
	Centro Poblado
	Red Hidrográfica
	Curvas de Nivel
	Microcuenca Mesa de Plata
	Vértices de la Zona de Estudio

Leyenda	
msnm	msnm
	3400 - 3500
	3500 - 3600
	3600 - 3700
	3700 - 3800
	3800 - 3900

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA ESCUELA DE POSTGRADO		
PLANO GEOMORFOLÓGICO ALTITUDINAL		
Tesis: EVALUACIÓN DE PASIVOS AMBIENTALES MINEROS EN MESA DE PLATA RÍO HUALGAYOC		
Tesista: C.Z. Quispe M.	Fecha: Agosto de 2018	Escala: 1:5,000
Asesor: Dr. V. Paredes O.	Datum: Psad-56 Zona 17s.	Plano N° 04
Diseño GIS: E. Terán V.		



Coordenadas UTM del área de estudio		
VÉRTICE	LATITUD	LONGITUD
A	9252908	764481
B	9252200	765050
C	9251700	764500
D	9252500	763916



Leyenda			
Clases	Rango de Pendientes	Descripción	Color
I	0 - 5	Nula o casi nivel	Verde claro
II	5 - 15	Ligeramente inclinado	Verde medio
III	15 - 25	Inclinado	Verde oscuro
IV	25 - 50	Moderadamente empinado	Amarillo
V	50 - 75	Empinado	Naranja
VI	> 75	Fuertemente empinado	Rojo

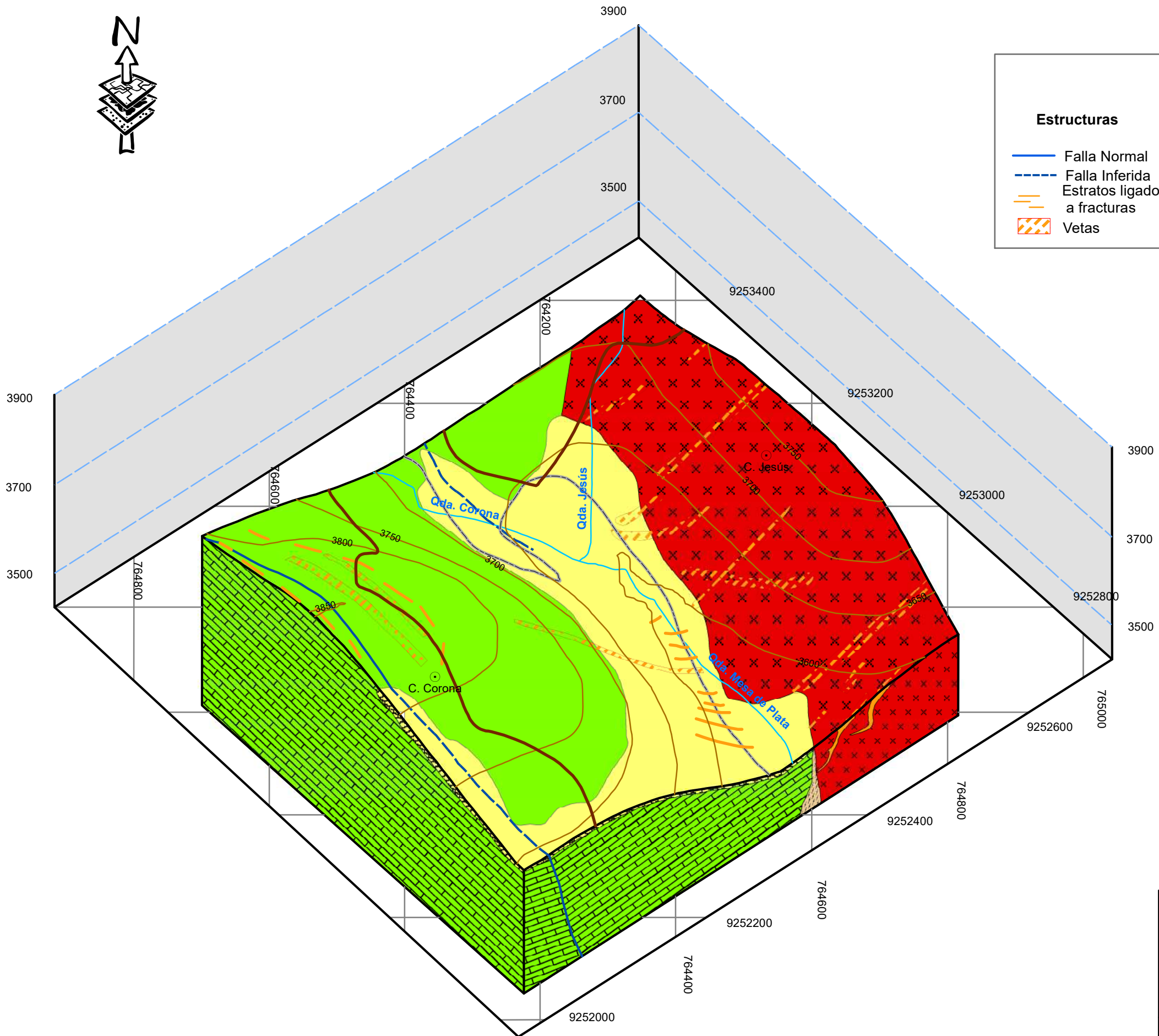
SIMBOLOGÍA	
	Centro Poblado
	Cerros
	Vías de acceso
	Cuenca Mesa de Plata
	Red Hidrográfica
	Vértices de la Zona de Estudio

