



**EVALUACIÓN INGENIERO – GEOLÓGICA DE LA ZONA DE
CARHUACOTO**

REASENTAMIENTO DEL DISTRITO DE MOROCOCHA

(PROVINCIA DE YAULI, REGIÓN JUNÍN)

INFORME DE INSPECCIÓN

Por

Ing. Lionel Fídel Smoll

SETIEMBRE 2012

CONTENIDO

1.0	INTRODUCCIÓN	3
2.0	ANTECEDENTES	4
3.0	ASPECTOS GENERALES	5
4.0	ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS Y GEOLÓGICOS	5
5.0	EVALUACIÓN INGENIERO – GEOLÓGICA	9
5.1	INUNDACIÓN	9
5.2	SISMOS	17
5.3	LICUACIÓN DE SUELOS	19
	CONCLUSIONES	25
	RECOMENDACIONES	26
	REFERENCIAS	27

EVALUACIÓN INGENIERO – GEOLÓGICA DE LA ZONA DE CARHUACOTO

REASENTAMIENTO DEL DISTRITO DE MOROCOCHA

(PROVINCIA DE YAULI, REGIÓN JUNÍN)

1.0 INTRODUCCIÓN

El Proyecto Toromocho, manejado por Minera Chinalco Perú S.A. (Chinalco), consiste en una mina de tajo abierto de cobre y molibdeno localizada en el distrito de Morococha, provincia de Yauli, región Junín. Las exploraciones geológicas y planeamiento de mina han determinado que el depósito Toromocho contiene una reserva de 1 526 Mt de mineral; cantidad que previsiblemente será extraída y procesada en un periodo de 36 años (etapa de operaciones). El plan de operaciones del Proyecto Toromocho contempla una mina de tajo abierto de grandes proporciones.

Debido a que el área de emplazamiento del Proyecto Toromocho involucra el área urbana actual de la ciudad de Morococha, se hace necesario que la ciudad sea reubicada en un área apta que se encuentre fuera del alcance de cualquier infraestructura del proyecto minero. La población a ser reubicada es de aproximadamente 1 200 familias.

La reubicación contempla la construcción de 1 400 viviendas, infraestructura urbana (pistas, veredas, aguas, desagüe, luz, parques, colegios, posta médica, comisaría, municipalidad, mercado, entre otros). En la actualidad se está culminando la construcción de la nueva ciudad en los terrenos de la ex Hacienda Pucará, a una distancia de 10 km de la ciudad actual, a una altitud de 4 250 msnm, muy cerca de la Carretera Central; en un terreno de topografía ligeramente plana.

El lugar del nuevo reasentamiento de Morococha, fue objetado por el Alcalde Distrital de Morococha en base a un documento interno del Ministerio de Vivienda.

En coordinaciones con el Ing. Aleksandr López Juárez de UGI – CENEPRED, se programó una visita técnica a la Nueva Ciudad de Morococha, la que se realizó el 11 de setiembre del presente. La delegación estuvo conformada por la Econ. Melva Gonzales Rodríguez Jefa del CNEPRED, el Ing. Aleksandr López Juárez, y el Ing. Lionel Fídel Smoll Director de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del INGEMMET. El programa también incluyó la visita a las instalaciones de la Compañía Minera NYRSTAR, para verificar el proceso de traslado de relaves de Tamboraque a Chinchán.

La Jefa de CENEPRED Econ. Melva Gonzales Rodríguez, mediante Oficio N° 343-2012-CENEPRED, de fecha 24 de setiembre de 2012, se dirige al Director de Geología Ambiental y Riesgo Geológico - DGAR del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), remitiendo la información técnica y solicitando la estimación del riesgo en el lugar del posible reasentamiento de la ciudad de Morococha ubicada en la provincia Yauli, región Junín.

Así mismo, el 24 de setiembre del presente se recibe el Oficio N°0271-ALC/MDM-2012 firmado por el Alcalde del Distrito de Morococha, Sr. Marcial

Salomé Ponce, solicitando la estimación de riesgo de la zona de Carhuacoto – ex hacienda Pucará, lugar de la Nueva ciudad de Morococha.

Este informe, que se pone en consideración, se basa en las observaciones realizadas en campo, la interpretación de fotos aéreas e imágenes satelitales; la información del “Estudio de Riesgos Geológicos del Perú, Franja N° 4” del año 2005, realizada por INGEMMET, de los trabajos realizados por INGEMMET en el presente año (Proyecto Riesgo Geológicos en las Regiones Lima, Junín y Pasco); así como de la información remitida por CENEPRED.

2.0 ANTECEDENTES

Para la evaluación del área del reasentamiento de la ciudad de Morococha, se cuenta con información entre informes y trabajos de investigación referidos al tema riesgos geológicos; entre estos se tiene:

- A solicitud de Minera Chinalco Perú S.A. (Chinalco) y como parte integral del Proyecto Toromocho, Knight Piésold Consultores S.A. (Knight Piésold) realizó un Estudio de Impacto Ambiental (EIA) en el área destinada a la reubicación de la ciudad de Morococha. Dicha área, actualmente propiedad de Chinalco, se ubica dentro de las tierras de la Sociedad Agrícola de Interés Social (SAIS) Túpac Amaru. (Knight Piésold, 2009)
- Informe de la organización Disaster Risk Reducción Perú International – DR Perú Internacional, dirigida por el prestigioso Dr. Julio Kuroiwa; en este informe se analiza la seguridad física del emplazamiento de la nueva ciudad de Morococha y el análisis de la calidad sismoresistente de las viviendas de acuerdo a las normas Sismoresistente NTE 030 y Norma de Albañilería E 0.50. Concluyendo que los estudios realizados por Knight Piésold Consultores S.A. son muy satisfactorios. Indicando que la nueva ciudad está en un lugar seguro y que se están tomando las previsiones necesarias para proteger a la población y al entorno donde vivirán.
- Memorando Técnico de Golder Associates Perú S.A., con respecto al análisis de inundación en el valle del río Pucara. En el estudio sobre las probabilidades de inundación se trabajaron con caudales de 500 años de período de retorno, así como la remota posibilidad de la ruptura o falla de la presa de Huascacocha (Quebrada de Huascacocha) durante un evento de lluvia. El informe recomienda, con el fin de optimizar el uso del valle del río Pucará, la ejecución de obras hidráulicas de canalización y así evitar inundaciones debido a una posible reducción de la capacidad de conducción de los canales naturales generados por lluvias intensas y/o posible ruptura de la presa de Huascacocha. Se presentan los diseños de las obras recomendadas.
- Informe Técnico N°280-2011-VIVIENDA/VMVU-PGT/AMC-MAG del 19 de diciembre de 2011, presentado al Arq. Luis Tagle Pizarro por los profesionales del Programa de Gestión Territorial del Ministerio de Vivienda y Construcción Urb. Augusto Mendoza e Ing. Máximo Ayala. En el concluyen que la futura zona de reasentamiento (Carhuacoto) se identifican la ocurrencia de tres probables fenómenos naturales: inundación, sismos y licuación de suelos. Este informe no reúne las condiciones técnicas necesarias para ser consideradas.

- En el Estudio “Riesgo Geológicos en la Franja N° 4”, Boletín N° 29 Serie C INGEMMET (2005); la zona de estudio se ubica en la Zona de Moderada a Baja Susceptibilidad a los Movimientos en Masa, es decir la ocurrencia de deslizamientos, caídas de rocas, derrumbes, reptación de suelos y huaycos es moderada a baja (de moderada probabilidad). Así como también la Susceptibilidad a las Inundaciones es baja. (INGEMMET, 2005). Ver Anexo
- En la actualidad se está trabajando en las regiones Lima, Pasco y Junín, y en la zona de estudio se ha identificado la presencia de caídas de rocas y derrumbes que no comprometen la seguridad física del área de la Nueva Morococha.

