



1421 Miracerros Loop South, Santa Fe, New Mexico 87505 USA

etechinternational.org

Director: 610 Pebble Drive El Sobrante CA 94803 USA

Tel. 001.505.670.1337

El potencial de peligro inminente para la vida humana y el medio ambiente de la mina de cobre a cielo abierto Mirador en el sureste de Ecuador

Presentado a la Comisión Interamericana de Derechos Humanos

Presentado por:

E-Tech International

Steven H. Emerman, PhD; Malach Consulting

David Chambers, PhD; Center for Science in Public Participation

Versión en español

Contenido

I.	Introducción y propósito de informe.....	3
II.	Preocupaciones relacionadas con las características inherentes y gestión de la mina Mirador.....	4
1.	Riesgo Físico.....	5
a.	Descripción general y tipo de represa.....	5
b.	Riesgos asociados a la sismicidad	5
c.	Riesgos asociados con precipitación, tormentas, y cambio climático	7
d.	Resumen de los riesgos físicos	8
2.	Riesgos químicos y toxicidad de desechos y lixiviados.....	9
a.	Características geoquímicas generales del depósito Mirador que producen drenaje ácido.....	9
b.	Resultados de muestras geoquímicas	9
III.	Ejemplos de fallas de relaveras y similitudes con la situación de Mirador.....	10
1.	Fallas estáticas de relaveras y errores de gestión.....	11
a.	Falla de relavera Brumadinho, Brasil	11
b.	Falla de relavera Fundão, Minas Gerais, Brazil (Samarco)	12
c.	Falla de relavera Mount Polley, British Columbia, Canadá	12
2.	Fallas dinámicas de relaveras	12
	Relavera de la mina Mirador e incertidumbre de gestión de relaves, desechos, y agua	13
IV.	Comunidades vulnerables aguas abajo	15
1.	Comunidades ubicadas en el área de operaciones del proyecto Mirador, en la provincia de Zamora Chinchipe.....	15
a.	Desplazamientos y desalojos.....	15
b.	Destrucción de actividades autosuficientes	16
2.	Explotación minera que pone en riesgo a la provincia de Morona Santiago.....	16
3.	Características socioecológicas de la Cordillera del Cóndor que se encuentran seriamente amenazadas.....	18
a.	Área biodiversa compartida entre Ecuador y Perú.....	18
b.	Generación de riqueza hídrica que alimenta la cuenca amazónica.....	18
c.	Ecosistemas necesarios para el equilibrio ambiental del planeta.....	18
d.	Zona histórico-social de las culturas antiguas	19
e.	Territorio ancestral del Pueblo Shuar	19

V. Preocupaciones relacionadas con la falla de las instalaciones de la mina y la falta de planes adecuados.....	19
1. Potencial de falla de las relaveras en Mirador.....	19
a. Las pendientes de la represa son demasiado empinadas.....	19
b. Métodos de construcción de represas en comparación con los planes.....	20
c. Probabilidad de falla de relavera Mirador.....	21
2. Impactos en la calidad del agua por una falla basada en la calidad del agua actual.....	23
a. Instalaciones creadas para almacenar y tratar drenaje ácido de mina.....	24
b. Efectos del drenaje de la mina Mirador en la calidad del agua superficial.....	25
3. Cantidades inadecuadas de garantía financiera.....	28
4. Planes de respuesta a emergencias y monitoreo ambiental de instalaciones.....	29
5. Falta de experiencia de Ecuador en la regulación de operaciones mineras a gran escala.....	29
VI. Información necesaria para evaluar si existe un peligro inminente y falta de transparencia de la información.....	30
VII. Resumen y Solicitud a la CIDH.....	31
VIII. Referencias citadas.....	32

Anexos

Anexo 1: Evaluación del Diseño y Construcción de las Presas de Relaves para la Mina Mirador, Zamora Chinchipe, Ecuador. Informe preparado por Steven Emerman, PhD, 2019, para E-Tech International.

Anexo 2: Lista preliminar de las comunidades afectadas por los impactos ambientales, de seguridad, y otros impactos sociales de la Mina Mirador.

Anexo 3: Ecuacorriente Resources Mirador Project, Ecuador. Mine Reclamation and Closure, Financial Assurance Cost Estimate. Informe preparado por James Kuipers, PE, 2012, para E-Tech International (en inglés)

Anexo 4: Carta de la Asamblea Nacional al Ministerio de Energía y Recursos Naturales no Renovables. Asunto: Solicitud de Información. Oficio Nro. AN-QLS-2022-0030-O. 2022.