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
ESCUELA DE POSTGRADO

PLANO DE PENDIENTES

Tesis: **EVALUACIÓN DE PASIVOS AMBIENTALES MINEROS EN MESA DE PLATA RÍO HUALGAYOC**

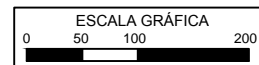
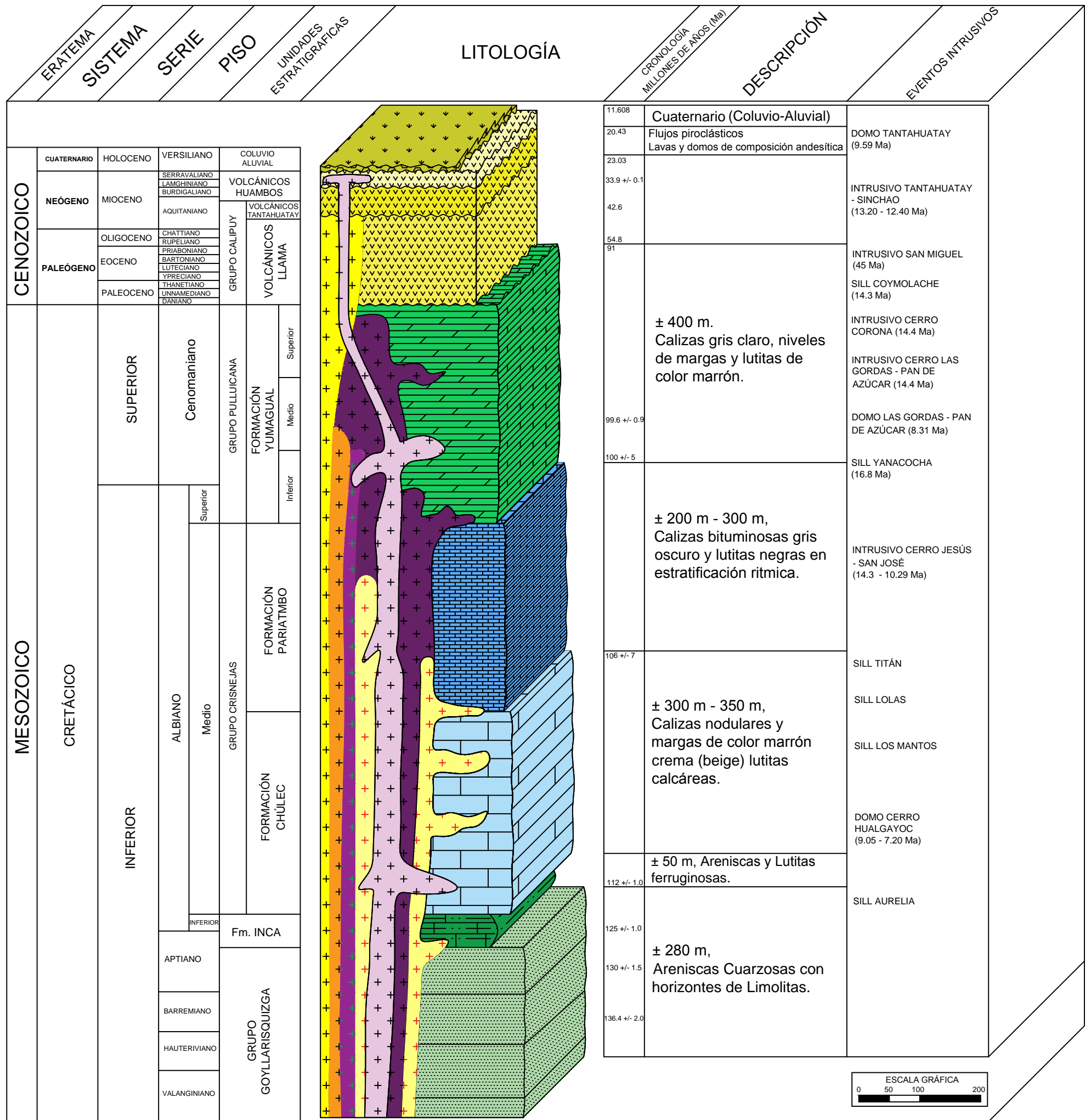
Tesista: C.Z. Quispe M.	Fecha: Agosto de 2018	Escala 1:5,000
Asesor: Dr. V. Paredes O.	Datum: Psad-56 Zona 17s.	Plano N° 03
Diseño GIS: E. Terán V.		



LEYENDA		
Estructuras	Litología	Simbología
Falla Normal	Fm.yu	Vías de Acceso
Falla Inerida	Q. Col-al	Cerros
Estratos ligados a fracturas	gd.	Red Hidrográfica
Vetas	Skarn	Curvas de Nivel
		Microcuenca
		Mesa de Plata

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA		
ESCUELA DE POSTGRADO		
PLANO ISOMÉTRICO		
Tesis:		
EVALUACIÓN DE PASIVOS AMBIENTALES MINEROS EN MESA DE PLATA RÍO HUALGAYOC		
Tesista: C.Z. Quispe M.	Fecha: Agosto de 2018	Escala 1:6 000
Asesor: Dr. V. Paredes O.	Datum: Psad-56 Zona 17s.	Plano N° 05

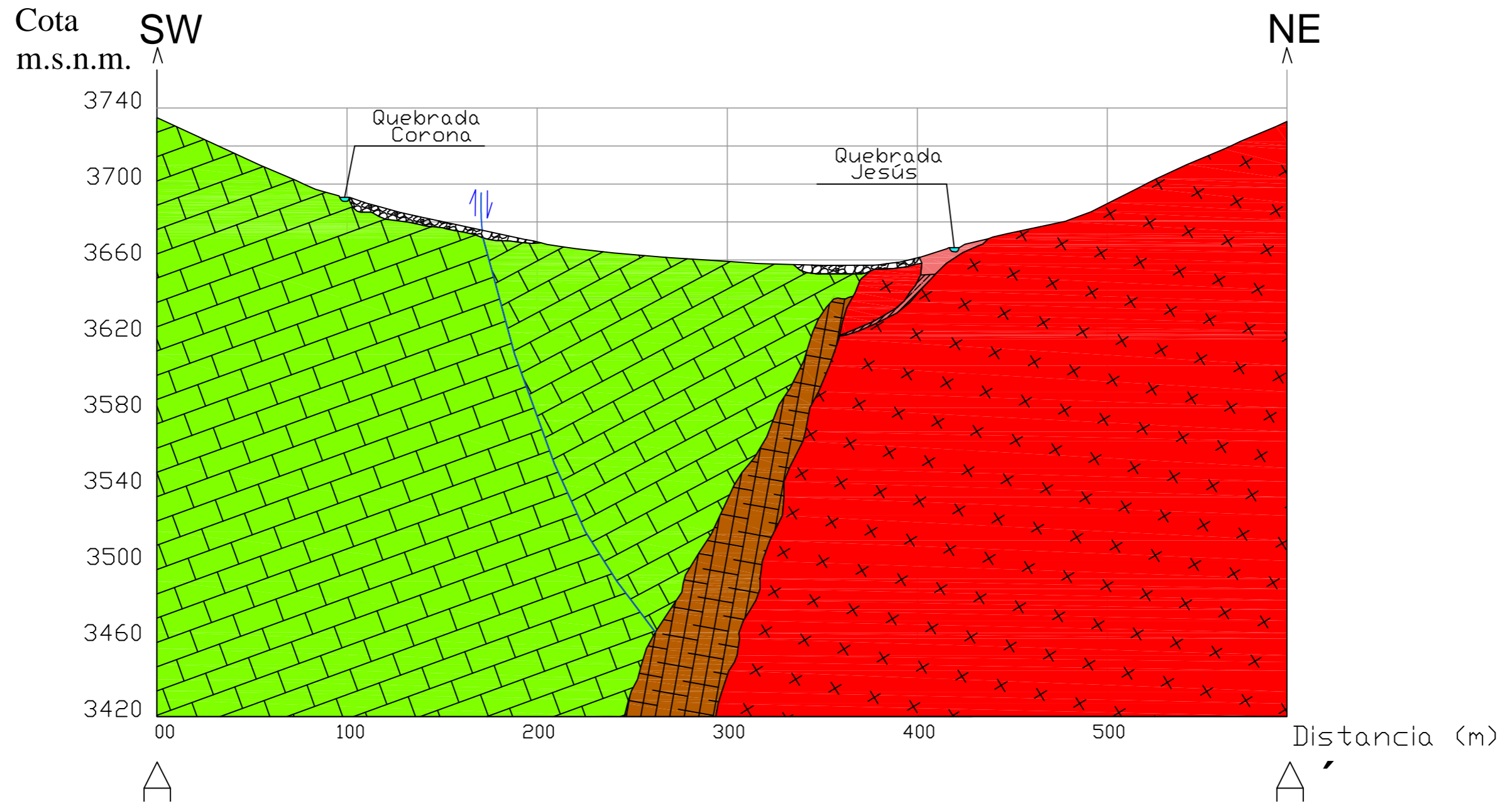
COLUMNA ESTRATIGRÁFICA DEL DISTRITO MINERO DE HUALGAYOC



