

REPUBLICA DEL PERU

SECTOR ENERGIA Y MINAS

INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALURGICO

INFORME TÉCNICO
Geología Ambiental y Riesgo Geológico



**EVALUACIÓN DE LOS PELIGROS GEOLÓGICOS
EN EL SECTOR DE WINCHUMAYO**

(DISTRITO AYAPATA, PROVINCIA CARABAYA, REGION PUNO)

POR:
SEGUNDO NÚÑEZ JUÁREZ
LUCIO MEDINA ALLCCA

LIMA PERU
ABRIL 2009

INCLUYE CD

EVALUACIÓN DE LOS PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL SECTOR DE WINCHUMAYO

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	3
1.1 ANTECEDENTES	3
1.2 OBJETIVOS	3
1.3 METODOLOGÍA DE TRABAJO	4
2. ASPECTOS GENERALES	4
2.1 UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD	4
2.2 PRECIPITACIONES PLUVIALES	6
2.3 USO DEL SUELO	6
3. OPERACIONES MINERAS	7
3.1 EXTRACCIÓN DE MINERAL.	7
3.2 CHANCADO Y MOLIENDA DEL MINERAL	8
3.3 RECUPERACIÓN DEL ORO	10
3.4 CATASTRO MINERO	11
3.5 INFORMACIÓN GEODESICA	11
3.6 DISPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS	14
3.7 CONSIDERACIONES LOGÍSTICAS PARA FUTURAS MISIONES	15
4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	16
5. ASPECTOS GEOLÓGICOS	17
5.1 SUBSTRATO ROCOSO SEDIMENTARIO	17
5.2 SUBSTRATO ROCOSO INTRUSIVO	18
5.3 DEPÓSITOS SUPERFICIALES	19
6. PELIGROS GEOLÓGICOS.	21
6.1 EVIDENCIAS DE MOVIMIENTOS EN MASA ANTIGUOS Y RECIENTES	21
6.2 DERRUMBE-FLUJO DE WINCHUMAYO	21
6.3 SITUACIÓN ACTUAL EN EL ÁREA DE WINCHUMAYO	26
6.4 EVALUACIONES DE ZONAS DE REUBICACIÓN	28
6.5 PELIGROS GEOLÓGICOS IDENTIFICADOS EN LOS ALREDEDORES DE WINCHUMAYO	30
6.6 ACTIVIDAD MINERA RELACIONADA CON LOS MOVIMIENTOS EN MASA.	35
7. SUSCEPTIBILIDAD A LOS MOVIMIENTOS EN MASA	36
8. MEDIDAS CORRECTIVAS	36
9. CONCLUSIONES	39
10. RECOMENDACIONES	39

EVALUACIÓN DE LOS PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL SECTOR DE WINCHUMAYO

1. INTRODUCCIÓN

La generación de movimientos en masa superficiales y profundos es un fenómeno muy frecuente en el tiempo y en el espacio en áreas de montañas. Las elevadas precipitaciones pluviales en las zonas tropicales (ceja de selva) son factores desencadenantes para que se generen estos tipos de movimientos. En zonas tropicales, con montañas de laderas de fuerte pendiente y deforestación intensa; conlleva a incrementar estos movimientos.

En el sector de Mucumayo, se aprecian movimientos en masa antiguos y activos evidenciando la intensa actividad geodinámica del área. Entre los movimientos de masa recientes, se encuentra el derrumbe-flujo del sector de Winchumayo, que afectó al campamento minero del mismo nombre, provocando la muerte de aproximadamente 10 personas. Este derrumbe se canalizó por una quebrada, generando un flujo de detritos (huayco) que llegó hasta el río Valencia.

En este trabajo se dan alcances de la geología, geomorfología y geodinámica del área afectada por el deslizamiento de tierras, así como conclusiones y recomendaciones para la prevención, mitigación y/o estabilización del lugar.

1.1 ANTECEDENTES

A solicitud del Viceministro de Minas del MINEM, el Presidente del Consejo Directivo del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET) Ing. Walter Casquino, mediante comunicación telefónica solicita al Director de Geología Ambiental y Riesgo Geológico la evaluación de los peligros geológicos que afectaron al Campamento Minero Winchumayo. En reunión realizada en la oficina de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico con Funcionarios de la Dirección de Asuntos Ambientales del Ministerio de Energía y Minas, se acordó viajar en forma conjunta para realizar dicha evaluación.

El Director de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del INGEMMET, asigna a los Ingenieros Segundo Núñez Juárez y Lucio Medina Allca, para realizar la evaluación antes mencionada, de parte de la Dirección de Asuntos Ambientales del Ministerio de Energía y Minas viajó el Bachiller en Geología. Oscar Salvatierra. Los trabajos de campo se realizaron entre el 16 al 24 de marzo.

1.2 OBJETIVOS

Los objetivos del estudio son:

- Efectuar la evaluación geodinámica en el sector del Campamento Minero de Winchumayo.

- Analizar y evaluar los factores que originaron el movimiento en masa que afectó al campamento minero de Winchumayo

1.3 METODOLOGÍA DE TRABAJO

El trabajo se dividió en tres fases:

Gabinete I.- En esta fase se realizó una recopilación de la información existente del área de estudio, como mapas geológicos y de peligros geológicos, imágenes satelitales, catastro minero, etc. Se analizó la información obtenida.

Campo.- Esta fase duró 9 días, saliendo desde Lima, de los cuales 6 días se usaron para los trabajos de campo en sí distribuidos de la siguiente manera: 05 para desplazamientos desde Ayapata a Winchumayo (ida y vuelta) y 01 para realizar la evaluación de la zona. En los trabajos de campo se reconocieron eventos geológicos ocurridos en el pasado y en el presente, se tomaron anotaciones desde el punto de vista geológico. Se usaron tableros, libretas de campo, brújula, GPS, martillo de geólogo, lupa y brújula.

Gabinete II.- Esta etapa se realiza:

- Redacción del informe final
- Elaboración de ilustraciones (Mapas y figuras).
- Búsqueda de información complementaria al informe.
- Levantamiento de observaciones al informe realizadas por el revisor.

2. ASPECTOS GENERALES

2.1 UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD

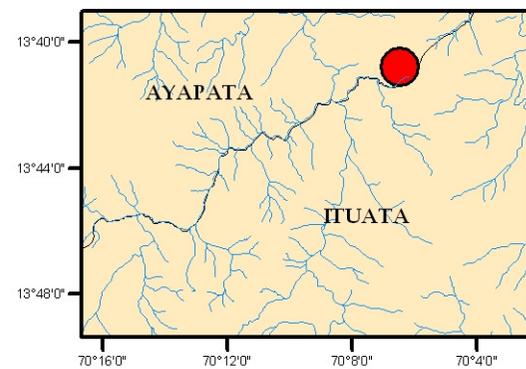
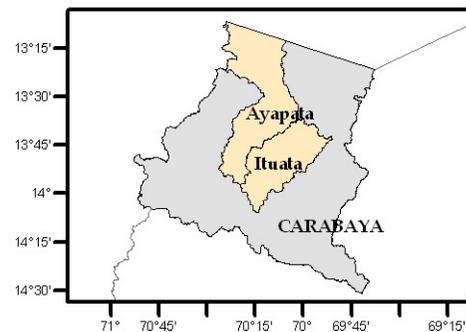
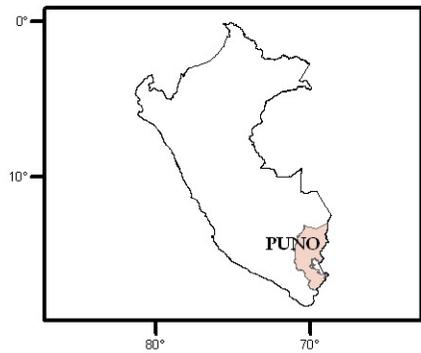
El área políticamente pertenece al distrito Ayapata, provincia Carabaya, región Puno (INEI-2007). (Figura 1).

Se encuentra entre las coordenadas UTM (WGS 84).

Norte : 8479000, 8489000

Este : 379000, 382000

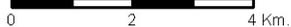
En el Cuadro N° 1, se especifica el itinerario de viaje desde Lima hasta Winchumayo.