3.0 ASPECTOS GENERALES

El área de evaluación corresponde al valle del río Pucará, el cual nace en los grandes macizos montañosos de la zona de Ticlio, Morococha y el domo de Yauli. Políticamente la zona del reasentamiento del centro poblado de Morococha, se ubica en el distrito de Morococha, provincia de Yauli, región Junín. Ver Figura 1

El área propuesta para el reasentamiento de la ciudad de Morococha se localiza en la sierra central del Perú, a aproximadamente 4 250 m de altitud, en los terrenos de la SAIS Túpac Amaru. Siendo la coordenada central UTM: 384 243 E y 8 719 677 N. Se ubica a una distancia aproximada de 10 km en línea recta al NE del área de operaciones del Proyecto Toromocho.

El acceso al área se realiza desde la ciudad de Lima por la Carretera Central hasta las inmediaciones de la Comunidad Campesina de Pucará, ubicada en el Km 145 de la carretera, donde se toma un desvío a través de una vía afirmada hasta la ex Hacienda Pucará. A su vez, la Carretera Central une dicha área con la ciudad de La Oroya, ubicada aproximadamente a 25 km.

4.0 ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS Y GEOLÓGICOS

Morfológicamente el área de estudio presenta rasgos geomorfológicos correspondiente a valles de típico modelado glaciar y zonas de altas cumbres. Las geoformas que destacan corresponden a valles colgados, superficies estriadas, circos glaciares y lagunas glaciares. Ver Figura 2.

La geomorfología del área de estudio corresponde a un modelado típico de valle glaciar (en forma de “U”), destacando las unidades geomorfológicas: a) valle glaciar; b) morrenas; c) conos coluviales, proluviales y deluviales; d) lecho fluvial; e) montañas; y f) terrazas

Morfológicamente, destacan los depósitos glaciares, los cuales presentan pendiente media a baja y cubiertos, en casi toda la base del valle, por vegetación hidromórfica de potencia variable.

Es importante mencionar que la vegetación hidromórfica, se ubica en depósitos fangosos de poca potencia producto de las inundaciones o de la acumulación de agua, de precipitaciones pluviales, en pequeñas depresiones. Se les conoce también como “bofedales”, presentándose en forma aislada junto al lecho del río Pucará.

Como consecuencia de la erosión glaciaria, el valle donde se emplaza la zona en estudio es amplio y está cubierto por depósitos glaciares (morrenas) y fluvio-glaciares. La superficie del valle se presenta con pendiente suave; como consecuencia de ello, el río discurre con formas meándricas. Las terrazas fluvio-glaciares presentan superficies con pendientes suaves y laderas con pendientes moderadas que varían de 15° a 20°.

El substrato rocoso está compuesto por rocas de naturaleza sedimentaria que incluye unidades del grupo Pucará (calizas), Goyllarisquizga (areniscas, lutitas y limolitas) y Formación Chulec (calizas y margas), los cuales afloran en ambos márgenes del valle (INGEMMET, 1983 y 1995)

En el fondo del valle se encuentra depósitos recientes y antiguos pertenecientes al cuaternario como a) morrenas, b) depósitos fluvio-glaciares, c) depósitos aluviales, e) depósitos fluviales; y f) depósitos fangosos que pueden llegar a tener una gran potencia (producto de las inundaciones o de la acumulación de agua en pequeñas y moderadas depresiones. En el área de estudio estos depósitos se presentan junto al lecho del río Pucará).

En las laderas y zonas adyacentes podemos distinguir depósitos cuaternarios productos del acarreo gravitatorio (depósitos coluviales) y del acarreo proluvial – deluvial (conos deyección).

Es importante mencionar que el nivel freático en el sector oscila entre la superficie del terreno y 4,3 m de profundidad. Registro obtenidas en base a los niveles de agua encontrados en las perforaciones y calicatas (Knight Piésold, 2009)

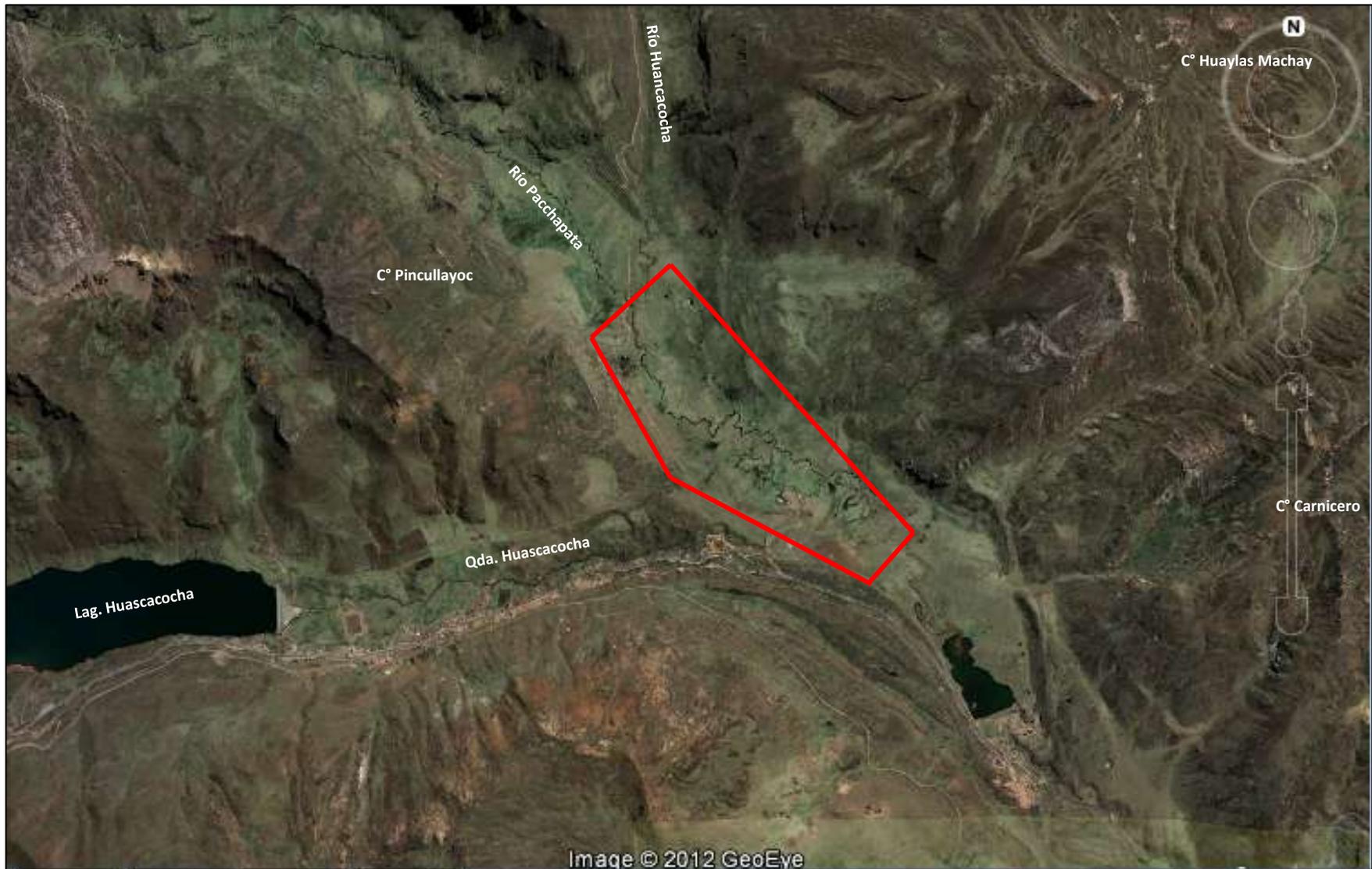


Figura 1: Mapa de ubicación del reasentamiento de la ciudad de Morococha.



Figura 2: Vista panorámica del reasentamiento de la ciudad de Morococha. Se aprecia el valle glaciar en “U” y las laderas del valle. Estas últimas estables, presentándose en algunos sectores pequeños derrumbes y desprendimientos de rocas, como el que se aprecia al pie del C° Huaylas Machay.

5.0 EVALUACIÓN INGENIERO - GEOLÓGICA

Los peligros geológicos reconocidos en el área de estudio e identificados en la visita de inspección corresponden a:

- a) Movimientos en masa: Se ha evaluado las laderas que rodean a Nueva Morococha, las cuales presentan aceptable estabilidad natural, salvo pequeños derrumbes y caídas de rocas en algunos sectores de las laderas de los cerros del valle. Destacando el derrumbe de la ladera SO del C° Huaylas Machay. Así como también pequeños flujos de tierra en la ladera Este del C° Pincullayoc.