I. Introducción y propósito de informe

La mina Mirador es un proyecto de cobre y oro a cielo abierto en el sureste de Ecuador en la provincia de Zamora-Chinchipe (Figura 1). Es la primera mina de metal a gran escala operada en el país. La mina está en manos de Ecuacorriente SA (ECSA), con sede en Quito, que es una subsidiaria de propiedad total de un consorcio chino llamado CRCC-Tongguan (Tongling Nonferrous Metals Group Holdings y China Railway Construction Corporation Ltd (CRCC); International Mining, 2021). Tongling Nonferrous Metals Group Holdings Co., Ltd. y China Railway Construction Corporation Limited adquirieron Corriente Recursos en agosto de 2010. El Ministerio de Energía y Recursos Naturales no Renovables (MERNNR) firmó un contrato de explotación con ECSA en marzo de 2012. Este fue el primer contrato de explotación de minería a gran escala para el gobierno. En 2015 el proyecto obtuvo la licencia ambiental de explotación (IGF, 2019, p. 14). La construcción comenzó en diciembre de 2015 y la producción comenzó en julio de 2019. La vida útil de la mina se estima en 30 años, de 2019 a 2049 (International Copper Study Group, 2022).

ECSA comenzó a procesar mineral a pequeña escala en diciembre de 2018 y estaba procesando 30 000 toneladas por día a fines de 2019 en camino a una capacidad de 60 000 toneladas por día. Según la mina, las operaciones se suspendieron entre el 20 de marzo y el 26 de agosto de 2020, debido al COVID-19. Se planea duplicar el procesamiento para la próxima fase de expansión que espera desarrollar Mirador Norte (International Mining, 2021). Además, la mina ha generado temor en sus residentes debido a la construcción y operación de grandes represas y embalses de relaves de la mina ubicados en un área conocida por su alta sismicidad, alto relieve topográfico, alta precipitación y tormentas cada vez más extremas. E-Tech International, con la asistencia de los consultores David Chambers, PhD, y Steven Emerman, PhD, está respondiendo a las preocupaciones sobre el posible "peligro inminente" de las comunidades cercanas debido a las descargas de minas y posibles fallas de relaveras.

Las primeras evaluaciones de E-Tech International en 2011 y 2012 respondieron a las solicitudes del ex prefecto de Zamora Chinchipe, Salvador Quishpe, y al Ministerio del Ambiente (MAE) de Ecuador para abordar las preocupaciones ambientales relacionadas con la operación de la mina. En ese momento, destacamos serias deficiencias en la ubicación propuesta y la construcción de la infraestructura de la mina, preocupaciones sobre la alta precipitación y la vulnerabilidad



Figura 1: Ubicación de la mina Mirador. Fuente: Ecuacorrientes 2018.

sísmica, la falta de planes de cierre adecuados y falta de garantía financiera, el drenaje ácido de mina y lixiviación de contaminantes, y efectos adversos en la calidad del agua para recursos hídricos superficiales y subterráneos.

En este informe examinamos los riesgos asociados con las características inherentes y la gestión de la mina Mirador, citando ejemplos de fallas en presas de relaves (relaveras) en minas con características similares, y destacamos las preocupaciones relacionadas con las instalaciones de la mina y la falta de información transparente. También resumimos nuestros intentos de obtener la información necesaria para evaluar si existe un peligro inminente. Estamos solicitando a la Comisión Interamericana de Derechos Humanos (CIDH) que tome medidas que resulten en la liberación de los documentos solicitados, los cuales deben ser puestos a disposición del público de acuerdo con la Constitución ecuatoriana y la Ley Orgánica de Transparencia y Acceso a la Información que han sido solicitados por los abogados representantes del caso Mina Mirador presentado ante la CIDH el 23 de diciembre de 2013 y por la Asamblea Nacional de Ecuador. También destacamos nuestra grave preocupación de que la Comisión asegure que el Gobierno de Ecuador desarrolle un programa efectivo con las comunidades locales que proteja a quienes viven río abajo de las relaveras de Mirador.

II. Preocupaciones relacionadas con las características inherentes y gestión de la mina Mirador

La Mina Mirador tiene instalaciones mineras a gran escala e importantes riesgos físicos y químicos que potencialmente presentan un peligro inminente para el medio ambiente y las comunidades río abajo. Las instalaciones de la mina se muestran en la Figura 2.