Leyenda:

- | | | |
|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|
| Fm. YUMAGUAL | INTRUSIVOS DACÍTICOS | CUATERNARIO |
| Fm. PARIATAMBO | INTRUSIVO TANTAHUATAY | VOLCANICOS HUAMBOS |
| Fm. CHÚLEC | INTRUSIVOS DACÍTICOS
C° Jesús, C° San José, Sill Mentos-Lolas,
Sill Titán y Sill Aurelia | VOLCÁNICOS TANTAHUATAY |
| Fm. INCA | INTRUSIVOS DIORÍTICOS
C° Las Gordas, Pan de Azúcar | VOLCÁNICOS LLAMA |
| GRUPO GOYLLARISQUIZGA | INTRUSIVOS DIORÍTICOS
Cerro Corona-Quijote | |
| | INTRUSIVOS GRANODIORÍTICOS - DIORÍTICOS
RELACIONADOS AL INTRUSIVO SAN MIGUEL | |

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA		
ESCUELA DE POSGRADO		
COLUMNA ESTRATIGRÁFICA DEL DISTRITO MINERO HUALGAYOC		
<i>Tesis: EVALUACION DE PASIVOS AMBIENTALES MINEROS EN MESA DE PLATA HUALGAYOC</i>		
Tesisista: C.Z. Quispe M.	Fecha: Agosto 2018.	PLANO: 06
Asesor: Dr. V. Paredes O.	Escala: Gráfica.	
Fuente: Modificado de Consolidada S.A. y Gold Fields La Cima, 1995		



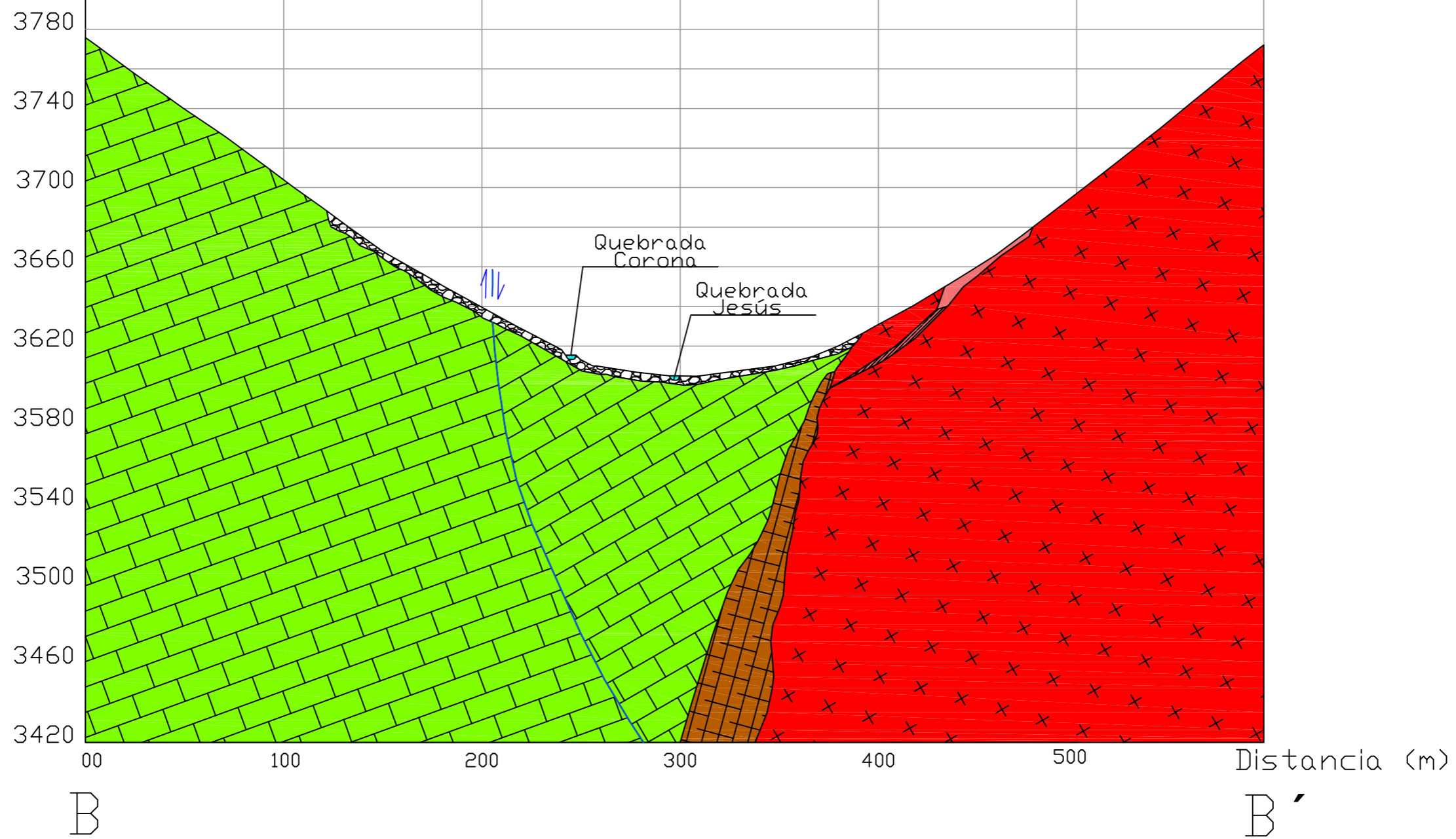
LEYENDA	
Q. Col-al 	Calizas
Skarn 	Intrusivo

SIMBOLOGÍA	
Falla 	
Veta 	
Inferido 	

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA ESCUELA DE POSTGRADO		
SECCIÓN GEOLÓGICA A-A'		
EVALUACION DE PASIVOS AMBIENTALES MINEROS EN MESA DE PLATA RÍO HUALGAYOC		
Tesista: C.Z. Quispe M.	Fecha: Agosto de 2018	Escala: 1:2,500
Asesor: Dr. V. Paredes O.	Datum: Psad 56 Zona 17s.	