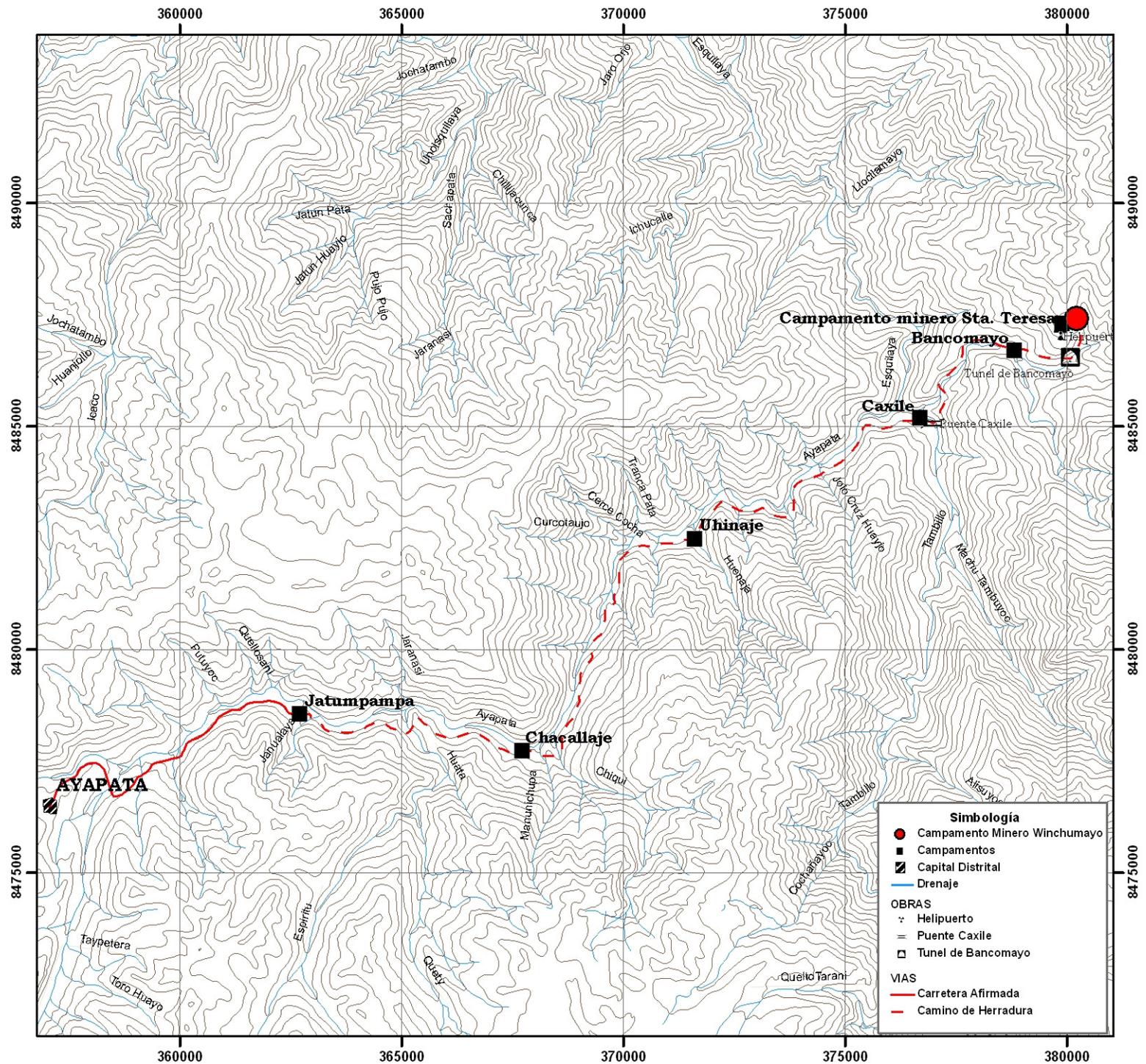
MAPA DE UBICACIÓN DEL
CAMPAMENTO MINERO WINCHUMAYO

Figura N° 1

Escala 1:125,000



Fuente Digital: IGN e INEI



Cuadro N° 1. Itinerario del viaje de Lima-Ayapata-Winchumayo.

DE	A	Km.	TIPO DE VIA	Tiempo estimado en horas
Lima	Juliaca		Vía aérea	1:20
Juliaca	Azangaro - Macusani	215	Asfaltada	3:00
Macusani	Ayapata	56	Afirmada	3:00
Ayapata	Jatumpampa	07	Trocha carrozable (*)	0:45
Jatumpampa	Chacallaje	10	Camino Herradura(**)	4:00
Chacallaje	Uinaje	08	Camino Herradura(**)	3:00
Uinaje	Caxili	40	Camino Herradura(**)	5:00
Caxili	Bancomayo Winchumayo.	— 10	Camino Herradura(**)	7:00
TOTAL		346		27:15

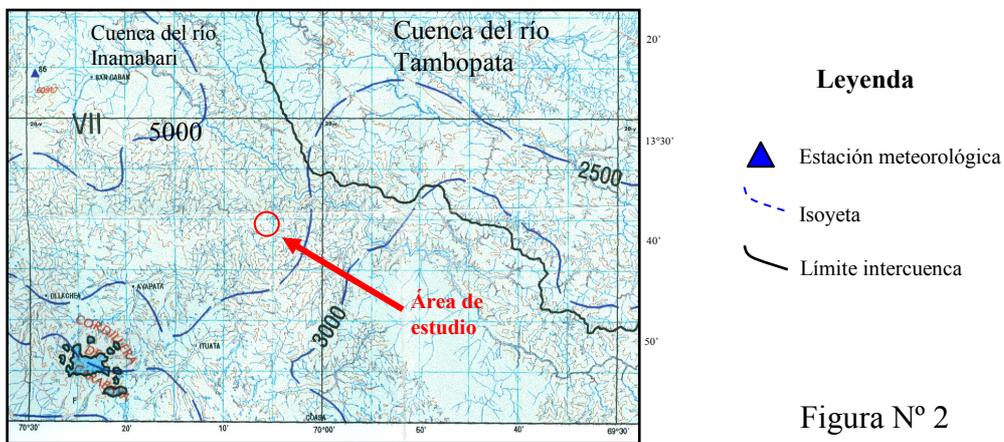
(*) Solo acceden motos lineales, por la falta de construcción de 2 puentes sobre el río Ayapata.

(**) Camino de herradura de difícil acceso.

Base Cutipa, F. - 2009.

2.2 PRECIPITACIONES PLUVIALES

Según el mapa de precipitaciones pluviales, elaborado en base a los datos de las estaciones meteorológicas proporcionados por el SENAMHI (Figura 2), en el área de estudio se tienen precipitaciones con un promedio anual entre 2500 – 5000 mm. Hay que considerar que la mayor pluviosidad se registra entre los meses de diciembre a marzo.



Fuente: Dirección de Geología Ambiental_INGEMMET

2.3 USO DEL SUELO

Las laderas del área de estudio, están conformadas por suelos aluviales (cerca del cauce del río), proluviales (procedentes de quebradas) y coluvio/deluviales (ubicados en las laderas de los cerros). Los dos primeros forman parte de las terrazas de los ríos Winchumayo y Valencia, siendo aprovechadas para realizar trabajos artesanales e informales (lavaderos de oro - foto 1), mientras que parte de los terceros están asentados los campamentos mineros.

En resumen, un 20% del área esta ocupado por la actividad minera artesanal-informal, 15% por asentamientos de campamentos mineros y 65 % por vegetación natural típica de la zona de ceja de selva.



Foto 1.- Labores artesanales en la extracción de oro, ubicadas en el cauce del río.

3. OPERACIONES MINERAS

Texto base del informe preliminar de Oscar Salvatierra-Ministerio de Energía y Minas Dirección General de Asuntos Ambientales Mineros.

3.1 EXTRACCIÓN DE MINERAL. (Foto 2)

La actividad minera (explotación y beneficio) es desarrollada por mineros informales dentro de concesión minera CHIBOLO 2. Dichas actividades en Winchumayo se realizan en 2 frentes (bocaminas) (Foto 2) llamadas Tres Gavilanes y Flor de Oro). Donde trabajan un total de 150 obreros

Durante los trabajos de explotación y extracción se utilizan perforadoras manuales marca BOSCH y para el disparo en los taladros se utiliza cartuchos de dinamita e insumos las cuales son adquiridas por vendedores informales e ilegales. El consumo de éstos explosivos en la perforación manual es de 1 cartucho de dinamita, 1 fulminante y 3 pies de guía de seguridad por cada taladro de 1½' a 2'; el consumo es de 2 a 3 cartuchos por taladro, con malla de perforación compuesta de 9 a 12 taladros para una sección de 1,40 m. de altura por 1,80 m.

Para el sostenimiento de las labores mineras utilizan el método de cuadros con marcos de madera que son cortados de la parte alta de la zona misma y el cual es transportando por deslizamiento desde la parte superior con un canal que llaman el echadero.



Foto 2.- Bocamina de Winchumayo, cerca de esta labor, paso el derrumbe (A) generado el 02 de marzo del 2009.

La ventilación es natural ya que luego de cada disparo abandonan la labor durante un tiempo (2 horas).

La profundización de las labores se realiza se hace por medio de piquetes aislados. El desmonte resultado del circado de las labores, es trasladado en carretillas y arrojados al borde del riachuelo y en pampas pequeñas.

3.2 CHANCADO Y MOLIENDA DEL MINERAL (Fotos 3, 4, 5 y 6)

Al extraer el material de las labores es llevado a zonas planas, y es almacenado en sacos, posteriormente se lleva a molinos de bolas para ser triturado.

En otros sectores se observo que usan el método de quimbales, el cual consiste en la molienda entre dos piedras pulidas.



Foto 3.- Disposición del desmonte de mina, en sacos, para su posterior tratamiento de molienda.



Foto 4.- Terraza, donde se han acumulado el desmonte de mina, para su posterior tratamiento.



Foto 5.- Molino que es usado para la trituración del material extraído de la mina.



Foto 6.- Método usando quimbaletes, usando dos rocas.

3.3 RECUPERACIÓN DEL ORO (Fotos 7, 8).

Los relaves generados en la molienda son acumulados alrededor de la quebrada y/o arrojados al riachuelo.



Foto 7.- Minero informal, recuperando oro.



Foto 8.- Mineros informales, trabajando en la extracción del oro.

En todas las fases de extracción del oro, el personal que trabaja no cuenta con las condiciones mínimas de seguridad.

3.4 CATASTRO MINERO

Titular minero de la Concesión

El área de Winchumayo, se encuentra dentro de la Concesión Minera "CHIBOLO 2", dentro del registro minero tiene código 010190897, esta constituida por Roger Saya Tapara (34%), S.M.R.L. MEDIA NARANJA Nº 1000 DE PUNO (33%) y MINERA ORO VEGA S.A. (33%).

En el Cuadro Nº 2 y figura Nº 3, se dan alcances más detallados de la concesión CHIBOLO 2 y de las que están a su alrededor.