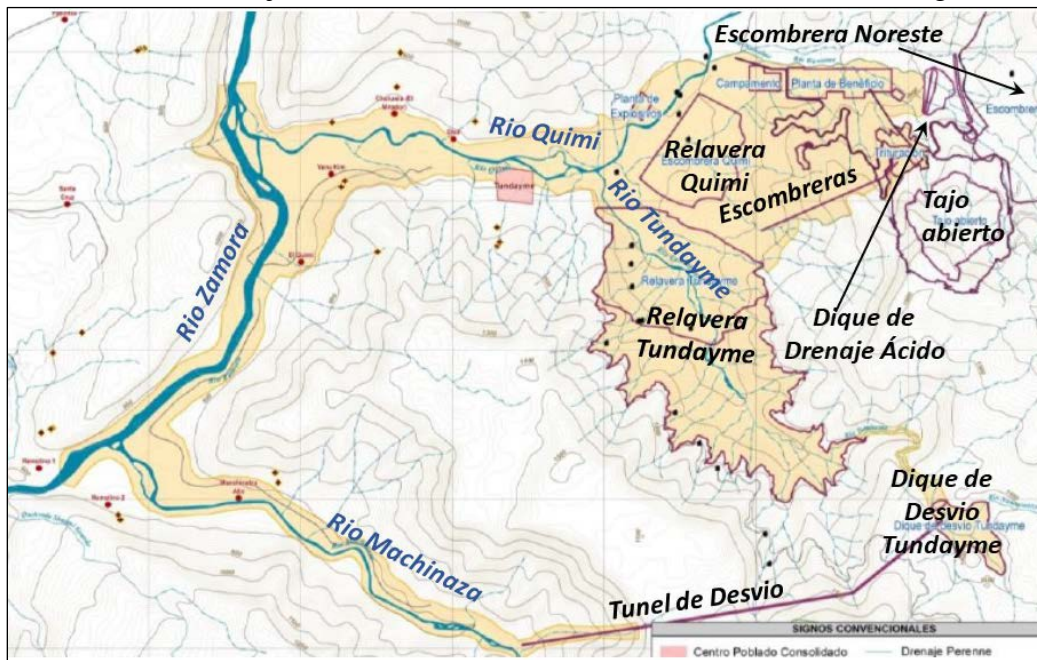


Figura 2. Ubicación de instalaciones y zonas de impacto a la calidad de agua.

Fuente: Cardno, 2014a, Fig. 8-12.

1. Riesgo Físico

a. Descripción general y tipo de represa

Desde un punto de vista puramente físico, las represas de relaves en la mina Mirador constituyen el peor de los escenarios porque combinan todos los siguientes factores de alto riesgo:

- 1) alta sismicidad
- 2) cimientos débiles (suelos débiles debajo de la relavera)
- 3) alta precipitación
- 4) alto relieve topográfico
- 5) proximidad cercana al agua superficial
- 6) gran altura de la represa
- 7) grandes volúmenes de relaves.

En este sentido, el riesgo es una combinación de la probabilidad de falla y las consecuencias de la falla. Los primeros cinco factores de riesgo físicos se relacionan principalmente con la probabilidad de falla, mientras que los últimos tres factores de riesgos físicos se relacionan principalmente con las consecuencias de la falla. La probabilidad de falla también está relacionada con los factores humanos de diseño, construcción y operación de las relaveras, mientras que las consecuencias de la falla también están relacionadas con el contexto ambiental y socioeconómico de las relaveras. En el caso de la mina Mirador, la presencia de comunidades río abajo que se verían afectadas o incluso desaparecidas por la ruptura de una relavera es el factor de riesgo más importante de todos (ver Sección IV). La probabilidad de falla (combinando factores físicos y humanos) se evalúa en la Sección V.a.

Knight-Piésold (2007), consultores de Ecuacorriente S.A., asignó una categoría de consecuencia de falla de represa de “MUY ALTA” a la represa de Quimi, con base en el sistema de clasificación de la Canadian Dam Association (2013, 2019), en la que las consecuencias de Muy Alta incluyen la pérdida de 10 a 100 vidas en caso de falla de la presa. Knight-Piésold (2007) explicó además: “Si la falla resultara en la liberación de relaves y/o agua de proceso, tendría un impacto ambiental significativo en los cursos de agua río abajo. Las consecuencias económicas y el impacto socioeconómico para la Mina también serían muy altos”.