Es importante mencionar la existencia de deslizamientos rotacionales antiguos que comprometen depósitos glaciares, en las laderas ubicados a la margen izquierda del río Pucará y en la margen izquierda de la quebrada Huascacocha.

Estos procesos no comprometen la seguridad física de la nueva ciudad de Morococha. Ver Fotos 1, 2, 3 y 4

- b) Posibilidad de desborde e inundación del río Pucará y quebrada Huascacocha, fenómenos que han sido identificados en el EIA y tomados en cuenta en la disposición de la nueva ciudad. Es así que la nueva ciudad se ubica en la margen izquierda del río, contemplándose el diseño y construcción de canalizaciones y defensas rivereñas. Con las obras realizadas, la nueva ciudad de Morococha no presentará problemas por este tipo de peligros. Ver Fotos 5.

La posibilidad de ruptura de la presa de Huascacocha (peligro antrópico) también se considera en el EIA. En vista de esta posibilidad, se ha recomendado la canalización de la quebrada Huascacocha hasta su desembocadura en el río Pucará. Disminuyendo de esta manera, posibles daños en las viviendas ante la remota probabilidad de ruptura de la presa. Ver Fotos 6, 7, 8 y 9.

A continuación analizaremos los peligros naturales mencionados en el **Informe Técnico N°280-2011-VIVIENDA/VMVU-PGT/AMC-MAG**: inundación, sismos y licuación de suelos.

5.1 INUNDACIONES

Las inundaciones son desbordes laterales de las aguas de los ríos, lagos y mares; cubriendo temporalmente los terrenos bajos adyacentes a sus riberas, llamadas zonas inundables. Suelen ocurrir en época de grandes precipitaciones, marejadas y maremotos (tsunamis), (INDECI, 2006).

Mejorando la definición tenemos: que las inundaciones son efectos generados por el flujo de una corriente, cuando sobrepasa las condiciones que le son normales y alcanza niveles extraordinarios que no pueden ser controlados en los vasos naturales o artificiales que la contienen, lo cual deriva, ordinariamente en daños que el agua desbordada ocasiona en zonas urbanas, tierras productivas y, en general en valles y sitios bajos. Atendiendo a los lugares *donde se producen*, las inundaciones pueden ser: **costeras** (según se registren en las costas marítimas), **fluviales** (en las zonas aledañas a los márgenes de los ríos), **lacustres** (en lagos) y

pluviales (en terrenos de topografía plana, a causa de la lluvia excesiva y a la inexistencia o defecto del sistema de drenaje).

Las inundaciones han sido clasificadas *por su origen* en; **Pluviales**, son aquellas que se deben a la acumulación de la precipitación (lluvia, granizo y nieve principalmente), que se concentra en terrenos de topografía plana o en zonas urbanas con insuficiencia o carencia de drenajes; **Fluviales**, se originan cuando los escurrimientos superficiales son mayores a la capacidad de conducción de los cauces; y **Lacustres**, se originan en los lagos y lagunas por el incremento de sus niveles y son peligrosos por el riesgo que representa para los asentamientos humanos cercanos a las áreas de embalse. Generalmente las inundaciones son consecuencia directa de los fenómenos hidrometeorológicos al combinarse los mecanismos productores de la precipitación.

Las inundaciones generalmente se presentan combinadas, en el caso fluvial, con eventos de erosión fluvial, que en el área de inundación del río Pucará no se manifiestan en forma marcada debido a su baja pendiente

El río Pucará discurre, con curso meándrico, en el fondo de un valle glaciar nace en la laguna de Huamilcocha, al pie del Nevado Puy Puy, siendo sus afluentes las quebradas Huancacocha por la margen izquierda y Huascacocha por la margen derecha. Siendo estas dos quebradas, además del río Pucará, con influencia en la Nueva Morococha.

El área de inundación del río Pucará, en la zona de estudio, ha sido modelada por Golder 2009, con un nivel máximo de avenidas con un tiempo de retorno de 500 años (muy adecuado para estos casos): posibles inundaciones fluviales de origen pluvial (originadas por precipitaciones extraordinarias). Ver Figura 3.

Con estos datos se trabajó el MANZANEO Y LOTIZACIÓN del reasentamiento de la ciudad de Morococha, evitando la construcción de viviendas y otra infraestructura en el área de inundación del río Pucará. De esta manera disminuyendo el riesgo de este peligro. Ver Figura 4.

De la misma manera se ha manejado las posibles inundaciones en la qda. Huascacocha (incluyendo la posibilidad de ruptura de presa). Ver Figuras 3 y 4. Fotos 6, 7, 8 y 9.



Foto 1: Ladera SO del C° Huaylas Machay, al NE del reasentamiento de Morococha. Obsérvese el estado de las laderas, de pendiente media y alta en las cumbres.



Foto2: Ladera NE del C° Pincullayoc, al Este del reasentamiento de Morococha. Laderas de pendiente media a alta. Observese un pequeño flujo de tierra que no compromete la estabilidad de la ladera.



Foto 3: Otra vista de la ladera SO del C° Huaylas Machay, al NE del reasentamiento de Morococha. A la derecha el C° Calvario. Obsérvese el pequeño derrumbe en rocas calcáreas, en la margen izquierda del río Pucará que no comprometen la seguridad física de la nueva ciudad.



Foto 4: Detalle del derrumbe al NE de la nueva ciudad de Morococha. Ver Foto 3.



Foto 5: localización de la nueva ciudad de Morococha, en la margen derecha del río Pucara. Obsérvese, al fondo, el cauce y la zona de inundación del río Pucara.



Foto 6: Vistas de la quebrada Huascacocha, cerca a su desembocadura al río Pucara y las obras de protección y contención ante una posible descarga violenta producto de una supuesta ruptura de la presa de Huascacocha.



Foto 7: Vista de la quebrada Huascacocha, aguas arriba de la Foto 6. Detalle de las obras de contención realizadas. Vista al SSO.



Foto 8: Quebrada de Huascacocha, en su paso por la nueva ciudad de Morococha. Detalle de las obras de contención. Vista agias arriba de la Foto 7. Vista al NE



Foto 9: Quebrada Huascacocha. Vista al SO. Detalle de las obras de contención y prevención construidas.