Cota SW
m.s.n.m. ^

NE
^



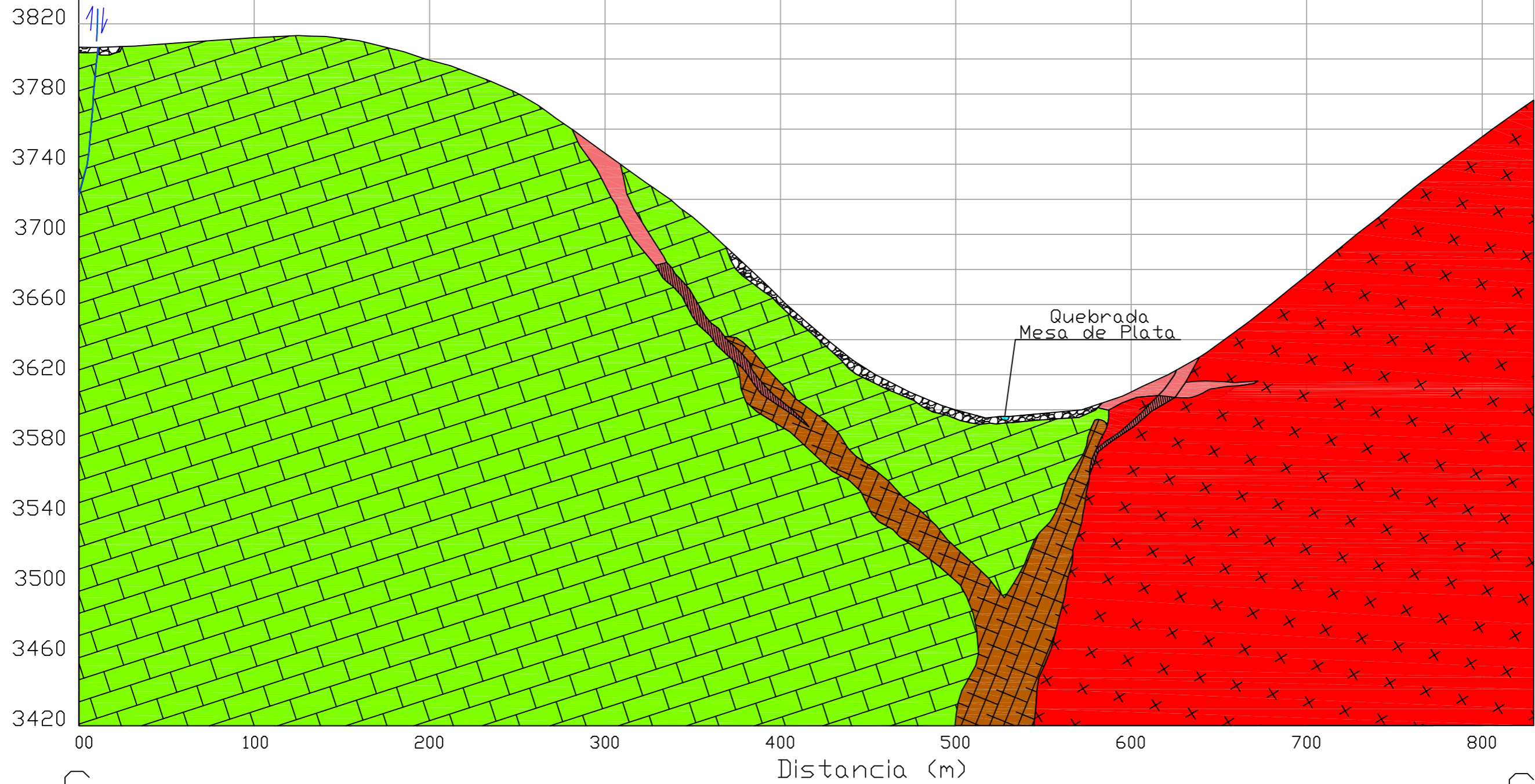
LEYENDA	
Q. Col-al 	Calizas
Skarn 	Intrusivo

SIMBOLOGÍA	
Falla 	
Veta 	
Inferido 	

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA ESCUELA DE POSTGRADO		
SECCIÓN GEOLÓGICA B-B'		
EVALUACIÓN DE PASIVOS AMBIENTALES MINEROS EN MESA DE PLATA RÍO HUALGAYOC		
Tesista: C.Z. Quispe M.	Fecha: Agosto de 2018	Escala: 1:2,500
Asesor: Dr. V. Paredes O.	Datum: Psad 56 Zona 17s.	

Cota SW
m.s.n.m. ^

NE
^



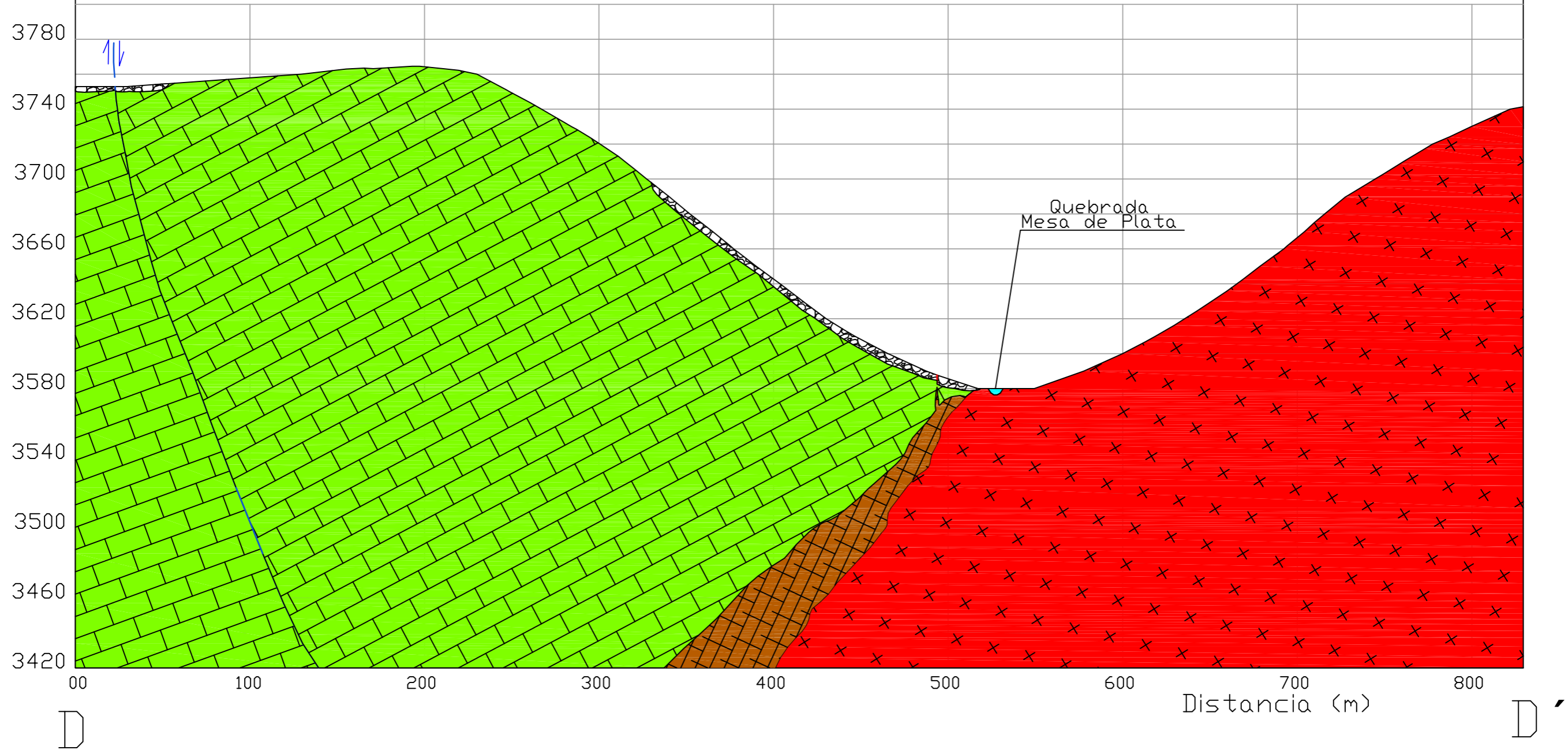
LEYENDA	
Q. Col-al 	Calizas
Skarn 	Intrusivo