3.5 INFORMACIÓN GEODESICA

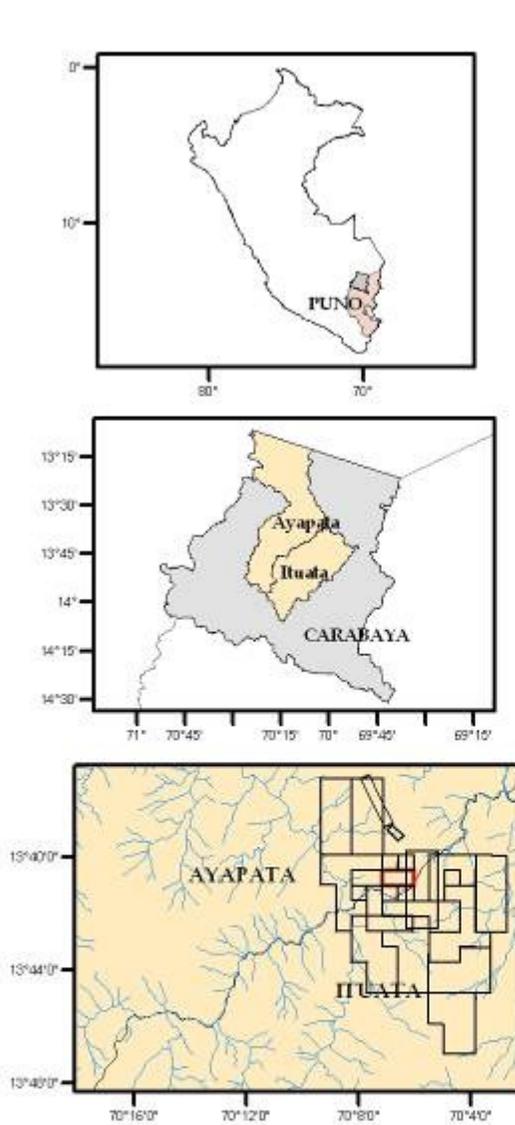
La estación geodésica BASE SUR AYABACAS establecida por el IGN, es la más cercana a Winchumayo. Esta estación geodésica se ubica en el centro poblado de Ayabacas, distrito de Juliaca, provincia de San Román, departamento de Puno. Ubicada aproximadamente a 150 metros al Sureste del centro poblado, en la cima de la lomada más baja, y consta de un reper circular de bronce de 1 pulgada de diámetro incrustado sobre una roca.

Se llega a esta estación, partiendo de la ciudad de Juliaca, por la carretera que conduce a la localidad Saman, luego de un recorrido de 10 km aproximadamente, se llega al poblado de Ayabacas, lugar donde se encuentra la estación (Ver gráfico Nº 1).

Cuadro Nº 2. CONCESIONES MINERAS ALREDEDOR DEL SECTOR DE WINCHUMAYO

CODIGO	Concesión	Nat.	Titular Antigo	Titular de la Concesión	Fecha de Formulación	Hectáreas formulad.	Estado	Dep.	Provincia	Distrito	Hectáreas Reduc.	Vértice Norte	Vértice Este
010576708	ALLAPATA 4	M		Compañía De Exploraciones Orión S.A.C.	2008-09-29	200.00	D.M. Titulado D.L. 708	Puno	Carabaya	Ituata	2.0000	8 487 000 8 485 000 8 485 000 8 487 000	378 000 378 000 379 000 379 000
010313095	BALCON 2	M	Edgar Ausberto Sardón Espezua Juan Vitaliano Neira Llerena José Berrocal Vellagomez.	S.M.R.L. Balcón I	1995-01-02	700.00	D.M. Titulado D.L. 708	Puno	Carabaya	Ituata	7.0000	8 486 000 8 484 000 8 484 000 8 485 000 8 485 000 8 486 000	384 000 384 000 382 000 382 000 379 000 379 000
010190897	CHIBOLO 2	M		Roger Saya Tapara. Minera Oro Vega S.A. Julio Abelardo Parra Solís.	1997-05-02	200.00	D.M. Titulado D.L. 708	Puno	Carabaya	Ayapata	2.0000	8 848 800 8 848 700 8 848 700 8 848 800	381 000 381 000 379 000 379 000
010162404	ESTIGIA	M	Juan Martín Córdova García	Juan José Mostajo Scheelje	2004-06-01	200.00	D.M. Titulado D.L. 708	Puno	Carabaya	Ayapata	2.0000	8 848 800 8 848 700 8 848 700 8 848 800	379 000 379 000 377 000 377 000
010165405	ESTIGIA 1	M		Juan José Mostajo Scheelje	2005-06-01	100.00	D.M. Titulado D.L. 708	Puno	Carabaya	Ayapata	1.0000	8 487 000 8 486 000 8 486 000 8 487 000	378 000 378 000 377 000 377 000
010165305	ESTIGIA 2	M		Juan José Mostajo Scheelje	2005-06-01	100.00	D.M. Titulado D.L. 708	Puno	Carabaya	Ituata	1.0000	8 487 000 8 486 000 8 486 000 8 487 000	380 000 380 000 379 000 379 000
010052007	ESTIGIA 3	M		José Antonio Huarachi Vera	2007-01-03	100.00	D.M. en trámite D.L. 708	Puno	Carabaya	Ayapata	1.0000	8 489 000 8 489 000 8 488 000 8 488 000	380 000 381 000 381 000 380 000
010016406	ITACA	M		Juan José Mostajo Scheelje	2006-01-03	100.00	D.M. Titulado D.L. 708	Puno	Carabaya	Ayapata	1.0000	8 489 000 8 488 000 8 488 000 8 489 00	379 000 379 000 380 000 380 000
13007000X01	MEDIA NARANJA N° 1000	M	S.M.R.L. Media Naranja N° 1000 de Puno.	Compañía Minera Ayapata S.A.	1978-08-07	1000.00	D.M. Titulado D.L. 109	Puno	Carabaya	Ituata	10.0000	8 489 244.50 8 484 244.55 8 484 235.11 8 489 235.05	382 545 382 568.61 380 568.63 380 545.02
080001300	MILAN 90 II	M		S.M.R.L. MILAN 90 II	2000-05-02	100.00	D.M. Titulado D.L. 708	Puno	Carabaya	Ituata	1.0000	8 487 000 8 486 000 8 486 000 8 487 000	381 000 381 000 380 000 380 000

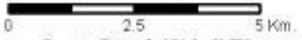
Fuente: INGEMMET-2009



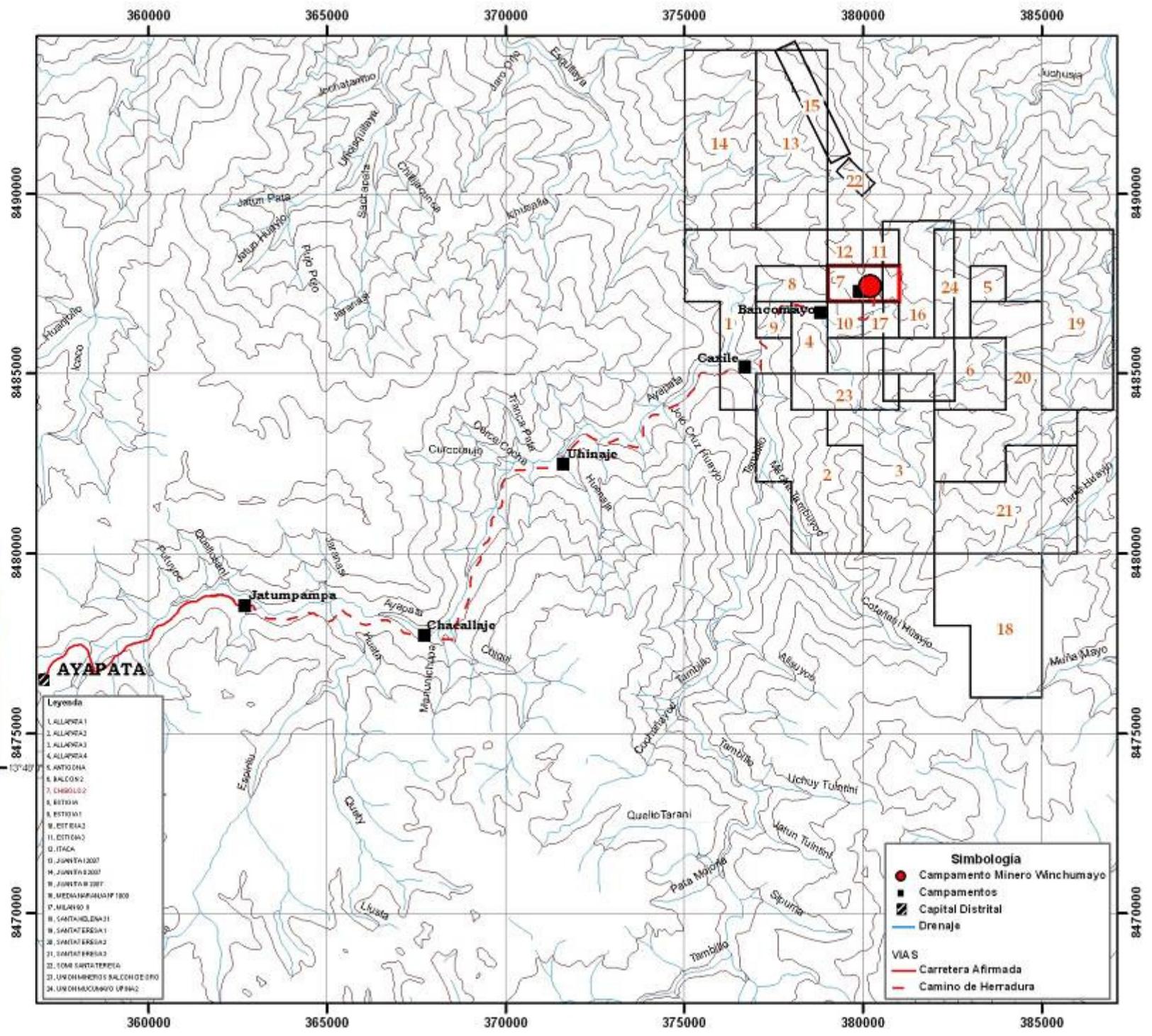
MAPA DE UBICACIÓN DE CONCESIONES MINERAS

Figura N° 3

Escala 1:150,000



Fuente Digital: IGN e INEI



Leyenda

1. ALLAPATA 1
2. ALLAPATA 2
3. ALLAPATA 3
4. ALLAPATA 4
5. ANTO DÑA
6. BALCON 2
7. CHIGOLLO 2
8. ESTIWA
9. ESTIWA 1
10. ESTIWA 2
11. ESTIWA 3
12. ITACA
13. JUNTA 1 2007
14. JUNTA 2 2007
15. JUNTA 3 2007
16. MEDA PARASIA 1 180
17. MILAYO 8
18. SANTANDREA 31
19. SANTANDREA 1
20. SANTANDREA 2
21. SANTANDREA 3
22. TORA SANTANDREA
23. UNIDAMINEROS BALCON DE ORO
24. UNIDAMINEROS UPAK 2