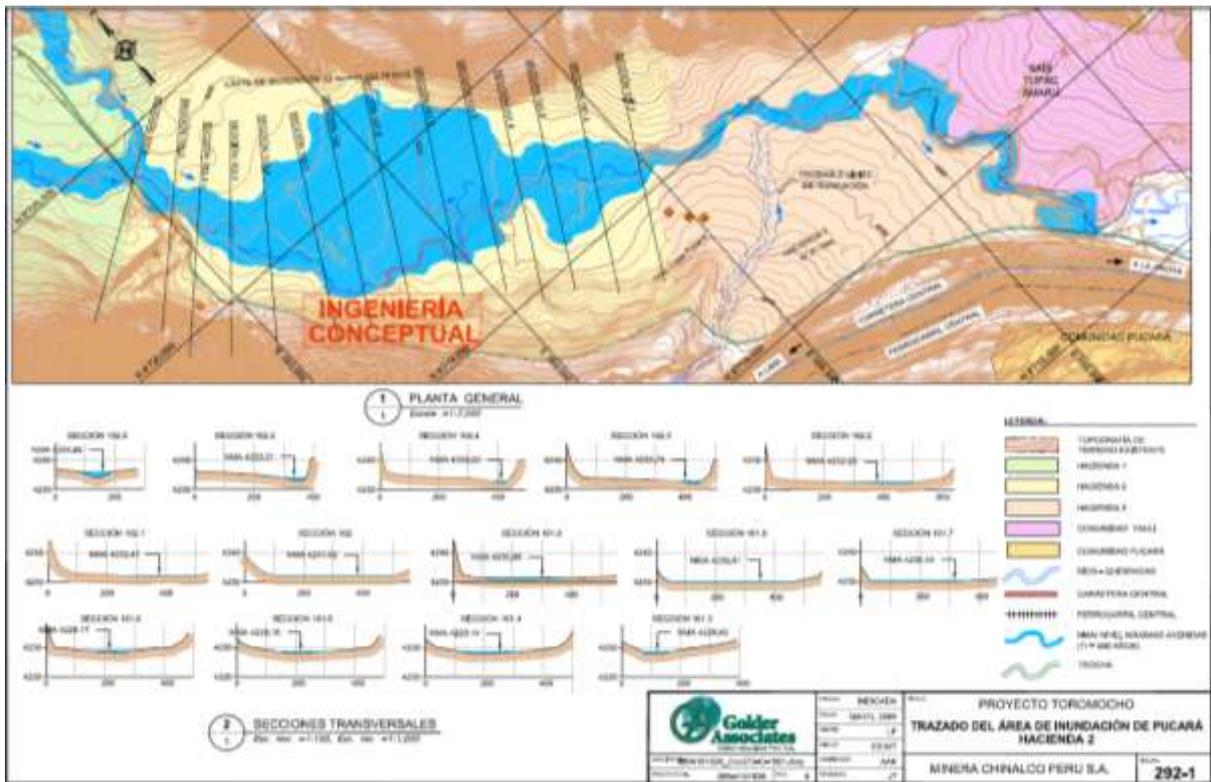


Figura 3: Resultado del modelado de las zonas de inundación con un nivel máximo de avenidas y periodo de retorno de 500 años (Golder, 2009)

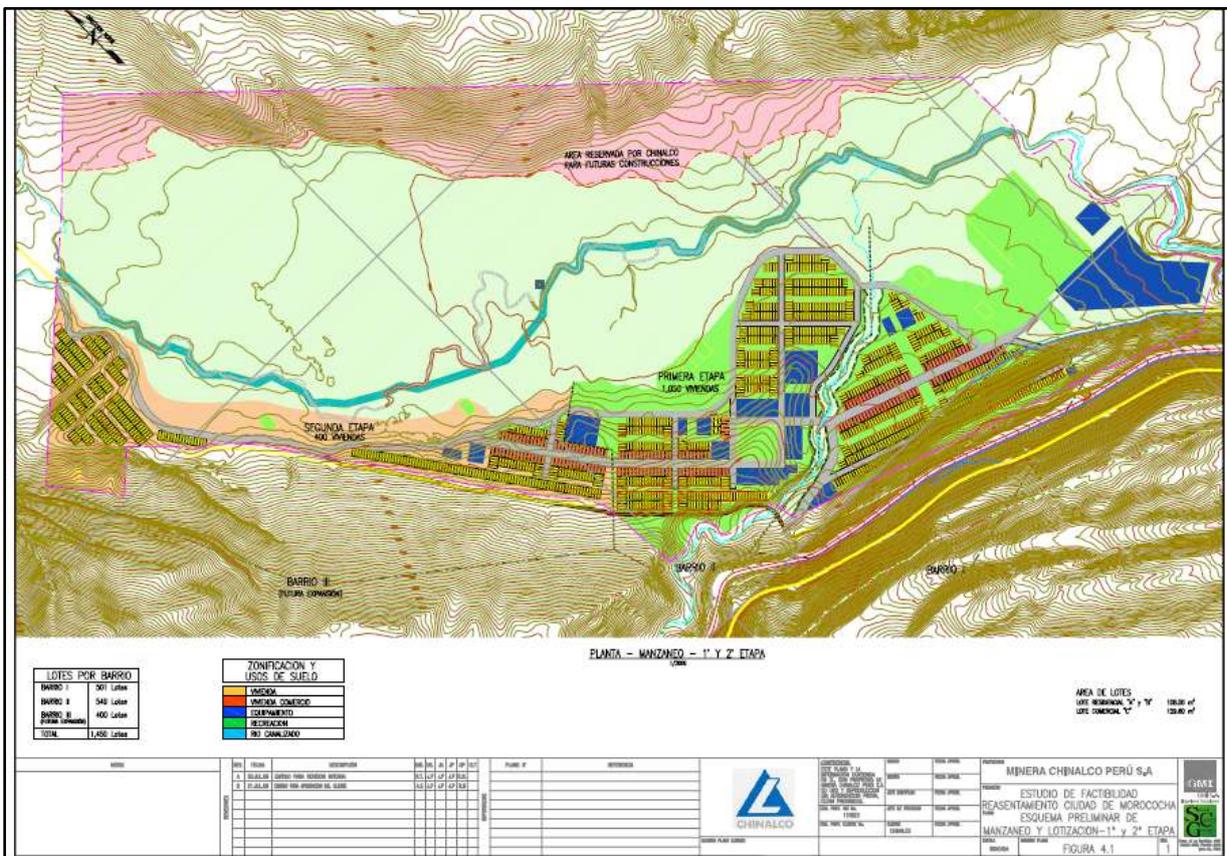


Figura 4: Manzaneo y lotización del área de reasentamiento de la ciudad de Morococha (Knight Piésold, 2009)

5.2 SISMOS

Es conocido por todos que nuestro país pertenece a una de las regiones de gran actividad sísmica conocida como el Círculo de Fuego del Pacífico donde ha ocurrido más del 80% de los eventos sísmicos del mundo. El marco tectónico regional a mayor escala está gobernado por la interacción de la placa de Nazca y la placa continental Sudamericana, que sucede en un plano de subducción en el subsuelo del océano Pacífico en la costa del Perú. Los movimientos en la zona de subducción (sismos intraplaca) han generado terremotos cuyas magnitudes mayores varían entre 8,5 y 9,5 en la escala de Richter. Esta vulnerabilidad sísmica del Perú hace necesaria que todo proyecto (como el reasentamiento de la ciudad de Morococha) tenga un estudio sísmico detallado.

Es importante resaltar que todo estudio debe basarse en Códigos de Construcción, que vienen a ser Ordenanzas y regulaciones que rigen el diseño, construcción, materiales, alteración y ocupación de cualquier estructura para la seguridad y el bienestar de la población. Los códigos de construcción incluyen estándares técnicos y funcionales (ONU – EIRD, 2004).

De esta manera en Perú, el Reglamento Nacional de Edificaciones (Decreto Supremo N° 015-2004-VIVIENDA) y las modificatorias establecidas (Decreto Supremo N° 010-2009-VIVIENDA y Decreto Supremo N° 011-2006-VIVIENDA); son los códigos de construcción de nuestro país.

Esta norma aprueba el Índice y la Estructura del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) aplicable a las habilitaciones urbanas y a las edificaciones, como instrumento técnico – normativo que rige a nivel nacional. El RNE define los criterios que deben seguir los procesos de habilitación urbana y de edificación, respetando los usos y parámetros determinados en el Plan de Desarrollo Urbano y sus normas de zonificación.

En el caso de la sismicidad, la Nueva Norma de Diseño Sismorresistente E.030, del Reglamento Nacional de Edificaciones (MVCS, 2006), han establecido en el territorio peruano diversas zonas sísmicas, las cuales presentan diferentes características de acuerdo con la mayor o menor ocurrencia de sismos. La zonificación propuesta se basa en la distribución espacial de la sismicidad observada, las características generales de los movimientos sísmicos y la atenuación de éstos con la distancia epicentral, así como en información neotéctica. En virtud a esta norma, el área de reasentamiento se ubica en la zona 2, que corresponde a una zona con sismicidad media, cuyo factor de zona (Z) corresponde a 0,33, valor que se interpreta como la aceleración máxima horizontal con una probabilidad de 10% de ser excedida en 50 años. Ver Figura 5.

Con respecto a las fallas activas relacionadas con el área de reasentamiento, se han considerado como tales a aquellas con movimiento histórico (1 año de ruptura) o del último Pleistoceno/Holoceno (menos de 15 000 años) y tasas de desplazamiento mayor o igual a 0,2 mm/a. Algunas de estas fallas son: la Falla Huaytapallana, la Falla Cayesh, la Falla de la Codillera Blanca y la Falla de la Frontera Este (INGEMMET, 2009)



Figura 5: Zonificación sísmica del Perú, preparada por el Instituto Geofísico del Perú – IGP. Se observa que la zona de ubicación del reasentamiento de la ciudad de Morococha se localiza en la **Zona Media**.