SIMBOLOGÍA	
Falla 	
Veta 	
Inferido 	

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA ESCUELA DE POSTGRADO		
SECCIÓN GEOLÓGICA C-C'		
EVALUACIÓN DE PASIVOS AMBIENTALES MINEROS EN MESA DE PLATA RÍO HUALGAYOC		
Tesista: C.Z. Quispe M.	Fecha: Agosto de 2018	Escala: 1:2,500
Asesor: Dr. V. Paredes O.	Datum: Psad 56 Zona 17s.	

Cota SW
m.s.n.m. ^

NE ^



LEYENDA

Q. Col-al	Calizas
Skarn	Intrusivo

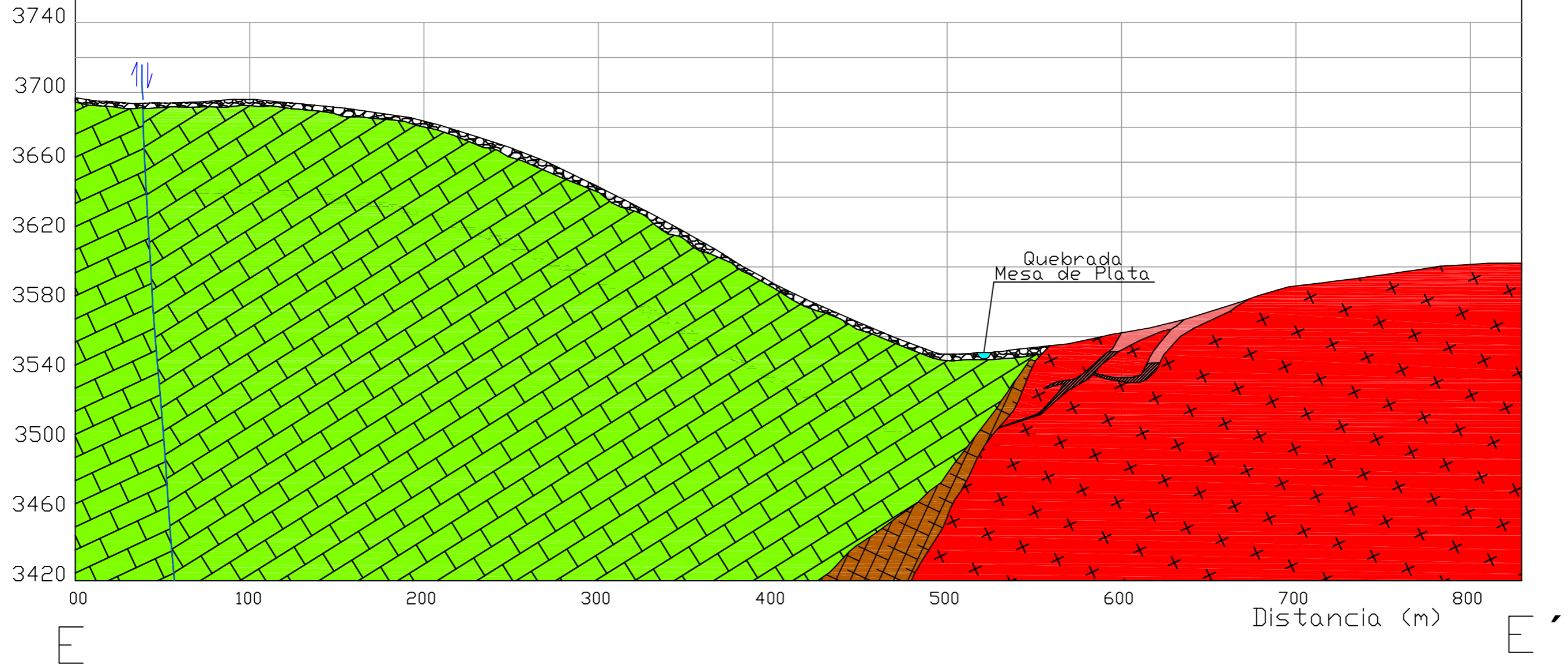
SIMBOLOGÍA


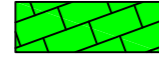

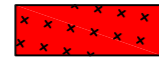
Fractura	
Falla	




UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA ESCUELA DE POSTGRADO		
SECCIÓN GEOLÓGICA D-D'		
EVALUACIÓN DE PASIVOS AMBIENTALES MINEROS EN MESA DE PLATA RÍO HUALGAYOC		
Tesista: C.Z. Quispe M.	Fecha: Agosto de 2018	Escala: 1:2,500
Asesor: Dr. V. Paredes O.	Datum: Psad 56 Zona 17s.	

Cota SW
m.s.n.m. ^

NE
^



LEYENDA	
Q. Col-al 	Calizas 
Skarn 	Intrusivo 

SIMBOLOGÍA	
Falla 	
Veta 	
Inferido 	

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA ESCUELA DE POSTGRADO		
SECCIÓN GEOLÓGICA E-E'		
EVALUACIÓN DE PASIVOS AMBIENTALES MINEROS EN MESA DE PLATA RÍO HUALGAYOC		
Tesista: C.Z. Quispe M.	Fecha: Agosto de 2018	Escala: 1:2,500
Asesor: Dr. V. Paredes O.	Datum: Psad 56 Zona 17s.	