Simbología

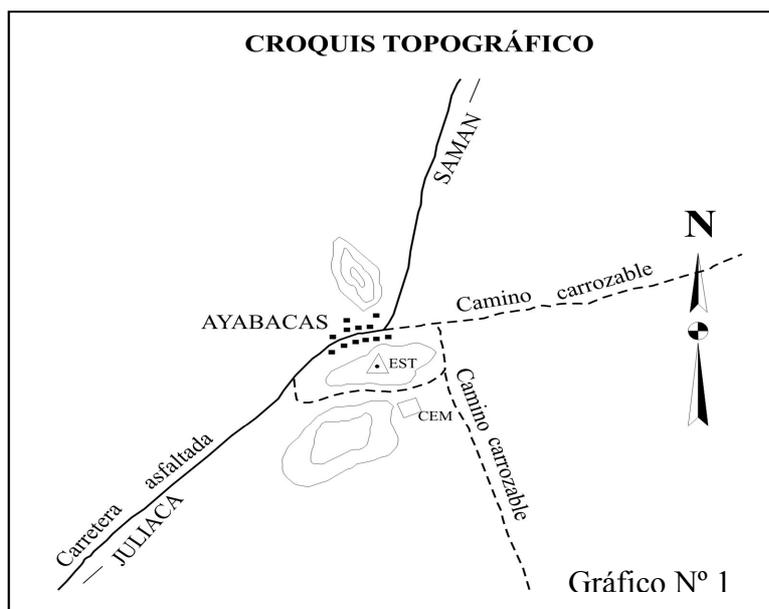
- Campamento Minero Winchumayo
- Campamentos
- ▣ Capital Distrital
- Drenaje

VIA S

- Carretera Afirmada
- - - Camino de Herradura

Se tiene la siguiente tarjeta de valores:

- Código:	AYAB
- Características de la marca:	Disco de bronce 9 cm.
- Latitud:	15° 25' 35.02712"
- Longitud:	70° 04' 16.19324"
- Altura Elipsoidal:	3882.3739
- X Geocéntrica:	2097454.547
- Y Geocéntrica:	-5785055.864
- Z Geocéntrica:	-1686660.434
- Norte	8294225.979
- Este	385067.371
- Zona UTM	19
- Modelo Geoidal	EGM 96
- Altura Geoidal	3836.739
- Hoja	31-v
- Código Internacional	2840
- Nombre de la hoja	JULIACA
- Fecha	01 Marzo 98
- Orden	"A".



Fuente Instituto Geografico Nacional- Dirección de Geodesia

Desde de el Punto Geodésico Ayabacas Base Sur a Winchumayo hay una distancia aproximada de 192 Km., con dirección N352°.

3.6 DISPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

El campamento minero de Winchumayo, no cuenta con un lugar para la disposición de sus residuos sólidos (relleno sanitario), son arrojados en las laderas ó en las quebradas, estos materiales posteriormente son arrastrados por las lluvias hacia el cauce de las quebradas, contribuyendo a la degradación del ambiente.

3.7 CONSIDERACIONES LOGÍSTICAS PARA FUTURAS MISIONES

- Desde Lima se puede viajar por vía aérea hasta Juliaca (tiempo de viaje 1:20 horas), de allí por vía terrestre hasta Ayapata, usando camioneta doble tracción (tiempo de viaje 6 horas) u ómnibus interprovinciales (tiempo de viaje 10 horas). La camioneta petrolera consume un promedio de 16 galones en el tramo de ida y vuelta.
- Desde Ayapata hasta Jatumpampa, se tiene una carretera afirmada que no esta habilitada totalmente por la falta de 02 puentes sobre el río Ayapata, transitan solamente motos lineales. La parte habilitada para camionetas comprende desde Ayatata hasta el primer puente, tramo de aproximadamente 03 km. Para movilizarse desde Ayapata-Jatumpampa se usa motos lineales, el costo de transporte es de S/. 10.00 (diez nuevos soles) por persona y en el tramo de viceversa el costo varía a S/. 15.00 (quince nuevos soles).
- Ayapata se encuentra a una cota de 3650 msnm, y se desciende a los 2950 msnm a Jatumpampa por una vía afirmada.
- Desde Jatumpampa (2950 msnm), se empieza a caminar pendiente abajo hasta llegar a Caxile (1400 msnm), el tiempo de caminata es aproximadamente 12 horas. En este sector existen alojamiento a cambio de consumo (compra) de alimentos.
- Desde este último punto se empieza a ascender hasta el campamento minero de Winchumayo (2450 msnm), en este último tramo el tiempo de caminata es aproximadamente 7 horas.
- El tiempo de retorno de Winchumayo-Ayapata no es el mismo, porque se empieza ascender desde Caxile (19 horas de caminata). Se recomienda hospedarse en Caxile y Chacallaje.
- El costo de vida en la zona es elevada. Esto se debe que todos los productos de primera necesidad son transportados desde Ayapata en acémilas (mulas, caballos) y por personas.
- Por ser zona aurífera los productos tienen altos costos. Para realizar compras de productos ó alimentos, se realiza mediante trueque (cambio de oro por producto). Por ejemplo, para comprar una gaseosa Coca Cola de 2 1/2 litros se necesita 07 palitos de oro (700 mg.) o su equivalente S/. 35.00 (treinta y cinco nuevos soles).
- Las personas de la zona para llevar una carga de 25 Kg. desde Ayapata hasta los campamentos mineros, cobran hasta S/. 100.00 (cien nuevos soles). Ellos demoran 14 horas.
- Para contratar acémilas, se debe tener en cuenta que estas salen en grupo, más no en forma individual, es decir que se tiene que estar en espera a que el dueño de la acémilas tenga toda la carga completa. Un grupo de acémilas comprende entre 10 a 15 mulas.
- El costo por llevar la carga (100 Kg.) en acémila, desde Ayapata a Caxili es de S/. 80.00 (ochenta nuevos soles), el viaje dura 2 días, y desde Caxile a Winchumayo es de S/. 40.00 (1 día de viaje). Las acémilas en el periodo lluvioso no llega hasta los mismos campamentos.
- Los campamentos mineros no cuentan con sistema de agua potable, desagüe, y alumbrado público. Solo existe generadores de electricidad particulares.
- El área no cuenta con postas médicas, el centro de salud más cercano se encuentra en el poblado de Ayapata.

- En la zona, por parte de los trabajadores de los campamentos mineros hay un cierto rechazo a los foráneos que van con fines de búsqueda de información con referencia a las actividades mineras que se desarrollan en el lugar.

4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

El área de estudio, en el contexto regional se localiza en la unidad geomorfológica denominada Faja Subandina, que se extiende paralela a la Cordillera Oriental, como la zona de transición entre la Cordillera Oriental y el Llano Amazónico. Las montañas tienen altitudes que disminuyen progresivamente hacia el Noreste, desde los 3000 msnm. junto a la cordillera, hasta los 1500 msnm. Su relieve es accidentado, consecuencia de la fuerte erosión que esta sometido esta parte del territorio, por acción de los numerosos cursos de agua que sobre él discurren. Es una zona de fuerte actividad geodinámica externa, los valles tienen forma de "V", con un fondo angosto y paredes laterales muy empinadas. (Foto 9)



Foto 9. Márgenes del río Winchumayo, mostrando laderas de fuerte pendiente.

Debido al clima lluvioso, la fuerte erosión, y la actividad antrópica (deforestación) los taludes pierden estabilidad, produciéndose derrumbes y deslizamientos.

Los ríos presentan fuerte pendiente (Foto 10), es frecuente la presencia de cascadas, rápidos y caídas de agua, por las paredes laterales de los valles debido a la desembocadura de quebradas colgadas (Chávez, A. 1997)

Los depósitos de movimientos en masa evidencian la geodinámica de la zona en el pasado y claramente diferenciables en el área, los antiguos eventos se encuentran cubiertos por vegetación.



Foto 10. Desembocadura del río Broncemayo al Esquilaya. Se muestra el cambio de coloración de las aguas. Debido a los trabajos mineros en las nacientes del río Broncemayo.

5. ASPECTOS GEOLÓGICOS

Se ha considerado como base, el trabajo realizado por Chávez (1997) dentro del proyecto de la Carta Geológica Nacional-INGEMMET, información elaborada en el cuadrángulo de Ayapata a escala 1:100,000 (Figura 4, Mapa Geológico). También se realizaron observaciones de detalle en los trabajos de campo, con el cual se verificó la información que se manifiesta en dicho boletín.

5.1 SUBSTRATO ROCOSO SEDIMENTARIO

En el área se han diferenciado la Formación Sandía, con afloramientos de areniscas de grano fino a medio en capas de 20 a 40 cm. intercaladas con lutitas. Las areniscas son muy resistentes a la erosión y meteorización, dando formas muy escarpadas (Fotos 11 y 12), en cambio las lutitas están más meteorizadas resultando topografías de moderada pendiente. Por su fracturamiento y meteorización este material es muy susceptible a la formación de derrumbes y deslizamientos.

En las areniscas se observó estructuras de estratificación cruzada, que según Chávez (1997), son estructuras originadas por dunas.



Foto 11.- Secuencias de areniscas intercaladas con lutitas. Sector de Winchumayo.



Foto 12. Afloramiento de areniscas, resistentes a la erosión. Margen derecha del río Quimsamayo.

5.2 SUBSTRATO ROCOSO INTRUSIVO

Según el mapa geológico del cuadrángulo de Ayapata (Figura 4), de Winchumayo al Oeste, a unos 5 km, se encuentra el cerro Yanamayo donde aflora roca intrusiva (granito).

La roca intrusiva al momento de emplazarse sobre las rocas sedimentarias ha transmitido fluidos mineralizantes, manifestados como vetas y cuerpos auríferos.