Los movimientos del terreno fueron calculados usando las aproximaciones probabilísticas y determinísticas. Para el análisis determinístico se han revisado los datos sobre sismicidad histórica y sobre geología del área del Proyecto Toromocho, para generar valores estimados de PGA (aceleración pico horizontal) para las diferentes fuentes sísmicas (p.ej. Falla Huaytapallana) y para calcular el rango potencial de SMC (sismo máximo creíble). El análisis probabilístico considera el periodo de retorno del sismo, de manera que genera valores de PGA para periodos de tiempo específicos (Golder Associates, 2008 en Knight Piésold, 2009).

Los valores potenciales de diseño determinístico de PGA para el área del Proyecto Toromocho (la misma que abarca el área de reasentamiento) varían entre 0,24 g y 0,43 g. Las PGA probabilísticas potenciales para la zona evaluada, con periodos de retorno de 475 a 2 475 años, varían entre 0,28 g y 0,51 g. Ver siguiente cuadro.

Periodo de retorno (años)	PGA (g)
475	0.28
975	0.37
2 475	0.51

Según los procedimientos de ASCE (American Society of Civil Engineers) descritos en el Standard N° 7-05: Minimum Design Loads for Building and other Structures (ASCE, 2006) y tomados de manera referencial para el presente estudio, se concluye que los valores de aceleración espectral resultantes para el periodo de retorno de 2 475 años (SMC) son recomendados para el sismo de diseño. (Golder Associates, 2008 en Knight Piésold, 2009).

Es importante resaltar que la organización Disaster Risk Reducción Perú International – DR Perú Internacional, dirigida por el prestigioso científico Dr. Julio Kuroiwa, ha revisado la seguridad física del emplazamiento de la nueva ciudad de Morococha y el análisis de la calidad sismoresistente de las viviendas de acuerdo a las normas Sismoresistente NTE 030 y Norma de Albañilería E 0.50. Concluyendo que los estudios realizados por Knight Piésold Consultores S.A. son muy satisfactorios

5.3 LICUACIÓN DE SUELOS

Según INDECI 2006, la licuación es la transformación de un suelo granulado, principalmente arena (SP), en estado licuado causado generalmente por el sacudimiento que produce un terremoto.

En otras palabras, la licuefacción de suelos se produce cuando determinados tipos de suelos afectados por **terremotos** desarrollan elevadas presiones intersticiales de forma rápida (sin drenaje), dando lugar una pérdida de la resistencia al corte y a la rotura del suelo, que se comporta como si fuera un líquido. Los suelos son susceptibles a perder gran parte de su resistencia ante sollicitaciones dinámicas (terremotos) son las **arenas finas y flojas (SP), así como las arenas y limos mal graduados**. Otra de las condiciones necesarias para tenga lugar la

licuación es que el **nivel freático este alto y cerca de la superficie**. (Gonzales de Vallejo et al, 2004).

Es importante mencionar que uno de los efectos más dañinos de los terremotos es la licuefacción, que **se produce en arenas** bajo cargas pulsatorias cuando no hay drenaje. (Jimenez & De Justo, 1975)

De acuerdo a las consideraciones anteriores, analizaremos si en la zona de estudio encontramos los factores principales (arenas finas y flojas; arenas y limos mal graduados; y nivel freático superficial). El factor detonante (terremoto) disminuye en probabilidad, ya que nos encontramos fuera de la Zona Sísmica 1 (ALTA SISMICIDAD). Ver Figura 5

Luego del estudio geotécnico realizado por Knight Piésold 2009, se determinó que el área de reasentamiento está compuesta en su mayoría por suelos hidromórficos (blandos a muy blandos, con presencia de turba). El suelo firme, con capacidad de soportar infraestructura y elegido para la ubicación de la nueva ciudad, se extiende principalmente a lo largo del sector oeste del área; en la zona de laderas. Es importante notar que a medida que se avanza hacia el piso de valle, los suelos se vuelven blandos e inundables pudiendo presentar hasta 50 m de turba y una napa freática alta.

Esta caracterización de los depósitos superficiales, es casi general para todos los valles glaciares con piso de fondo de poca pendiente, entre los 4 000 a 5 000 msnm. Con la salvedad que en el valle, el agua subterránea posiblemente tiene influencia (dirección de flujo oeste – este) de las lagunas y el represamiento situadas al oeste del área (quebrada Huancascocha); y de la presencia de un canal de irrigación.

El registro de nivel freático fueron obtenidas en base a los niveles de agua encontrados en las perforaciones y calicatas, el cual oscila entre la superficie del terreno y 4,3 m de profundidad.

Los suelos encontrados en el área del reasentamiento de Morococha, según la clasificación de suelos en el sistema SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos), son clasificados en su mayoría como arcillas de plasticidad media a alta (CH y CL) y gravas arcillosas y limosas (GC y GM) y en menor proporción como arenas arcillosas y limosas (SM y SC) y arcillas y limos orgánicos de plasticidad alta (OH). Como se podrá apreciar no se reporta la presencia de suelos arenosos (SP) susceptibles a ser licuados. Ver Figura 6 en donde se aprecia la Sección E-E' (Figura 7), en el área del reasentamiento de la ciudad.

Desde el punto de vista de comportamiento geotécnico, las zonas escogidas para el *manzaneó* y *lotización* del reasentamiento de la ciudad de Morococha, se localizan en las zonas geotécnicas ZG-1 y ZG-2 (Knight Piésold, 2009), las cuales se describen a continuación:

- Zona geotécnica (ZG-I): Esta zona se encuentra en las laderas de los cerros del área estudiada, y está conformada en superficie principalmente por suelos blandos y muy blandos con material orgánico y cuyo espesor varía entre 0,5 y 1,0 m. Seguido de este estrato se encuentran gravas arenosas y gravas arcillosas de plasticidad media a alta, medianamente densa, con humedades que

varían entre 12% y 24%. Esta zona geotécnica representa el 26% del área estudiada. Ver Foto 10 y Figura 7.

- Zona geotécnica (ZG-II): Representada por el cono aluvial de la quebrada de Huascacocha. Esta zona geotécnica está conformada en superficie principalmente por suelos blandos y muy blandos con material orgánico de espesor menor a 0,5 m. Subyace a estos suelos blandos gravas arcillosas y arenas limosas de mediana resistencia, hasta los 15 m de profundidad, luego se presentan arenas gravosas en condiciones sueltas y saturadas hasta la profundidad explorada (>15 m). Esta zona geotécnica representa el 5% del área estudiada. Ver Figura 7

En la zona inundable, los suelos son arcillosos, limosos y turbas de consistencia muy blanda y blanda que presentan espesores mayores a 5 m. Los valores de N de golpes de SPT indican un suelo con poca o nada de resistencia, el mayor espesor de estos suelos blandos de plasticidad alta, se localizan al sur del área estudiada, contiguo a la laguna Hualmish, superando los 20 m en algunos sectores. Esta zona geotécnica representa el 56% del área estudiada.

En conclusión, la ocurrencia de licuefacción de suelos en el área de reasentamiento de la ciudad de Morococha es poco probable, debido a la ausencia de suelos susceptibles (arenas sueltas pobremente graduadas – SP) a este fenómeno.



Foto 10: Detalle del tipo de suelo en que se asienta parte de la nueva ciudad de Morococha. Ladera NE del C° Pincullayoc. Al SO de la Nueva Ciudad. Gravas arenosas y grabas arcillosas medianamente densas.