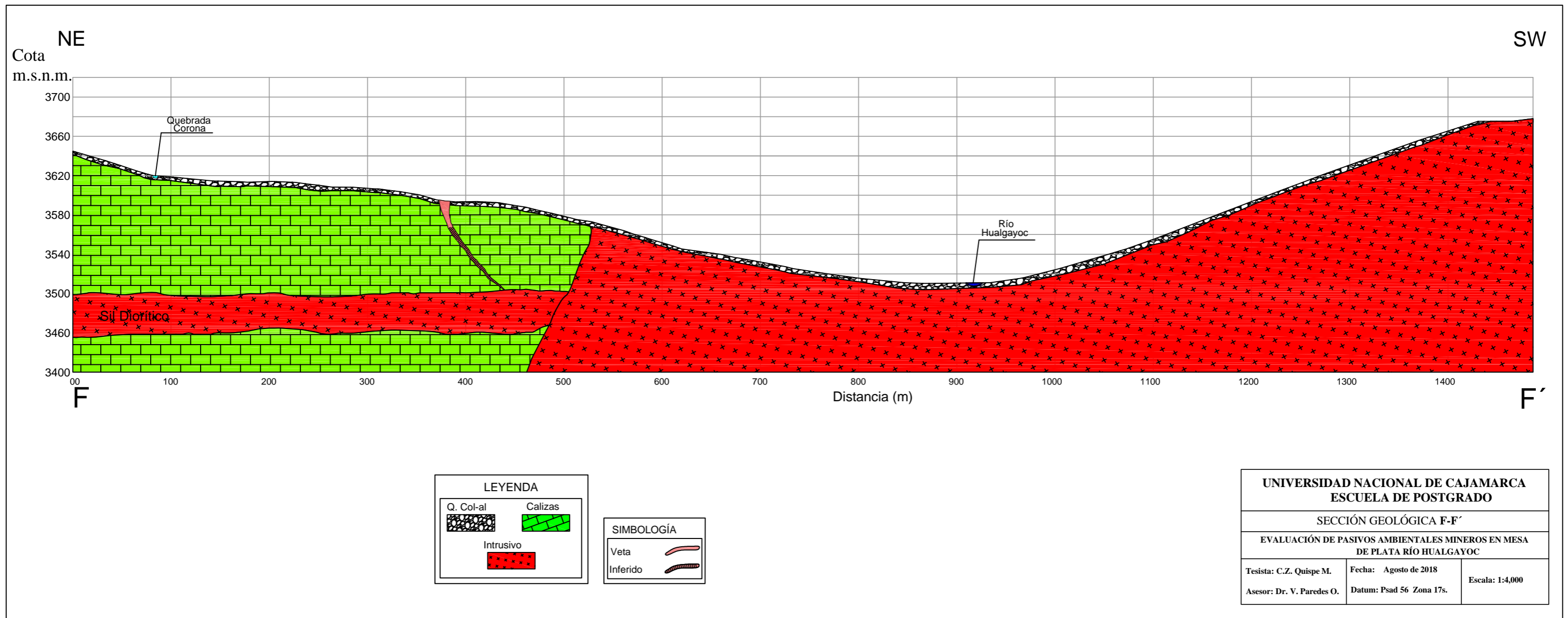


Tabla 23. Valores de la concentración de Cobre desde los años 2007- 2009.

Estación	D. L. N° 17752 LGA: Clase III - 0,50 mg/l									R.J.N° 291-09-ANA Clase III - 0,50 mg/l	
	Abr-07	Jul-07	Oct-07	Ene-08	Abr-08	Jul-08	Sep-08	Dic-08	Mar-09	Ago-09	Nov-09
RTG-1	0,013	0,007	0,011	<0,005	0,010	0,006	0,006	0,006	0,014	0,020	<0,01
RTG-2	0,019	0,009	0,041	0,156	0,021	<0,005	0,007	0,034	0,024	0,021	0,088
RTG-3	3,221	0,705	0,142	1,088	0,827	0,130	1,985	0,936	5,53	1,24	0,424
QM -1	9,438	1,629	0,885	3,561	2,040	0,421	2,883	0,703	0,474	3,84	0,945
RLL-1	0,078	0,068	0,038	0,024	0,032	0,066	0,016	0,033	0,046	0,093	0,021
RH - 1	1,406	1,019	2,657	0,686	0,670	1,558	0,298	0,453	0,532	2,720	0,376
RH - 2	0,015	0,052	0,009	0,018	0,014	0,007	0,026	0,019	0,024	0,036	0,026
RLL - 2	0,192	0,059	0,025	0,145	0,076	0,059	0,023	0,876	0,059	0,058	0,036
RM - 1	0,625	0,014	0,009	0,820	0,285	0,011	0,057	7,011	0,044	0,018	0,508
RTA-1	0,007	0,005	0,005	0,016	0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,013	0,015	<0,01
RLLCH	0,005	0,005	0,006	0,024	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	-	0,013	<0,01
RLLCP	0,005	0,005	-	0,031	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,018	0,015	<0,01
RPOM	0,005	0,005	-	0,039	0,009	<0,005	<0,005	<0,005	0,023	0,013	<0,01

Fuente: Dirección Ejecutiva de Salud Ambiental – DESA Unidad Ecología y Protección del Ambiente – UEPA- 2010

Tabla 24. Valores de la concentración de Plomo desde los años 2007- 2009.

Estación	D. L. N° 17752 LGA: Clase III - 0,10 mg/l									R.J.N° 291-09-ANA: Clase III-0,10 mg/l	
	Abr-07	Jul-07	Oct-07	Ene-08	Abr-08	Jul-08	Sep-08	Dic-08	Mar-09	Ago-09	Nov-09
RTG-1	0,025	0,025	0,025	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025	0,027	0,048	<0,025
RTG-2	0,044	0,025	0,025	0,052	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025	0,036	0,053	0,070
RTG-3	0,122	0,167	0,026	0,094	0,063	<0,025	<0,025	0,037	0,067	0,143	0,095
QM -1	0,268	0,135	0,025	0,042	0,053	<0,025	<0,025	0,037	0,049	0,134	0,137
RLL-1	0,043	0,036	0,025	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025	0,128	0,089	0,072
RH - 1	0,150	0,113	0,214	0,067	0,137	0,104	0,106	0,088	0,107	0,344	0,430
RH - 2	0,040	0,031	0,025	<0,025	<0,025	<0,025	0,035	<0,025	0,052	0,093	0,119
RLL - 2	0,042	0,026	0,025	0,157	<0,025	<0,025	0,033	<0,025	0,085	0,087	0,064
RM - 1	0,066	0,025	0,025	0,233	<0,025	<0,025	0,031	0,046	0,074	0,091	0,825
RTA-1	0,028	0,025	0,025	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025	0,037	0,063	0,044
RLLCH	0,029	0,025	0,025	0,040	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025	-	0,059	<0,025
RLLCP	0,033	0,025	-	0,048	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025	0,041	0,065	0,040
RPOM	0,034	0,025	-	0,049	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025	0,047	0,078	0,051

Fuente: Dirección Ejecutiva de Salud Ambiental – DESA Unidad Ecología y Protección del Ambiente – UEPA- 2010

Tabla 25. Valores de la concentración de Cadmio desde los años 2007- 2009.

Estación	D. L. N° 17752 LGA: Clase III - 0,05 mg/l										R.J.N° 291-09-ANA: Clase III-0,05 mg/l
	Abr-07	Jul-07	Oct-07	Ene-08	Abr-08	Jul-08	Sep-08	Dic-08	Mar-09	Ago-09	Nov-09
RTG-1	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
RTG-2	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,013
RTG-3	0,010	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	<0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,010
QM -1	<0,01	<0,01	<0,01	0,014	<0,01	<0,01	0,02	0,011	<0,01	0,011	0,012
RLL-1	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,014	<0,01	<0,01	<0,01	0,017	<0,01
RH -1	0,150	0,163	<0,01	0,094	0,081	0,229	0,036	0,052	0,076	0,365	0,052
RH - 2	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
RLL - 2	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,019	<0,01	<0,01	<0,01	0,014	<0,01
RM - 1	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,018
RTA-1	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
RLLCH	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	-	<0,01	<0,01
RLLCP	<0,01	<0,01	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
RPOM	<0,01	<0,01	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01

Fuente: Dirección Ejecutiva de Salud Ambiental – DESA Unidad Ecología y Protección del Ambiente – UEPA- 2010

Tabla 26. Valores de la concentración de Zinc desde los años 2007- 2009.