5.3 DEPÓSITOS SUPERFICIALES

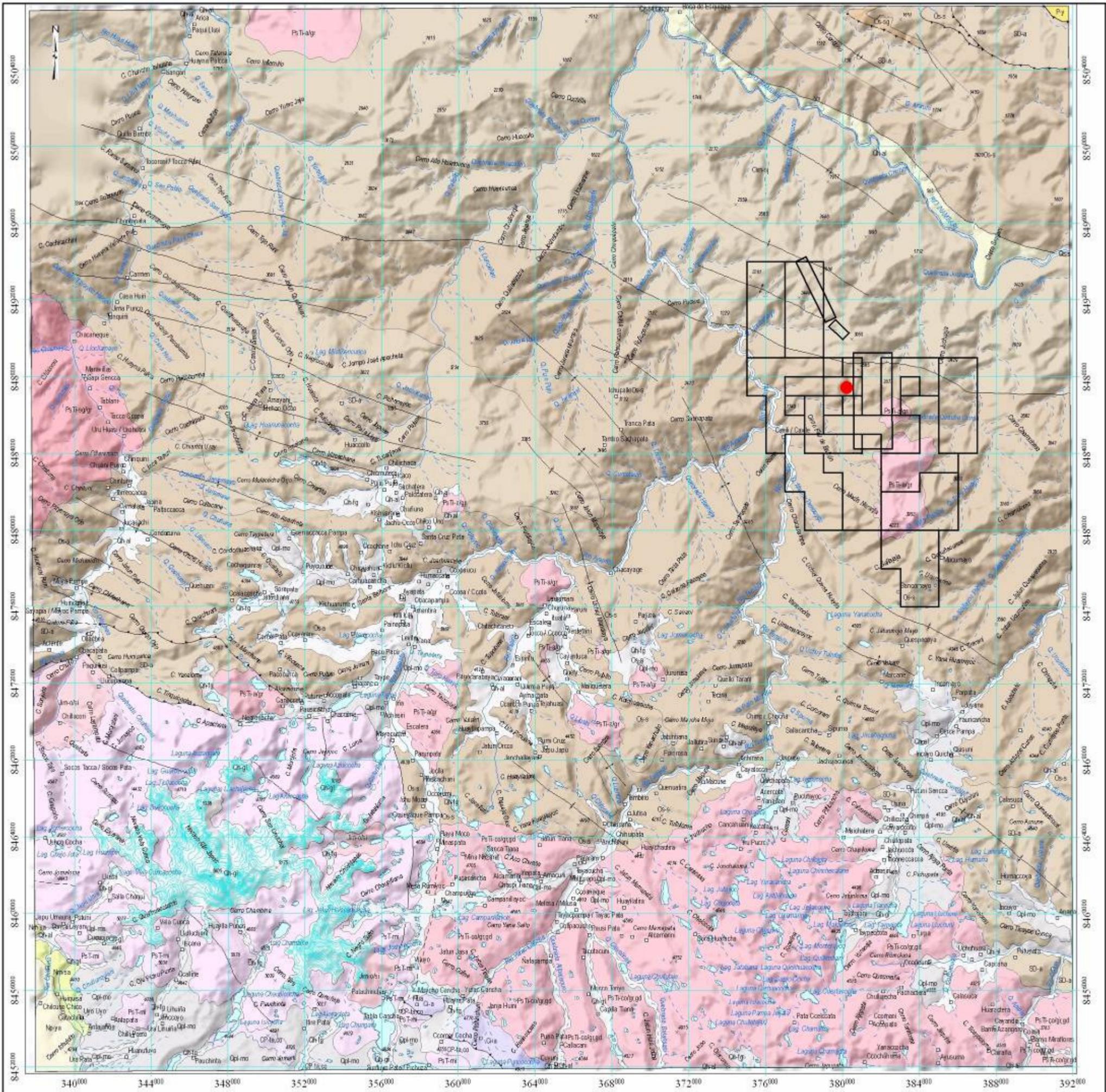
Los depósitos inconsolidados que cubren al substrato rocoso, se exponen en las laderas, quebradas tributarias y en el fondo de los valles del río Winchumayo, Valencia y Quimsamayo.

Los cortes expuestos en las laderas permiten diferenciar estos depósitos, cuyo origen se debe a las acumulaciones de depósitos gravitacionales (coluviales) en los que se incluyen los depósitos de deslizamientos o derrumbes, y depósitos de remoción posterior (coluvio/deluviales).



Foto 13. Río Winchumayo, se aprecia el material acarreado (A) por el flujo que se generó el 02 de marzo.

En las terrazas de los ríos Winchumayo, Valencia y Quimsamayo se aprecian depósitos proluviales-aluviales originados por el acarreo violento de material proveniente de las quebradas (huaycos). En los cortes originados por la erosión fluvial del río se muestran bloques de roca de formas subangulosas a subredondeadas que indican un moderado transporte. Se logra apreciar varios eventos de flujos de detritos ó huaycos (Foto 13).



LEYENDA

Qh-gl	Dep. glacial
Qh-gf	Dep. glaciostuvial
Qh-fg	Dep. fluvioglacial
Qh-al	Dep. aluvial
Qh-t4	
Qpl-mo	Dep. morrénico
Nia-sa	Fm. Quevaman, Mbo. Sapanata
Np-ya	Fm. Quevaman, Mbo. Yapamayo
P-y	Fm. Yahuarango
Jau-o/si	Rocas intrusivas
Ps-Tmi	Opo. Mito
Ps-Ti-a/gr	Granito
Ps-Ti-sg/gr	Granito
Ps-Ti-co/gr/gd	Granito, granodiorita
CP-ta,co	Opo. Tarma, Copacabana
Ci-a	Opo. Ambo
SD-a	Fm. Asanea
Os-s	Fm. Sanda
Os-sg	Fm. San Caban

Simbología

□	Pueblos
×	Cotas
---	Quebradas
~	Ríos
~	Curvas de nevado
~	Laguna
□	Centro poblado
Estructuras	
—	Falla normal
- - -	Falla inferida
—	Falla inversa
—	Falla inversa inferida
+	Eje de anticlinal
+	Eje de sinclinal
+	Sinclinal acostado

● CAMPAMENTO MINERO WINCHUMAYO

□ Concesiones Mineras



MAPA GEOLÓGICO DEL CUADRÁNGULO DE AYAPATA

Año 2003	Escala 1:200,000	Figura N° 4
DATUM UTM WGS 84, Zona 19 Sur		

6. PELIGROS GEOLÓGICOS.

6.1 EVIDENCIAS DE MOVIMIENTOS EN MASA ANTIGUOS Y RECIENTES

Por observaciones de campo se reconocieron geoformas relacionadas con los procesos de movimientos en masa, (Figura 5). Las formas de los depósitos de remoción y/o erosión reconocidas son:

- Cerca del área de estudio se aprecian movimientos en masa antiguos – Prehistóricos (deslizamientos y flujos). Irregularidades en el terreno como laderas de baja a fuerte pendiente, debido a la evolución del deslizamiento. Cubiertos por vegetación.
- Erosiones de ladera, como erosión en cárcavas localizadas en las cabeceras de la microcuenca de Winchumayo (Figura 4, Foto 14), donde se originan una serie de derrumbes y flujos, como también se identificó un deslizamiento reciente.

Es importante mencionar los afloramientos de agua (puquiales) en la zona donde se ha originado el derrumbe que afectó al sector de Winchumayo.



Foto 14. Área de erosiones en cárcavas y derrumbes en el sector de Winchumayo.

6.2 DERRUMBE-FLUJO DE WINCHUMAYO

En la ladera donde se encuentra el campamento de Winchumayo, se observa una intensa deforestación producto del laboreo minero, laderas con fuerte pendiente (30° a 42°) y suelos con un espesor hasta de 1m (Foto 15). A estos factores se agregó las lluvias intensas generando el evento del 02 de marzo del 2009.

En las cabeceras de los cerros que rodean al campamento de Winchumayo se aprecia intensa erosión en cárcavas (Foto 14), lugar donde se están generando derrumbes y flujos de detritos.

El derrumbe-flujo que se originó en el campamento minero de Winchumayo (Foto 15) el 02 de marzo del 2009, siendo el factor detonante las precipitaciones intensas, ayudadas por la deforestación intensa del área y la pendiente fuerte del terreno (Foto 16). Esto se explica de la siguiente manera: al caer el agua proveniente de la lluvia y no tener la protección natural (vegetación) esta se infiltra rápidamente al suelo, llegando a saturarlo. Debido a la fuerte pendiente, el suelo se desestabiliza produciendo el colapso del área en forma de derrumbe-flujo.

Otra posible causa, es la infiltración de agua hacia el terreno, proveniente de la tubería de agua que abastece al campamento minero de Santa Teresa, pues esta pasa por encima del campamento de Winchumayo. Si hubo infiltración de agua en la zona de arranque del derrumbe, la evidencia no es posible verificarla, pues con el derrumbe, todo el terreno humedecido se fue cuesta abajo y se reemplazó la tubería.

- **Características del derrumbe** (Foto 15, y 16)
 - Tipo de ruptura: Contacto suelo/roca fracturada.
 - Se presenta en una ladera.
 - Forma de la escarpa: regular y continua
 - Dimensiones del depósito:
 - Longitud de arranque: 20 m.
 - Altura: 80 m
 - Espesor: 1 m.
 - Volumen: 1 600 m³.
- **Otras características del derrumbe** (Fotos 15 y 16)
 - Al canalizarse la masa del derrumbe sobre una pequeña quebrada, se comportó como un flujo de detritos (huayco) que llegó hasta la desembocadura del río Valencia.
 - El flujo de detritos (huayco), ocasionó erosión lateral en ambas márgenes de la quebrada, formando pequeños derrumbes, los que afectaron las instalaciones del campamento minero ubicadas en la parte inferior.