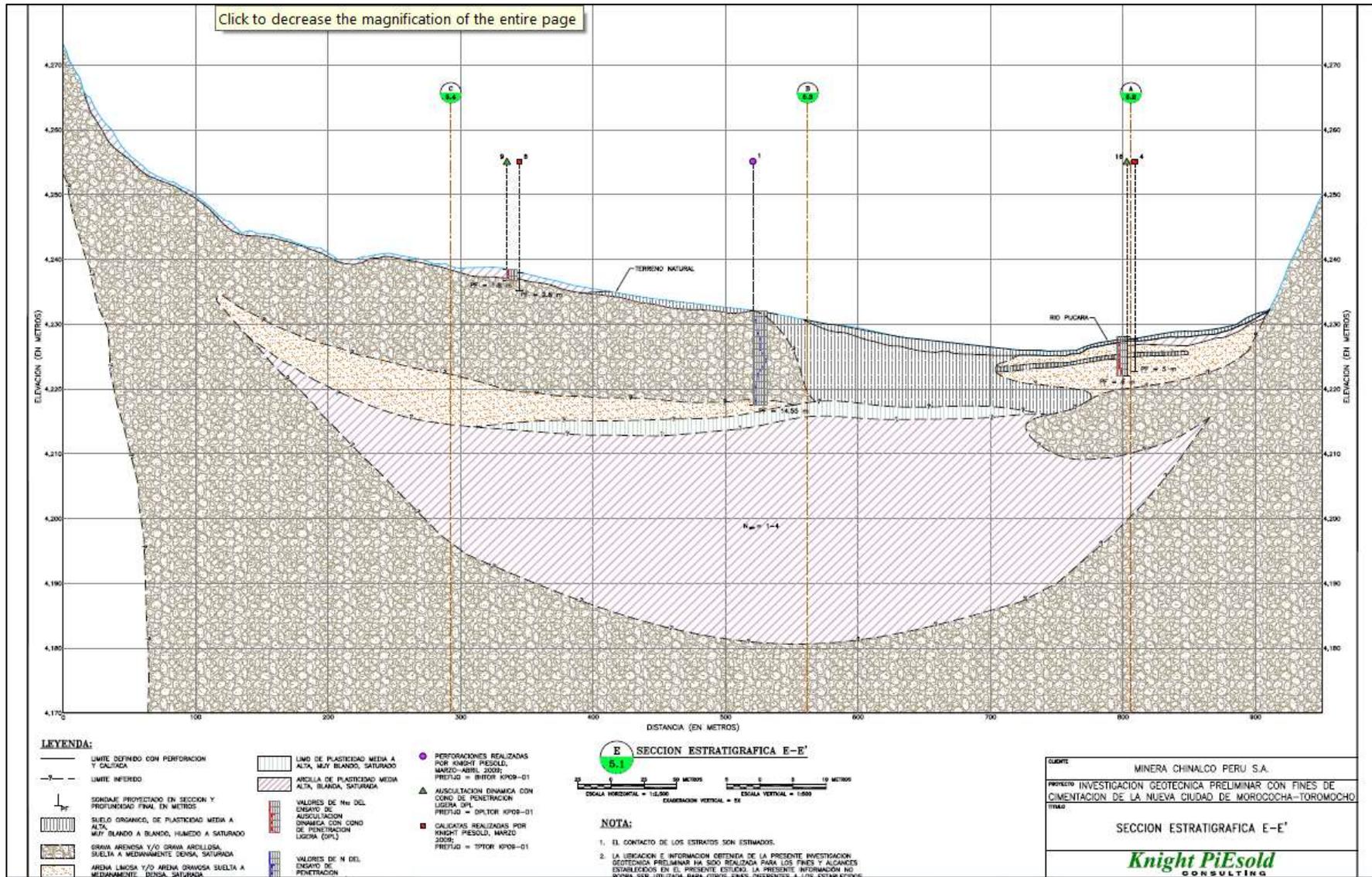


Figura 6: Sección E-E', para determinar el tipo de suelo de cimentación en el área de reasentamiento de la nueva ciudad de Morococha. Ver Leyenda en Figura 6a.

LEYENDA:

	LIMITE DEFINIDO CON PERFORACION Y CALITACA		PERFORACIONES REALIZADAS POR KNIGHT PIESOLD, MARZO-ABRIL 2009; PREFIJO = BHTOR KP09-01
	LIMITE INFERIDO		AUSCULTACION DINAMICA CON CONO DE PENETRACION LIGERA DPL REALIZADAS POR KNIGHT PIESOLD, MARZO 2009; PREFIJO = DPLTOR KP09-01
	SONDAJE PROYECTADO EN SECCION Y PROFUNDIDAD FINAL EN METROS		CALICATAS REALIZADAS POR KNIGHT PIESOLD, MARZO 2009; PREFIJO = TPTOR KP09-01
	SUELO ORGANICO, DE PLASTICIDAD MEDIA A ALTA, MUY BLANDO A BLANDO, MUY HUMEDO A SATURADO		POSTEADORA MANUAL REALIZADA POR KNIGHT PIESOLD, MAYO 2009; PREFIJO = ABTOR KP09-01
	GRAVA ARENOSA Y/O GRAVA ARCILLOSA, SUELTA A MEDIANAMENTE DENSA, SATURADA		AUSCULTACION DINAMICA CON CONO DE PENETRACION LIGERA DPL REALIZADA POR KNIGHT PIESOLD, MAYO 2009, PREFIJO = DPLTOR KP09-01
	ARENA LIMOSA Y/O ARENA GRAVOSA SUELTA A MEDIANAMENTE DENSA, SATURADA		CALICATAS REALIZADAS POR KNIGHT PIESOLD, MAYO 2009; PREFIJO = TPTOR KP09-01
	LIMO DE PLASTICIDAD MEDIA A ALTA, MUY BLANDO, SATURADO		
	ARCILLA DE PLASTICIDAD MEDIA ALTA, BLANDA, MUY HUMEDA A SATURADA		
	VALORES DE N_{10} DEL ENSAYO DE AUSCULTACION DINAMICA CON CONO DE PENETRACION LIGERA (DPL)		
	VALORES DE N DEL ENSAYO DE PENETRACION ESTANDAR (SPT)		

NOTA:

1. EL CONTACTO DE LOS ESTRATOS SON ESTIMADOS.
2. LA UBICACION E INFORMACION OBTENIDA DE LA PRESENTE INVESTIGACION GEOTECNICA PRELIMINAR HA SIDO REALIZADA PARA LOS FINES Y ALCANCES ESTABLECIDOS EN EL PRESENTE ESTUDIO. LA PRESENTE INFORMACION NO PODRA SER UTILIZADA PARA OTROS FINES DIFERENTES A LOS ESTABLECIDOS EN EL PRESENTE REPORTE.

Figura 6a: Leyenda de la Figura 6. Tipos de suelo y auscultaciones realizadas.