Estación	D. L. N° 17752 LGA: Clase III - 25 mg/L										R.J.N° 291-09-ANA: Clase III-25 mg/L
	Abr-07	Jul-07	Oct-07	Ene-08	Abr-08	Jul-08	Sep-08	Dic-08	Mar-09	Ago-09	Nov-09
RTG-1	0,043	<0,038	<0,038	<0,038	<0,038	<0,038	<0,038	<0,038	0,017	0,035	0,016
RTG-2	0,267	0,165	0,169	0,037	0,046	0,045	0,091	0,045	0,026	0,663	0,856
RTG-3	3,599	1,166	0,509	1,408	1,820	0,267	1,680	0,452	8,482	0,589	0,574
QM -1	2,808	0,910	0,464	2,778	1,740	0,136	2,240	0,249	0,278	1,000	0,877
RLL-1	1,263	1,015	0,942	0,444	0,349	1,350	0,262	0,493	4,65	1,95	0,37
RH -1	23,09	21,916	59,554	14,061	11,000	20,300	3,790	7,493	195,17	48,51	6,515
RH - 2	<0,038	0,181	<0,038	0,057	0,045	0,181	0,048	<0,038	0,029	0,096	0,065
RLL - 2	1,427	1,125	0,525	0,817	0,514	2,100	0,246	0,557	0,330	1,110	0,280
RM - 1	2,458	0,055	<0,038	1,850	0,481	0,038	0,087	1,019	0,314	0,067	1,040
RTA-1	<0,038	<0,038	<0,038	0,262	<0,038	<0,038	<0,038	<0,038	0,015	0,034	0,016
RLLCH	<0,038	<0,038	<0,038	0,293	<0,038	<0,038	<0,038	<0,038	-	0,031	<0,011
RLLCP	<0,038	<0,038	-	0,331	<0,038	<0,038	<0,038	<0,038	0,019	0,035	<0,011
RPOM	<0,038	0,065	-	0,192	<0,038	<0,038	<0,038	<0,038	0,020	0,025	<0,011

Fuente: Dirección Ejecutiva de Salud Ambiental – DESA Unidad Ecología y Protección del Ambiente – UEPA- 2010

Tabla 27. Valores de la concentración de Arsénico desde los años 2007- 2009

Estación	D. L. N° 17752 LGA: Clase III - 0,20 mg/l									R.J.N° 291-09-ANA: Clase III-0,20 mg/l	
	Abr-07	Jul-07	Oct-07	Ene-08	Abr-08	Jul-08	Sep-08	Dic-08	Mar-09	Ago-09	Nov-09
RTG-1	-	<0,0005	<0,0005	0,0062	0,0006	-	-	-	0,0031	-	-
RTG-2	-	0,0063	0,0082	0,0496	0,0050	-	-	-	0,0028	-	-
RTG-3	-	0,1168	0,0184	0,1559	0,1060	-	-	-	0,0037	-	-
QM -1	-	0,1952	0,0293	0,1775	0,2360	-	-	-	0,0030	-	-
RLL-1	-	0,0230	0,0042	0,0074	0,0061	-	-	-	0,0058	-	-
RH -1	-	0,1652	0,7089	0,0590	0,0734	-	-	-	0,0027	-	-
RH - 2	-	0,0099	0,0064	0,0055	0,0032	-	-	-	0,0029	-	-
RLL - 2	-	0,0157	0,0531	0,0679	0,0109	-	-	-	<0,0005	-	-
RM - 1	-	0,006	0,0041	0,1694	0,0380	-	-	-	0,026	-	-
RTA-1	-	<0,0005	0,0027	0,0149	0,0005	-	-	-	<0,0005	-	-
RLLCH	-	<0,0005	0,0030	0,0155	0,0009	-	-	-	-	-	-
RLLCP	-	<0,0005	-	0,0316	0,0010	-	-	-	<0,0005	-	-
RPOM	-	<0,0005	-	0,0169	0,0014	-	-	-	<0,0005	-	-

Fuente: Dirección Ejecutiva de Salud Ambiental – DESA Unidad Ecología y Protección del Ambiente – UEPA, (2010).

RIOS LLAUCANO, MAYGASBAMBA Y HUALGAYOC																		
Origen : Quebrada Pichachaca-chico			CATEGORIA 3													Caudal Máximo :		
Ubicación : Dpto Cajamarca			CALIDAD SANITARIA													Caudal Mínimo :		
Longitud : 90 Km																Caudal Promedio :		
Desembocadura: Río Manáñon																Tributarios: Río Tingo y quebrada la Ense		
EVALUACION SANITARIA 20 y 21 DE MAYO 2010																		
Parametro	pH	T°C	C.E µS/cm	STD mg/L	OD mg/L	DBO mg/L	C.N wad mg/L	As mg/L	Cd mg/L	Cu mg/L	Cr mg/L	Fe mg/L	Mn mg/L	Hg mg/L	Pb mg/L	Zn mg/L	C Total NMP/dL	C Term NMP/dL
ECA-Categ 3	6.5-8.5		<2.000		<=4	15	0.1	0.05	0.005	0.2		1	0.2	0.001	0.05	2	5000	1,000
E-01	6.88	12	223	110			<0.0003	<0.0005	<0.010	0.023	<0.028	0.244	0.054	<0.00011	<0.025	0.026		
E-02	6.94	11.5	234	157			<0.0003	<0.0005	<0.010	0.024	<0.028	0.347	0.114	<0.00011	<0.025	0.044		
E-03	5.50	11.4	518	347			<0.0003	0.2206	<0.010	1.78	<0.028	16.89	2.16	<0.00011	0.069	1.26		
E-04	6.39	11	525	352			<0.0003	0.2582	<0.010	2.92	<0.028	26.69	2.38	0.00057	0.06	1.75		
E-05	8.60	18.9	291	196			<0.0003	0.0051	<0.010	0.061	<0.028	2.21	1.01	<0.00011	<0.025	0.98		
E-06	4.60	13	793	420			<0.0003	0.0757	0.157	1.074	<0.028	41	20.52	<0.00011	0.124	22.8		
E-07	8.34	13.1	402	269			<0.0003	0.0073	<0.010	0.039	<0.028	0.904	0.051	0.00057	<0.025	0.067		
E-08	8.40	19.4	433	287			<0.0003	0.0111	<0.010	0.199	<0.028	3.7	1	<0.00011	<0.025	0.855		
E-09	8.27	13.2	461	309			<0.0003	0.0754	<0.010	0.500	<0.028	5.72	1.12	<0.00011	<0.025	0.695		
E-10	8.64	16.5	444	315			<0.0003	<0.0005	<0.010	0.018	<0.028	0.09	<0.013	<0.00011	<0.025	0.017		
E-11	8.10	16.7	352	210			<0.0003	<0.0005	<0.010	0.021	<0.028	0.167	<0.013	<0.00011	<0.025	0.073		
E-12	8.90	18.2	336	230			<0.0003	<0.0005	<0.010	0.014	<0.028	0.091	<0.013	<0.00011	<0.025	<0.011		
E-13	8.40	22	464	276			<0.0003	<0.0005	<0.010	0.017	<0.028	0.617	0.037	<0.00011	<0.025	0.018		