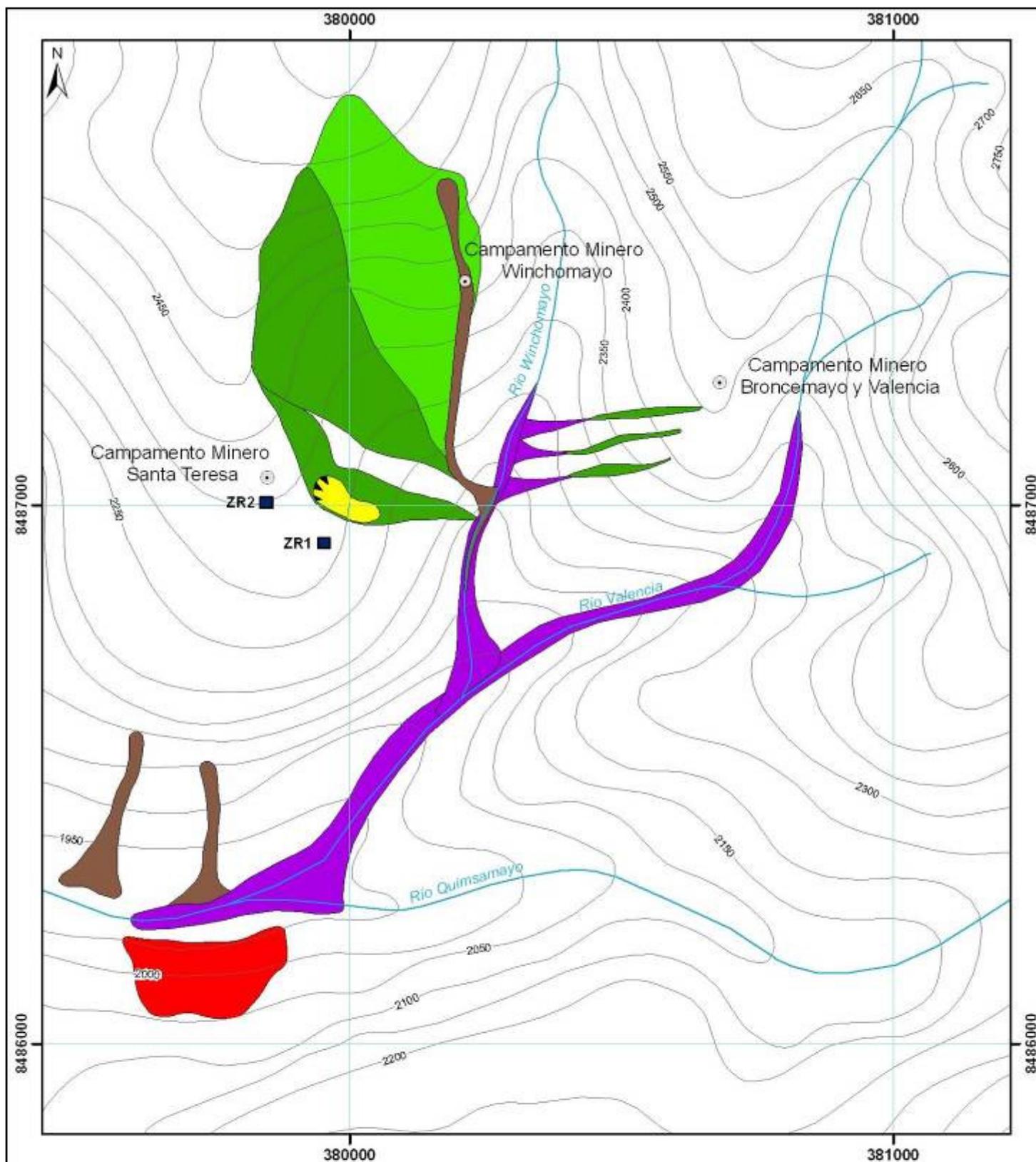


Foto 15.- Zona de arranque que afectó al campamento minero de Winchumayo.



Foto 16. Vista panorámica del derrumbe-flujo, que se originó el 02 de marzo en el campamento minero de Winchumayo.

- Daños causados (Fotos 17, 18 y 19):
Según versiones de los lugareños:
 - 10 personas fallecidas, 7 heridos, 50 damnificados.
 - 30 campamentos arrastrados, 7 afectados.
 - Perdidas de 10 toneladas de mineral acumulado que fueron arrastrados por la quebrada.
 - En la margen derecha del río Winchumayo se observó restos de los campamentos destruidos, enseres domésticos, molinos que usaban los mineros para el tratamiento del material extraído de la mina.
 - Ensanchamiento de su cauce de la quebrada, esto ocasionó que algunos campamentos ubicados cerca del borde de la quebrada queden colgados.
 - Destrucción de la tubería de agua que abastece del líquido elemento al campamento de Santa Teresa.



LEYENDA

- Erosión de ladera activa
- Erosión de ladera antigua
- Escarpa de deslizamiento
- Derrumbe activo
- Derrumbe-flujo
- Deslizamiento activo
- Flujo de detritos

SIMBOLOGÍA

- Ubicación de campamentos
- ZR1 Zona de reubicación 01
- ZR2 Zona de reubicación 02
- Cauce de río
- Curva de nivel

Sector Energía y Minas
INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO



MAPA DE PELIGROS GEOLÓGICOS
EVALUACIÓN DE LOS PELIGROS GEOLÓGICOS
SECTOR DE WINCHOMAYO

Figura N° 5

Escala 1:10,000

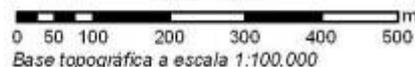




Foto 17.- Área afectada del campamento de Winchumayo, se observa restos de plásticos.



Foto 18.- Restos de molino y ropa proveniente del campamento minero de Winchumayo.



Foto 19.- Vivienda colgada, a raíz de la erosión lateral que se origina en la quebrada, por el paso del flujo de detritos (huayco).

6.3 SITUACIÓN ACTUAL EN EL ÁREA DE WINCHUMAYO

En los alrededores del campamento minero de Winchumayo (Foto 14), se aprecia una intensa erosión en cárcavas (cabeceras) donde se han generado derrumbes y flujos de detritos (huaycos). Sobre las laderas se aprecia material suelto (gravas con escasa matriz arenosa), algunos de ellos cubiertos con vegetación y otros expuestos a la intemperie que pueden generar derrumbes.

Hacia el lado noroeste del derrumbe de Winchumayo, el suelo se encuentra saturado de agua, por las fuertes precipitaciones pluviales y filtraciones de agua por el mal estado de la tubería que abastece al campamento de Santa Teresa (Foto 20).

También se observó terreno deforestado con fuerte pendiente, es muy posible que en un futuro se genere otro derrumbe que afectaría directamente al campamento minero de Winchumayo.

El camino de herradura de acceso al nuevo campamento y a las labores mineras, cruza toda una zona inestable (Foto 21 y 22) donde se pueden generar derrumbes por las lluvias o simplemente por acción de la gravedad. También se pueden generar flujos de detritos (huayco) en tiempos de lluvia.



Foto 20.- Tubería que abastece de agua al campamento minero de Santa Teresa.



Foto 21.- Camino de herradura, entre los campamentos mineros de Winchumayo y Sana Teresa.



Foto 22.- Camino de herradura de acceso hacia el campamento minero de Winchumayo, cruza una zona de erosión de en cárcavas.

6.4 EVALUACIONES DE ZONAS DE REUBICACIÓN

Estos terrenos fueron habilitados por los mismos lugareños, a continuación se hace una descripción de ellos.

a) Zona 1 (Fotos 23 y 24)

Ubicación geográfica: Se encuentra debajo del campamento de Santa Teresa, con coordenadas 379956 E y 8486932, cota 2310 msnm.

- Características geomorfológicas-geológicas.
 - Esta área se encuentra asentada sobre una planicie.
 - Suelo conformado por arcilla, húmedo y saturado de agua. Se aprecia charcos a lo largo del terreno.
 - Muy cercano a este lugar, en el año 2008 se generó un deslizamiento de tipo rotacional (se describe en el siguiente ítem).
- Parte del agua proviene del desagüe de las labores de la Mina Santa Teresa, lo cual contribuye al humedecimiento del terreno.
- También realizar estudios de geofísica para descartar plano de falla de antiguo deslizamiento.



Foto 23.- Zona de reubicación 1, muestra un suelo completamente saturado, en la vista se aprecian los charcos de agua (A)



Foto 24.- Suelo conformado por arcillas, con algo de grava de formas angulosas.

b) Zona 2 (Fotos 25 y 26).

Actualmente en esta zona ya se han reubicado campamentos.

- Ubicación geográfica: Se encuentra cercano al campamento de Santa Teresa y helipuerto, con coordenadas 379850 E y 8487050, cota 2390 msnm.
- Características geomorfológicas-geológicas.
 - Planicie conformada por afloramientos rocosos
 - Suelo seco, no se aprecian humedales.

- Zona adecuada para la reubicación.



Foto 25.- Viviendas reubicadas cerca al campamento de Santa Teresa.



Foto 26.- Zona de helipuerto, apta para la reubicación de viviendas.

6.5 PELIGROS GEOLÓGICOS IDENTIFICADOS EN LOS ALREDEDORES DE WINCHUMAYO

Deslizamiento del sector de Santa Teresa. (Figura 5, Fotos 27 y 28).

Este deslizamiento se encuentra ubicado en la parte baja del sector del campamento minero de Santa Teresa. Se originó en el año 2008.

- *Causas:*
Deforestación, roca muy alterada, fuerte pendiente, infiltración de agua proveniente de las labores mineras y suelo incompetente, y como factor detonante: intensas precipitaciones pluviales.

- *Características principales del deslizamiento:*
 - Escarpa única.
 - Forma de la escarpa: Semicircular y continúa.
 - Longitud de la escarpa: 50 m.
 - Superficie: Rotacional
 - Salto principal. 5 m.
 - Longitud desde el pie a la corona: 140 m.
 - Volumen estimado: 35 000 m³.