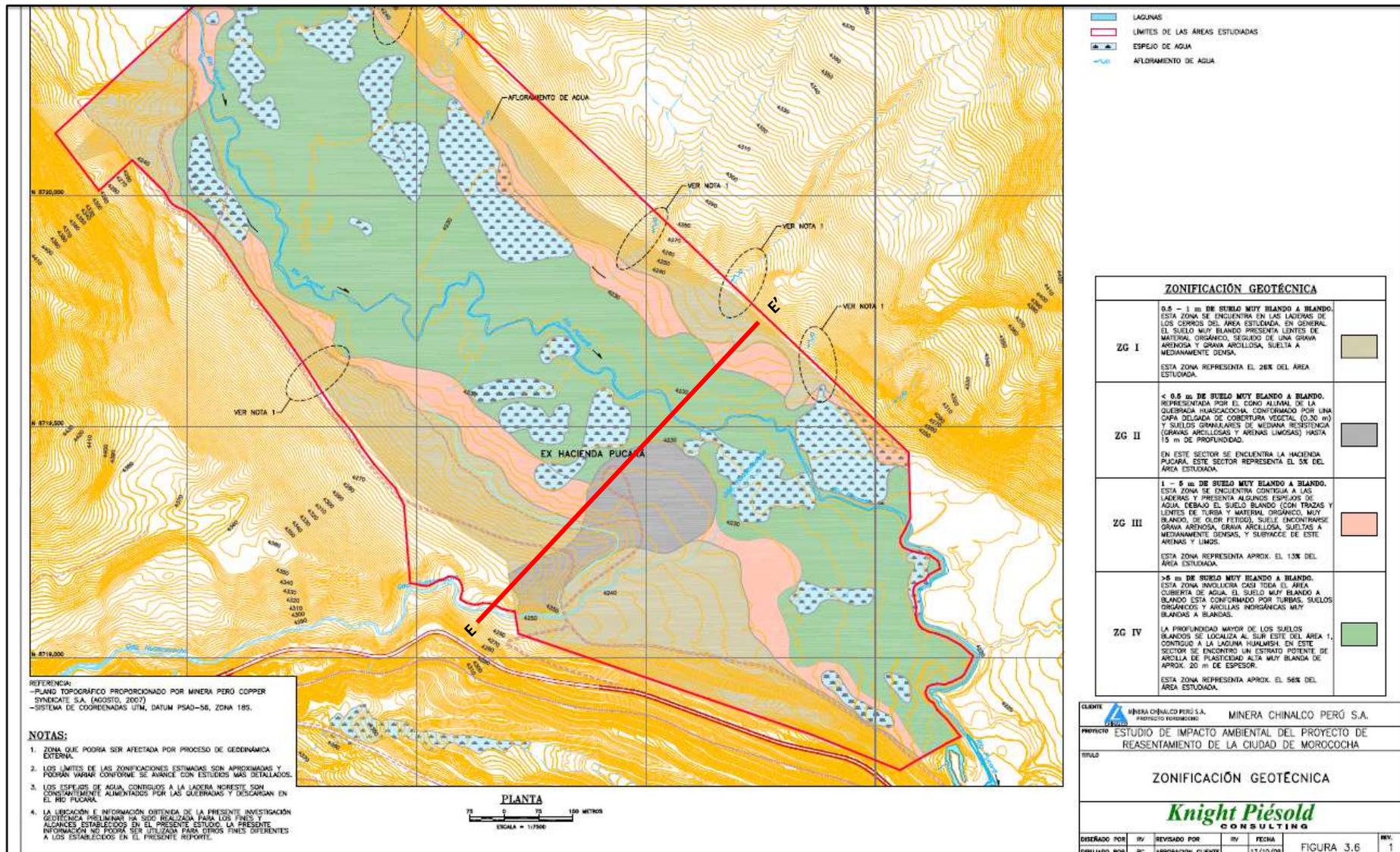


Figura 7: Zonificación Geotécnica en el área de reasentamiento de la Ciudad de Morococha.

CONCLUSIONES

A partir de la información obtenida y su interpretación; y la visita de inspección se puede concluir lo siguiente:

1. Las laderas que rodean a Nueva Morococha, presentan aceptable estabilidad natural, salvo pequeños derrumbes y caídas de rocas en algunos sectores de las laderas de los cerros del valle. Destacando el derrumbe de la ladera SO del C° Huaylas Machay. Así como también pequeños flujos de tierra en la ladera Este del C° Pincullayoc.
2. La posibilidad de desborde e inundación del río Pucará y quebrada Huascacocha, han sido identificados en el EIA y tomados en cuenta en la disposición de la nueva ciudad. Es así que la nueva ciudad se ubica en la margen izquierda del río, fuera del área de inundación. Además se ha contemplado el diseño y construcción de canalizaciones y defensas rivereñas. Con las obras realizadas, la nueva ciudad de Morococha no presentará problemas por este tipo de peligros.
3. La Nueva Norma de Diseño Sismorresistente E.030, del Reglamento Nacional de Edificaciones (MVCS, 2006), han establecido en el territorio peruano diversas zonas sísmicas, las cuales presentan diferentes características de acuerdo con la mayor o menor ocurrencia de sismos. En virtud a esta norma, el área de reasentamiento se ubica en la **Zona 2**, que corresponde a una zona con **sismicidad media**.
4. La organización Disaster Risk Reducción Perú International – DR Perú Internacional, dirigida por el prestigioso científico Dr. Julio Kuroiwa, ha revisado la seguridad física del emplazamiento de la nueva ciudad de Morococha y el análisis de la calidad sismorresistente de las viviendas de acuerdo a las normas Sismorresistente NTE 030 y Norma de Albañilería E 0.50. Concluyendo que los estudios realizados por Knight Piésold Consultores S.A. son muy satisfactorios
5. La ocurrencia de licuefacción de suelos en el área de reasentamiento de la ciudad de Morococha es poco probable, debido a la ausencia de suelos susceptibles a ese fenómeno (arenas sueltas pobremente graduadas – SP). El nivel freático es superficial, pero el factor detonante (terremoto) disminuye en probabilidad, ya que **el área del reasentamiento se localiza fuera de la Zona Sísmica 1 (ALTA SISMICIDAD)**.



Ing. Lionel Fidel Smoll
CIP 20828

BIBLIOGRAFÍA

GONZALES DE VALLEJO, L.; FERRER, M. & OTEO, C. (2002). Ingeniería Geológica. Pearson Educación. 744 p

GOLDER ASSOCIATES PERÚ S.A (2009). Análisis de Inundación del Valle del río Piucará. Memorando Técnico. En Knight Piésold (2009).

INDECI (2010). Manual Básico para la Estimación del Riesgo / Perú. Dirección Nacional de Prevención – Unidad de Estudios y Evaluación de Riesgos. Instituto Nacional de Defensa Civil.

INGEMMET (1983). Geología de los cuadrángulos de Matucana y Huarochirí. Boletín N° 36 Serie A: Carta Geológica Nacional. Instituto Geológico Minero y Metalúrgico.

INGEMMET (1995). Geología del Perú. Boletín xx Serie A: Carta Geológica Nacional Instituto Geológico Minero y Metalúrgico.

INGEMMET (2005). Riesgo Geológicos en la Franja N° 4. Boletín N° 29 Serie C. Instituto Geológico Minero y Metalúrgico

INGEMMET (2009). Síntesis Descriptiva del Mapa Neotectónico del Perú versión 2008. Boletín Serie C. Instituto Geológico Minero y Metalúrgico.

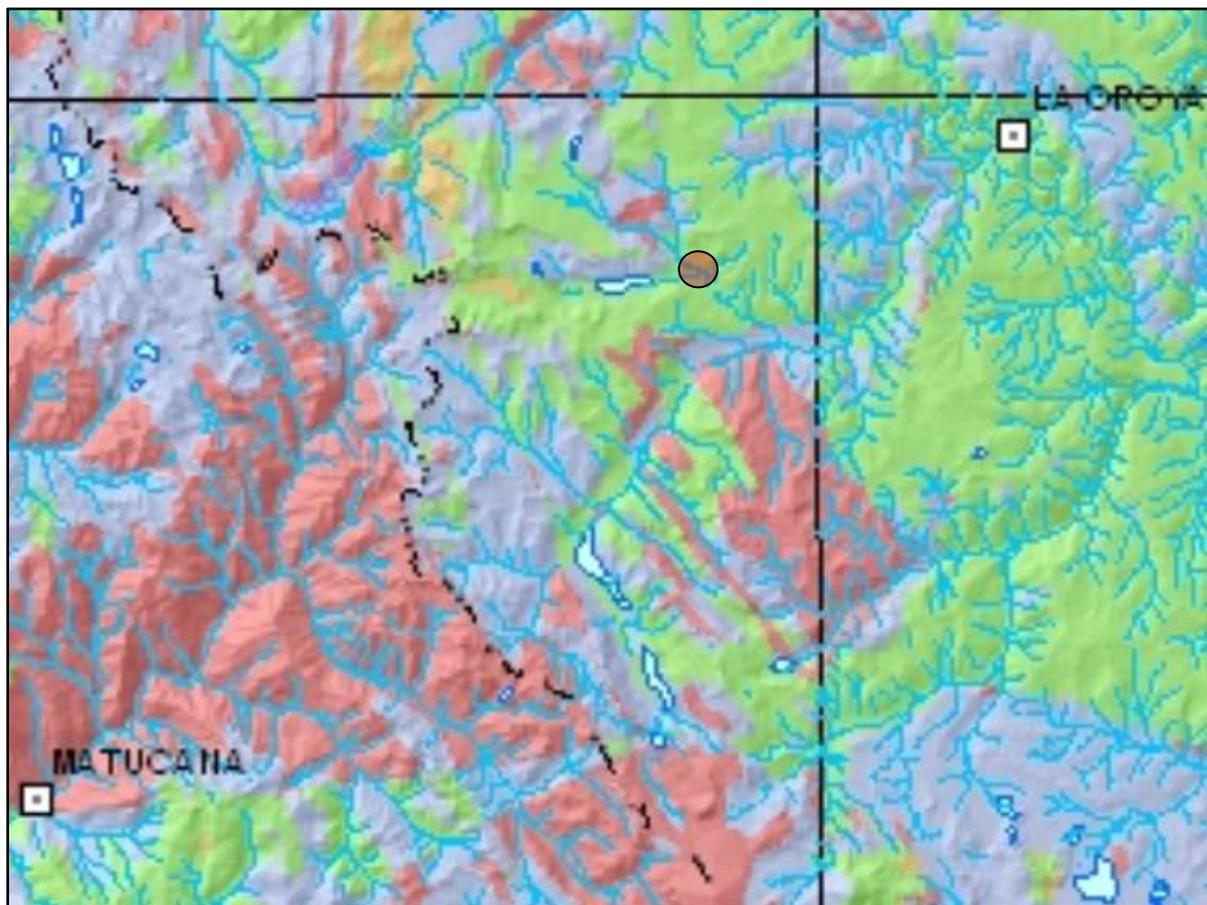
JIMENEZ SALAS, J.A. & DE JUSTO, J.L. (1975). Geotécnia y Cimientos I. Propiedades de los Suelos y de las Rocas. Editorial Rueda, Madrid