<	No detectados a valores menores	Toma de muestras : DIRESA Cajamarca 20 y 21- 05-2010
	No supera ECA para agua	Remisión de muestras : Oficio N° 1825-2009-GR CAJ-DRS-C/DESA, Exp.N° 14171-2010-DV del 27/05/10
	Supera ECA para agua	Parámetros Campo: Oficio N° 1825-2009/GR CAJ-DRS-C/DESA Exp.N° 14171-2010-DV del 27/05/10
		Análisis metales pesados y CNwad: DIGESA -Inf de Ensayo N° 422-Codo-3822 al 3834

Categoría 3 Riego de vegetales y bebidas de animales establecido
Parámetros para Riego de vegetales de tallo bajo y tallo alto- ECA

LEYENDA

Cod	Estación	Descripción	LEYENDA	Localidad	Distrito	Provincia
DIGESA						
3822	E-01	RTG-1 Río Tingo naciente del río Tingo		El Tingo	Hualgayoc	Hualgayoc
3823	E-02	RTG-2 Río Tingo, Puente carretera, sector las Águilas		El Tingo	Hualgayoc	Hualgayoc
3824	E-03	RTG-3 Río Tingo, altura Bocamina El tingo de Sociedad Minera corona		El Tingo	Hualgayoc	Hualgayoc
3825	E-04	QM-1 Quebrada la Ense, 800 m salida de pad de Cia Minera San Nicolas		El Tingo	Hualgayoc	Hualgayoc
3826	E-05	RLI-1 Río Llaucano, 5Km aguas arriba del puente de la carretera al Ahijadero		Ahijadero	Bambamarca	Hualgayoc
3827	E-06	RH-1 Río Hualgayoc, 500 m comunidad Colquirumani		Colquirumani	Hualgayoc	Hualgayoc
3828	E-07	RH-2 Río Hualgayoc comunidad de Hualgayoc		Hualgayoc	Hualgayoc	Hualgayoc
3829	E-08	RLI-2 Río Llaucano, 200 m aguas debajo de puente la Pacha		Bambamarca	Bambamarca	Hualgayoc
3830	E-09	RM-9 Río Maygasbamba, 200 m aguas abajo emisora municipal de Bambamarca		Bambamarca	Bambamarca	Hualgayoc
3831	E-10	RTA-1 Río Tambillo 50 m aguas arriba de la confluencia con el Río Llaucano		La Llica	Bambamarca	Hualgayoc
3832	E-11	RLI.CH. Río Llaucano - Chota, 200 m aguas arriba de la confluencia con el río Tambillo		La Llica	Bambamarca	Hualgayoc
3833	E-12	RLI.CP. Río Llaucano, altura del centro poblado de Llaucan		Llaucan	Bambamarca	Hualgayoc
3834	E-13	RPOM. Río Pomogon, 150 m aguas arriba de confluencia con el río Llaucano		Llaucan	Bambamarca	Hualgayoc

Figura 74. Programa de vigilancia de la calidad de recursos hídricos en la cuenca del río Llaucano.

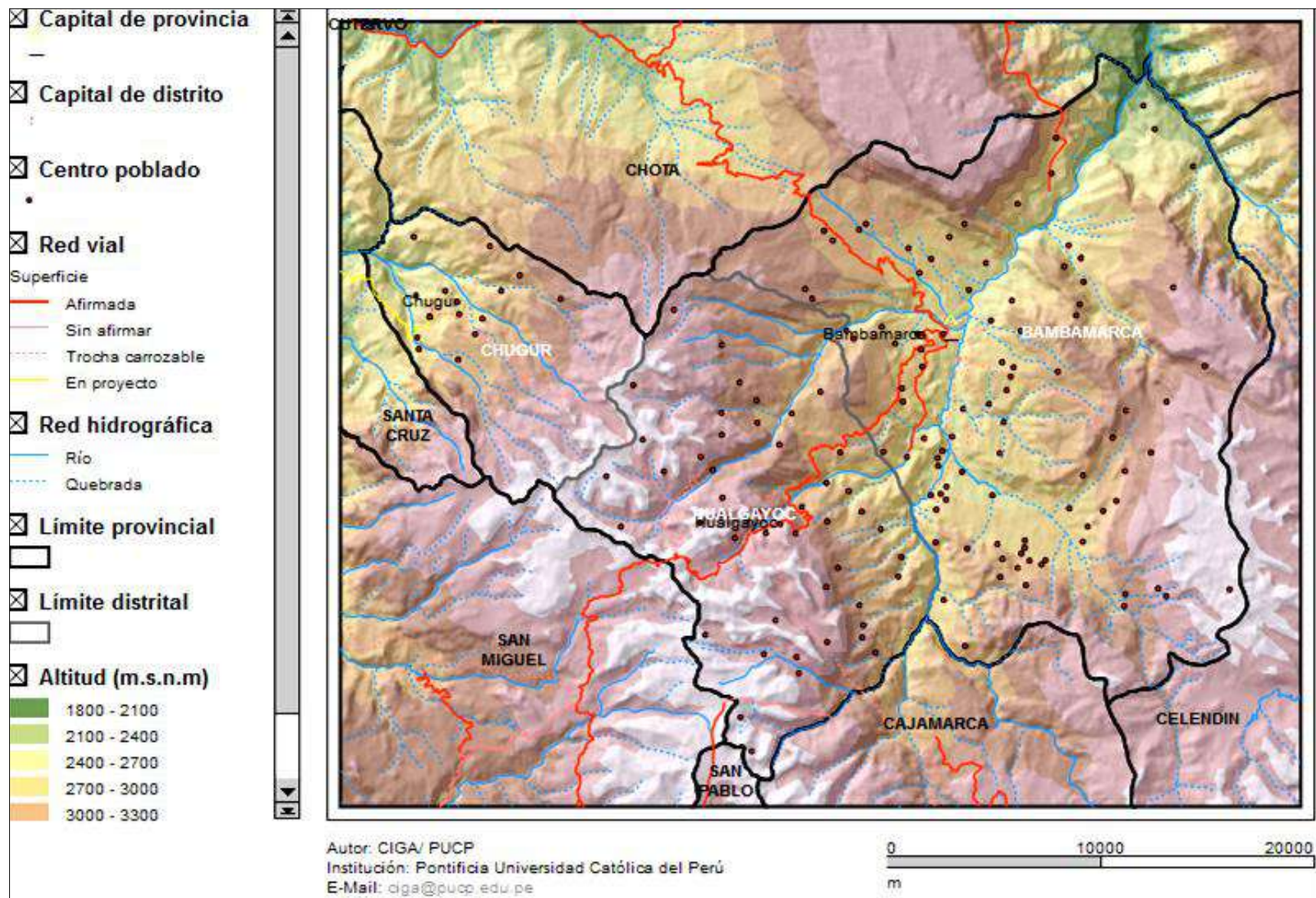


Figura 75. Ubicación de la microcuenca Mesa de Plata, dentro la cuenca hidrográfica del río Llaucano.