- *Otras Características:*
 - Pendiente del terreno entre 35° a 40° .
 - Se observa material suelto, de seguir la infiltración de agua (proveniente de las labores mineras) es posible que el deslizamiento siga en movimiento y afecte al camino de herradura hacia las labores mineras.

- *Daños causados:*
 - Afectó camino de herradura entre los campamento mineros de Santa Teresa y Winchumayo en un tramo de 50 m.
 - La masa generada por el deslizamiento alimentó a la quebrada con material suelto, donde se pueden generar de flujos de detritos (huaycos).



Fotos 27.- Camino entre Santa Teresa y Winchumayo, que fue afectado por el deslizamiento.



Foto 28.- Se muestra la escarpa del deslizamiento.

Flujos de detritos (huaycos) y derrumbe-flujos (Figura 4, Fotos 29, 30,31 y 32)

Estos eventos se han identificado a lo largo de los ríos Quimsamayo, Valencia, Broncemayo y Winchumayo. El factor detonante son las intensas precipitaciones pluviales.

- *Causas:* En orden de importancia tenemos:
 - Por la deforestación hay un incremento de la erosión de las laderas, por lo tanto generación de material suelto, con las lluvias son llevados hacia el cauce de las quebradas. De esta manera incrementa la posibilidad de la presencia de flujos o derrumbes.
 - Material suelto generado por las actividades mineras (Santa Teresa, Valencia y Winchumayo) que son arrojados hacia las laderas y quebradas. En tiempos de lluvias son arrastrados pendiente abajo generando los flujos de detritos (huaycos).
 - Laderas con pendiente fuerte.
- *Características:*
 - Materiales dispuestos en forma caótica, con matriz areno-limosa.
 - Son muy violentos.
 - Los flujos de detritos forman conos defectivos con extensiones que llegan a medir entre 50 y 200 m, y con alturas de 1 m a 5 m.
- *Daños causados*
 - Afectó al campamento minero de Hacienda Pampa, no se registraron daños personales, actualmente el campamento se ha reubicado hacia la margen izquierda. En la zona del antiguo campamento se aprecia una antigua antena parabólica enterrada.
 - Afectó camino de herradura de acceso a los campamentos mineros, este constantemente cambia de trazo.
 - Los flujos de detritos (huaycos) alimentan y colmatan con material suelto a los ríos, aumentando su carga, lo que hace que constantemente cambien de dirección.



Foto 29.- Derrumbe flujo, en la margen izquierda del río Quimsamayo.



Foto 30.- Depósitos de flujos de detritos (huaycos) y desmante de mina, ubicados entre el río Valencia y Quimsamayo.



Foto 31.- Depósitos de flujos de detritos (huaycos) y desmonte de mina ubicado entre el río Broncemayo y Valencia.



Foto 32.- Derrumbe-flujo que afectó al sector de Hacienda Pampa.

6.6 ACTIVIDAD MINERA RELACIONADA CON LOS MOVIMIENTOS EN MASA.

En la zona de Winchumayo, se ha podido observar que hay una relación entre las acciones antrópicas y los movimientos en masa (Fotos 33 y 34). Tenemos lo siguiente:

- En la zona se ha dado una deforestación intensa, por la tala indiscriminada de árboles, esto ha incrementado los peligros por movimientos en masa. La madera extraída es usada en las labores de sostenimiento (cuadros) de las galerías mineras, combustible y en construcción de sus campamentos.
- Los desmontes de mina son vertidos sin dirección técnica debida, a las quebradas o laderas, posteriormente son removidos por las intensas precipitaciones pluviales o por gravedad, dando lugar a la generación de derrumbes ó flujos de detritos. Como ejemplo tenemos el flujo de detritos (huayco) que afectó al campamento de Hacienda Pampa.
- Ubicación de los campamentos mineros en laderas inestables y/o cerca del cauce de las quebradas.
- Labores artesanales dentro del cauce de las quebradas, donde renueven el material, canalizan la quebrada y estrechan el cauce; haciendo que el río ó quebrada varíe en tiempos de avenida la dirección del cauce.
- Las labores artesanales de extracción de oro ubicadas dentro del cauce de las quebradas ó ríos son de alto riesgo, porque ante cualquier eventualidad como derrumbes o flujos de detritos (huaycos) que se presentan violentamente podrían ocasionar daños personales.



Foto 33.- Desmonte de mina acumulado en la cabecera de la quebrada, que en tiempos de lluvia son arrastrados pendiente abajo.



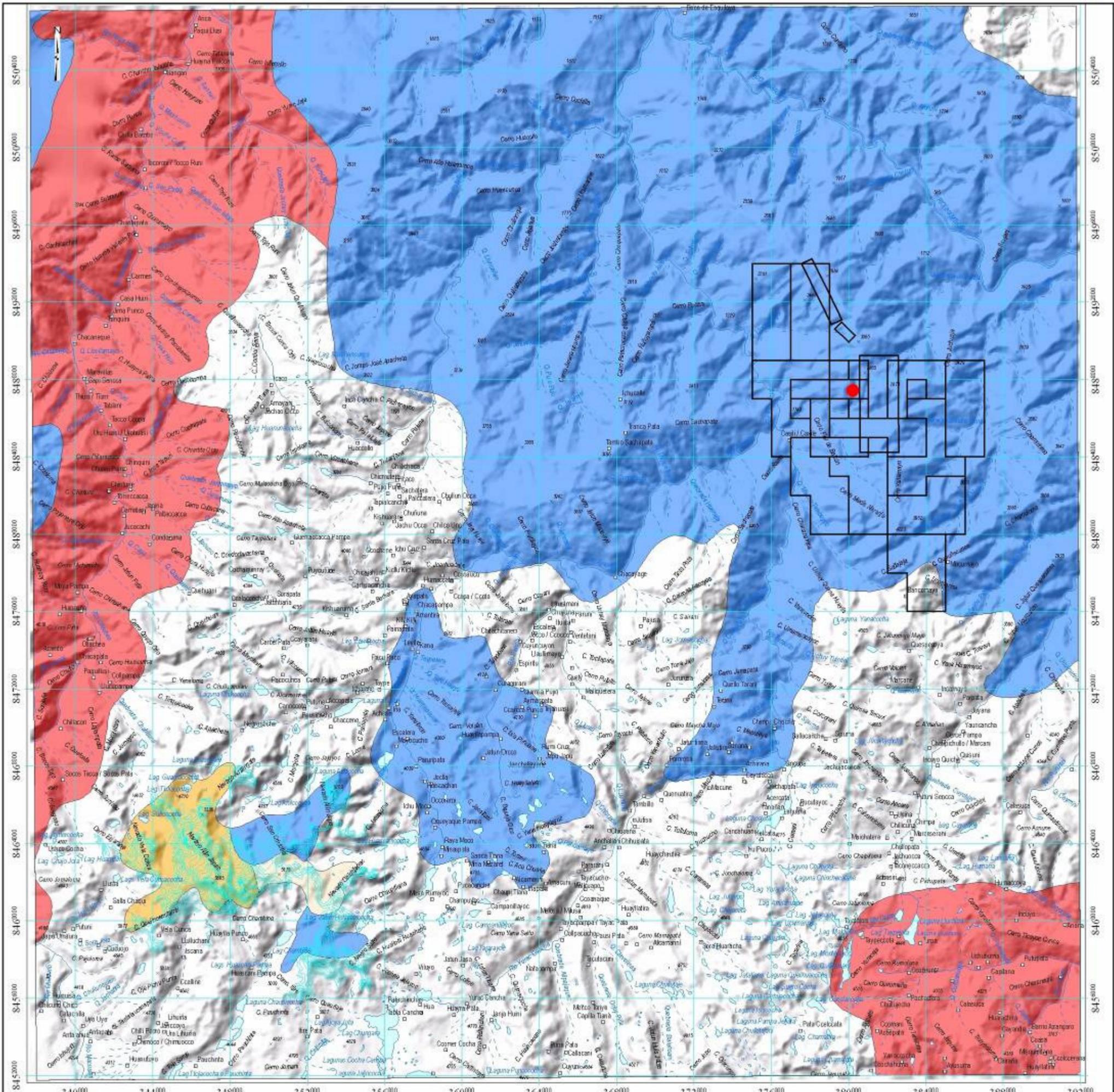
Foto 34.- Canalización del cauce del río Winchumayo, donde realizan labores de extracción de oro en forma artesanal.

7. SUSCEPTIBILIDAD A LOS MOVIMIENTOS EN MASA

Según el trabajo realizado por la Dirección de Geología Ambiental - INGEMMET (2003), el área de Winchumayo se encuentra en una zona de alta susceptibilidad a caídas de rocas y derrumbes (Figura 6). Del mapa a áreas sujetas a flujos de lodo, huaycos, aluviones y reptación de suelos (Figura 7) el área de estudio en parte se encuentra en la zona de alta susceptibilidad a este tipo de fenómenos (huaycos).

8. MEDIDAS CORRECTIVAS

- a. Reforestar la zona con plantas nativas. Así se evitará la infiltración de agua al subsuelo.
- b. No talar los árboles en las zonas de pendientes fuertes y que estén cercanos a los campamentos mineros, para evitar la inestabilidad de las laderas.
- c. Reubicar el campamento minero de Winchumayo, hacia la zona del helipuerto y el sector de Santa Teresa.
- d. La zona de reubicación 1, para ser habilitada como zona de vivienda, (Pág. 28. Fotos 23 y 24) debe ser objeto de estudios previos de geofísica y suelos que permitan conocer el espesor de los suelos y descartar la presencia de un deslizamiento antiguo.