KNIGHT PIESOLD (2009). Proyecto de reasentamiento de la Ciudad de Morococha. Estudio de Impacto Ambiental. Informe Final. Para Minera Chinalco Perú S.A

MVCS (2006). “Nueva Norma de Diseño Sismorresistente E.030”. Reglamento Nacional de Edificaciones. MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO.

ONU – EIRD (2004). Vivir en Riesgo. Informe Mundial Sobre Iniciativas para la Reducción del Riesgo de Desastres.

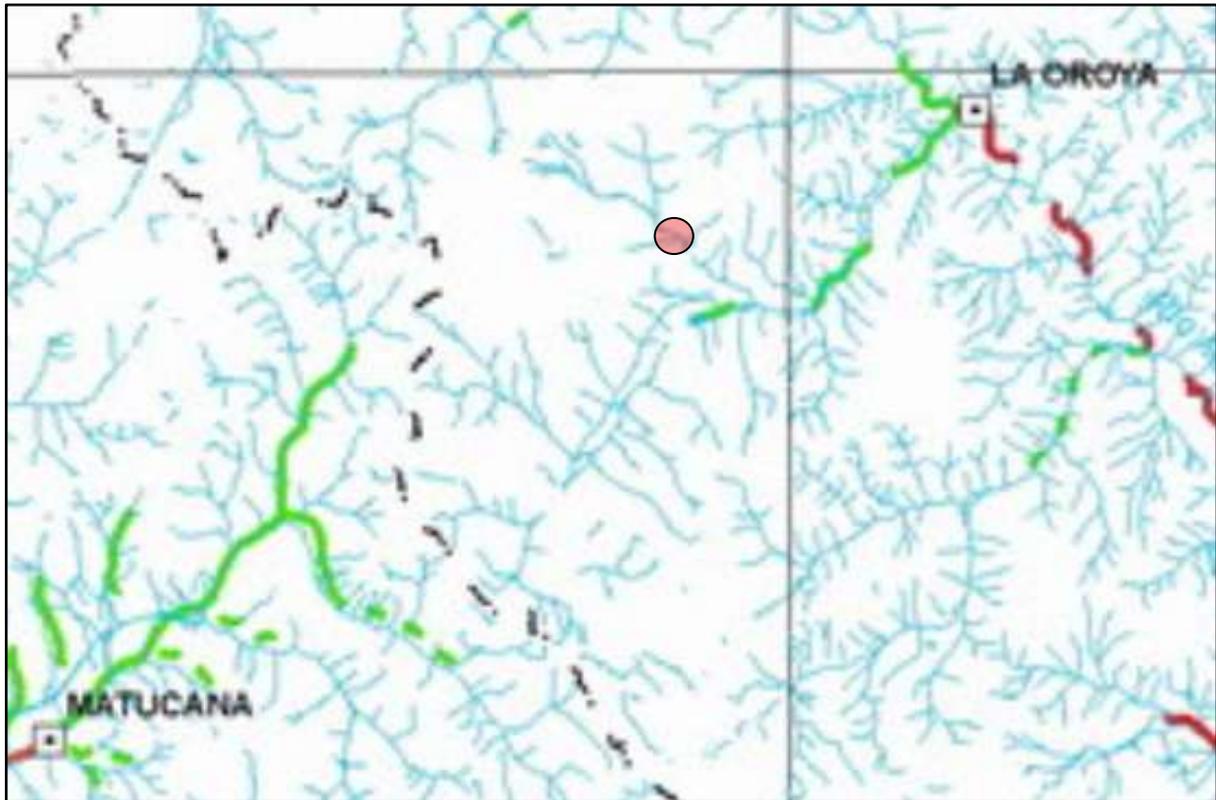
ANEXO



MOVIMIENTOS EN MASA (MAPN)

CATEGORÍA DE AMENAZA	DESCRIPCIÓN
Muy baja 	Planicies y terrazas aluviales y/o fluviales, localizadas generalmente en la planicie costanera, en la depresión intracordillerana de la Faja Subandina y en el Llano Amazónico. La probabilidad de ocurrencia de movimientos en masa detonados por lluvias excepcionales y sismos es muy baja a nula. Estas zonas pueden verse afectadas por flujos de barro que pueden producirse aguas arriba.
Baja 	Colinas de piedemonte y zonas de topografía ondulada como las colinas del llano amazónico y algunas terrazas aluviales intramontanas y valles amplios de quebradas, estas zonas están localizadas generalmente en la planicie costanera y estribaciones del flanco andino occidental, pampa de Junín y valle del Mantaro. La probabilidad de ocurrencia de movimientos en masa detonados por lluvias excepcionales y sismos es baja.
Moderada 	Zonas de topografía montañosa, con laderas inclinadas más de 15°, conformadas por rocas meteorizadas y suelos coluviales, localizadas en las partes altas y medias de las cuencas, como en las cordilleras Occidental y Oriental y Faja Subandina. La probabilidad de ocurrencias de movimientos en masa detonados por lluvias excepcionales y sismos es moderada.
Alta 	Zonas de topografía montañosa, con laderas inclinadas más de 25°, localizadas en la parte media de las cuencas, cauces de quebradas y ríos, con rocas muy fracturadas y alteradas (zonas de fallas), localizadas en el flanco andino occidental, unidad de relieve estructural plegado (Cordillera Occidental) y sectores de la Cordillera Oriental. La probabilidad de ocurrencia de movimientos en masa, detonados por lluvias excepcionales y sismos es alta. La influencia de anomalías climáticas (fenómeno "El Niño") es preponderante.
Muy alta 	Sectores localizados en la parte media de las cuencas, con topografía montañosa, sobre laderas cercanas a cauces, compuesto por coluvios y rocas muy fracturadas y meteorizadas (zonas de falla), localizadas en el flanco andino occidental, sectores de la Cordillera Oriental y zonas de montaña de la Faja Subandina. La probabilidad de ocurrencia de movimientos en masa, detonados por lluvias excepcionales y sismos es muy alta. La influencia de anomalías climáticas (fenómeno "El Niño") es preponderante.

SUSCEPTIBILIDAD A LOS MOVIMIENTOS EN MASA EN LA FRANJA 4. EN CIRCULO LA UBICACIÓN DE LA ZONA DE REASENTAMIENTO DE LA CIUDAD DE MOROCOCHA.



LEYENDA

PELIGROS	GRADO DE SUCEPTIBILIDAD		
	Muy alto	Alto	Moderado
Áreas sujetas a erosión fluvial			
Áreas sujetas a inundación			
Áreas sujetas a inundación y erosión fluvial			
Áreas sujetas a arenamiento			

SUSCEPTIBILIDAD A LAS INUNDACIONES Y EROSIÓN FLUVIAL EN LA FRANJA 4. EN CIRCULO LA UBICACIÓN DE LA ZONA DE REASENTAMIENTO DE LA CIUDAD DE MOROCOCHA.