Simbología

- Pueblos
- × Cotas
- Quebradas
- ~ Ríos
- ~ Curvas de nevado
- ~ Laguna
- ⊕ Centro poblado

RIESGOS

Áreas sujetas a aludes (zona de arranque)

- Alto
- Moderado

Áreas sujetas a caída de roca (desprendimientos de rocas y derrumbes)

- Alto
- Muy alto

● CAMPAMENTO MINERO WINCHUMAYO

□ Concesiones Mineras



ÁREA SUJETAS A CAIDA DE ROCAS, VUELCOS Y ALUDES DEL CUADRÁNGULO DE AYAPATA

Año 2003

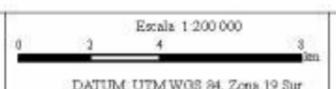
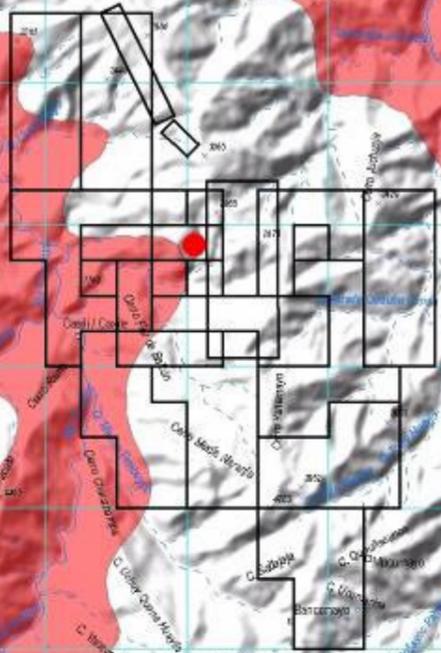
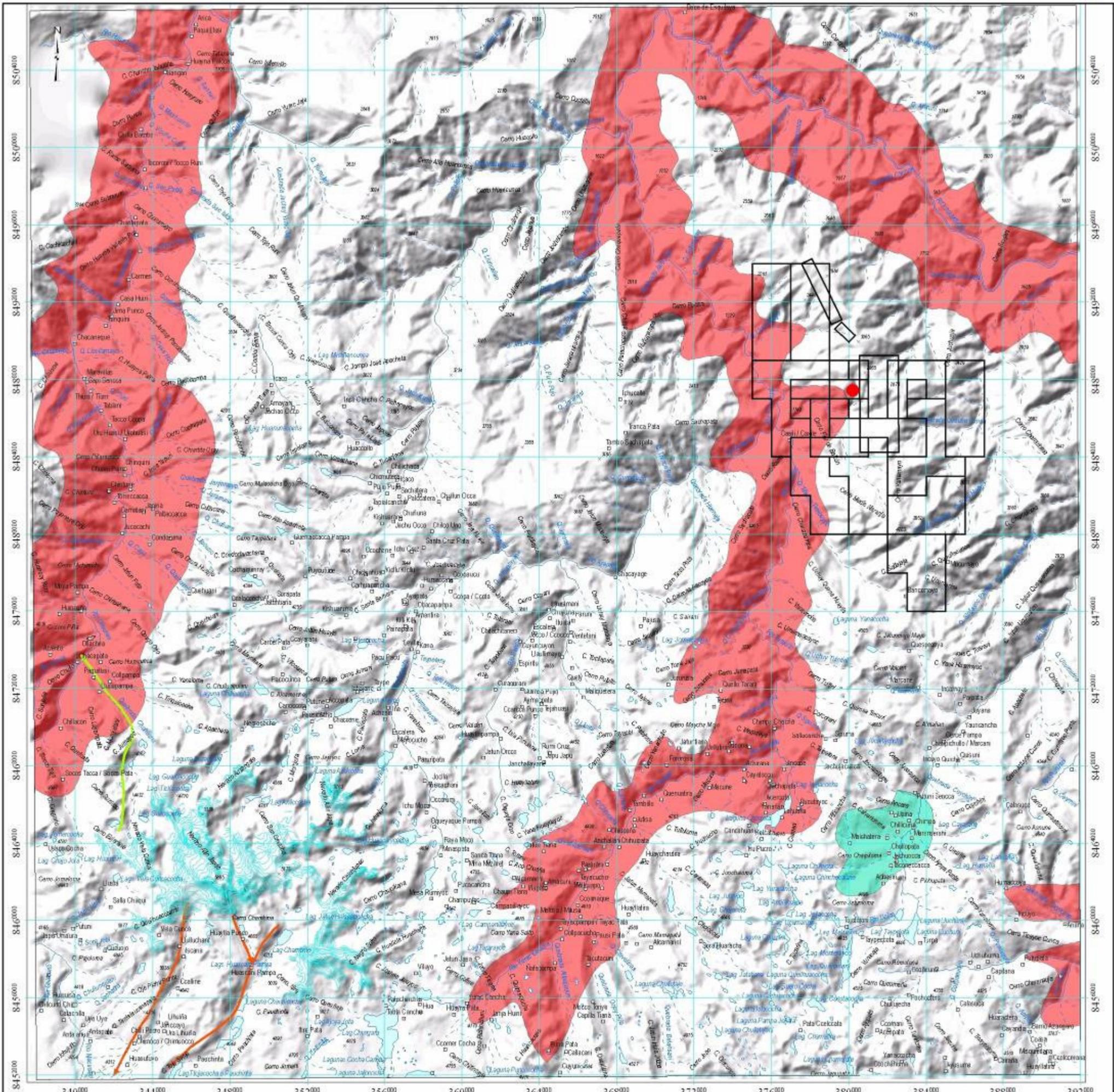


Figura N° 6



Simbología

- Pueblos
- × Cotas
- ~ Quebradas
- ~ Rios
- ~ Curvas de nevado
- ~ Laguna
- Centro poblado

RIESGOS

- Áreas sujetas a flujos de lodo, huaycos
 - Alto
- Áreas sujetas a reptación de suelos
 - Moderado
- Áreas sujetas a aluviones de origen glaciar
 - Alto
 - Moderado

- CAMPAMENTO MINERO WINCHUMAYO
- Concesiones Mineras



ÁREA SUJETAS A FLUJOS DE LODO, HUAYCOS, ALUVIONES Y REPTACIÓN DE SUELOS DEL CUADRÁNGULO DE AYAPATA

Año 2003	Escala 1:200,000 	Figura N° 7
DATUM UTM WGS 84, Zona 19 Sur		

- e. La tubería que abastece de agua al campamento minero de Santa Teresa debe ser remplazada en su totalidad ya que indiferentes tramos muestra fugas de agua que saturan los suelos afectando su estabilidad.
- f. Los campamentos no deben ubicarse en zonas de cauces de quebradas o en zonas con laderas de fuerte pendiente.
- g. En las quebradas, hacer diques escalonados y transversales para atenuar los efectos de los flujos.

9. CONCLUSIONES

- a) Las causas que originaron el derrumbe en el campamento minero de Winchumayo, son: deforestación, y laderas con pendiente fuerte, laboreo no tecnificado, detonados por intensas precipitaciones pluviales.
- b) El área donde se encuentra el campamento minero de Winchumayo, no se encuentra estable, se ha observado, que las laderas superiores tienen pendientes fuertes y están saturadas de agua; es muy probable que se presente un fenómeno similar al ocurrido el 02 de marzo del 2009.
- c) La zona de reubicación 1 (Debajo del campamento de Santa Teresa), no es una zona segura, pues presenta un suelo arcilloso y saturado de agua, posiblemente se trate de un cuerpo de un antiguo deslizamiento.
- d) La zona entre el helipuerto y la parte baja del campamento minero de Santa Teresa, se encuentra en una planicie y es estable, adecuada para la reubicación.
- e) No hay un orden en los botaderos de desmonte de mina, del relave, o de la disposición de los residuos sólidos. Todos son eliminados en las laderas o quebradas. Estos alimentan a las quebradas donde se pueden generar huaycos.
- f) Las labores artesanales de la extracción de oro ubicadas en los cauces de los ríos o quebradas, también deben ordenarse, a fin de evitar los cambios de dirección del cauce en forma violenta.
- g) Se observó desde el sector de Quimsamayo hasta Winchumayo, pequeños artesanos informales dedicados a la extracción de oro que laboran sin contar con equipos de seguridad.
- h) Al extraer el mineral de las labores se lleva a los molinos de bolas para su triturado, luego lo amalgaman con el uso no calificado del mercurio. Los relaves generados en la molienda son acumulados alrededor de la quebrada y/o arrojados al riachuelo que pasa por la zona. Provocando contaminación y acumulación de material que puede ser removido por un huayco.

10. RECOMENDACIONES

- a) La zona denominada como zona 2, donde se encuentra el helipuerto es la más recomendable para la reubicación del campamento minero de Winchumayo.
- b) En la zona de Reubicación 1, para ser habitado como vivienda, es necesario realizar estudios de geofísica, para descartar la presencia de un deslizamiento.

- c) Para elegir los lugares donde se dispongan los residuos de desmonte de mina, relaves y desechos sólidos, lo deben realizar los mismos dueños, mediante la contratación de terceros. Los lugares escogidos deberán ser aprobados por el Ministerio de Energía y Minas, previa calificación.
- d) En las zonas de quebradas, construir diques transversales a fin de atenuar los flujos de detritos (huaycos).
- e) Los dueños de la concesión minera deben coordinar con el Ministerio de Agricultura, para realizar un programa de reforestación de la zona.
- f) La disposición de los residuos sólidos, desmontes de mina de las labores artesanales deben ser reordenadas, con la finalidad de no eliminarlos hacia las zonas de quebradas o en las laderas a fin de evitar la generación de movimientos en masa. Se debe buscar un lugar adecuado para la ubicación de estos materiales.

Referencias

- Cutipa, F.; (2009): ***Inspección a la zona de Deslizamiento de los campamentos Mineros De Winchumayo de la Provincia de Carabaya.*** Dirección Regional de Energía y Minas-Puno 8 p.
- Chávez, A, (1997): ***Geología de los Cuadrángulos de Corani y Ayapata.*** INGEMMET, Serie A: Carta Geológica Nacional. Boletín N° 90. 128 p.
- Dirección de Geología Ambiental - INGEMMET (2006): ***Estudio de Riesgos Geológicos del Perú. Franja N° 3.*** INGEMMET, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, Boletín N° 28. 373 p.
- Salvatierra, O. (2009). ***Informe de Inspección a la Zona de Winchumayo (Ituata-Ayapata).*** Ministerio de Energía y Minas. Dirección General de Asuntos Ambientales Mineros. 7 p.