b. Riesgos asociados a la sismicidad

Como resultado de la categoría de consecuencia Muy Alta, Knight-Piésold (2007) recomendó que el Máximo Sismo de Diseño (MDE en inglés) de la presa Quimi debería ser el Máximo Sismo Creíble (MCE en inglés), con una magnitud de 8.0 y una aceleración máxima del suelo de 0,60 g. A modo de comparación, el terremoto más grande jamás registrado tuvo una magnitud de 9,5, mientras que un terremoto con una magnitud de 8,4 fue el vigésimo terremoto más grande jamás registrado (USGS, 2019). La aceleración máxima del suelo correspondiente sería hacia el límite superior del rango (0,34-0,65 g) de "sacudidas percibidas severas" y "daño potencial de moderado a grave" (USGS, 2022a).

Knight-Piésold (2007) también determinó que el Sismo Base de Operación (OBE en inglés) de la presa Quimi, el sismo que se espera ocurra durante la vida del proyecto, tendría una magnitud de 7.5 y una aceleración máxima de 0.20g. Knight-Piésold (2007) además llevó a cabo un análisis de estabilidad sísmica que mostró que el sitio para la presa Quimi combinaba los factores de alto

riesgo de alta sismicidad y cimientos débiles. Según Knight-Piésold (2007), “Toda la profundidad del depósito de relaves es potencialmente licuable para el MDE y el OBE. La licuefacción también se pronostica para los suelos aluviales sueltos cerca de la superficie (en los 10 metros superiores) para el MDE y el OBE”. En otras palabras, Knight-Piésold (2007) predijo que se esperaba que la licuefacción tanto de los relaves como de los cimientos, con la subsiguiente falla de la presa de relaves, ocurriera durante los 30 años de vida útil del proyecto Mirador. No hay documentación disponible que discuta el MDE, el MCE, el OBE, las características de los cimientos o la estabilidad sísmica para la relavera Tundayme.

Los sismos que pueden causar licuefacción y falla de la presa Quimi (magnitud mayor a 7.5) son ciertamente comunes en la zona aledaña a la Mina Mirador. El Catálogo de Terremotos de USGS (USGS, 2022b) enumera 19 epicentros de terremotos con magnitudes iguales o superiores a 7,5 dentro de los 1000 kilómetros de la Mina Mirador desde 1906 (Figura 3). De hecho, tres terremotos tan grandes han ocurrido desde la apertura de la mina en 2019. Terremotos con magnitudes 7.5, 8.0 y 7.5 ocurrieron 218 kilómetros al noreste de la mina, 434 kilómetros al sureste de la mina y 208 kilómetros al sureste de la mina en febrero 22 de 2019, 26 de mayo de 2019 y 28 de noviembre de 2021, respectivamente. Cabe destacar que el terremoto de Riobamba de 1797 con una magnitud estimada de 8,3 y hasta 40.000 víctimas mortales tuvo su epicentro a 217 kilómetros al norte de la Mina Mirador (ver Figura 3). La observación más importante de todas podría ser que la mina Mirador aparentemente se encuentra en una “brecha sísmica”, es decir, una región sin grandes terremotos registrados que está rodeada de grandes terremotos registrados (ver Figura 3). De acuerdo con la teoría de la predicción sísmica, tales brechas son susceptibles a grandes terremotos en momentos que son imposibles de predecir.

Con respecto al peores escenarios de los peores, a la luz de las terribles advertencias de inestabilidad sísmica de Knight-Piésold (2007), la respuesta del Ministerio del Ambiente de Ecuador al Estudio de Impacto Ambiental (EIA) de 2010 de Walsh Scientists and Engineers (2010a-b) fue que el riesgo sísmico, así como el riesgo de deslizamientos de tierra, eran altos y poco conocidos. Según el Ministerio del Medio Ambiente, “la estabilidad sísmica debe ser producto de un estudio sísmico local del área del proyecto y no regional, como se ha hecho mínimamente en el estudio. Del mismo modo, con respecto a los deslizamientos de tierra que podrían ocurrir localmente en el área del proyecto...” (Walsh Científicos e Ingenieros, 2011). La respuesta de Walsh Scientists and Engineers (2011) no abordó el comentario de ninguna manera, sino que simplemente se refirió al informe adjunto de Knight-Piésold (2007), que tampoco abordó el comentario. El EIA de 2014 realizado por Cardno (2014a, b) no proporcionó ninguna información adicional sobre el riesgo sísmico o de deslizamientos de tierra.

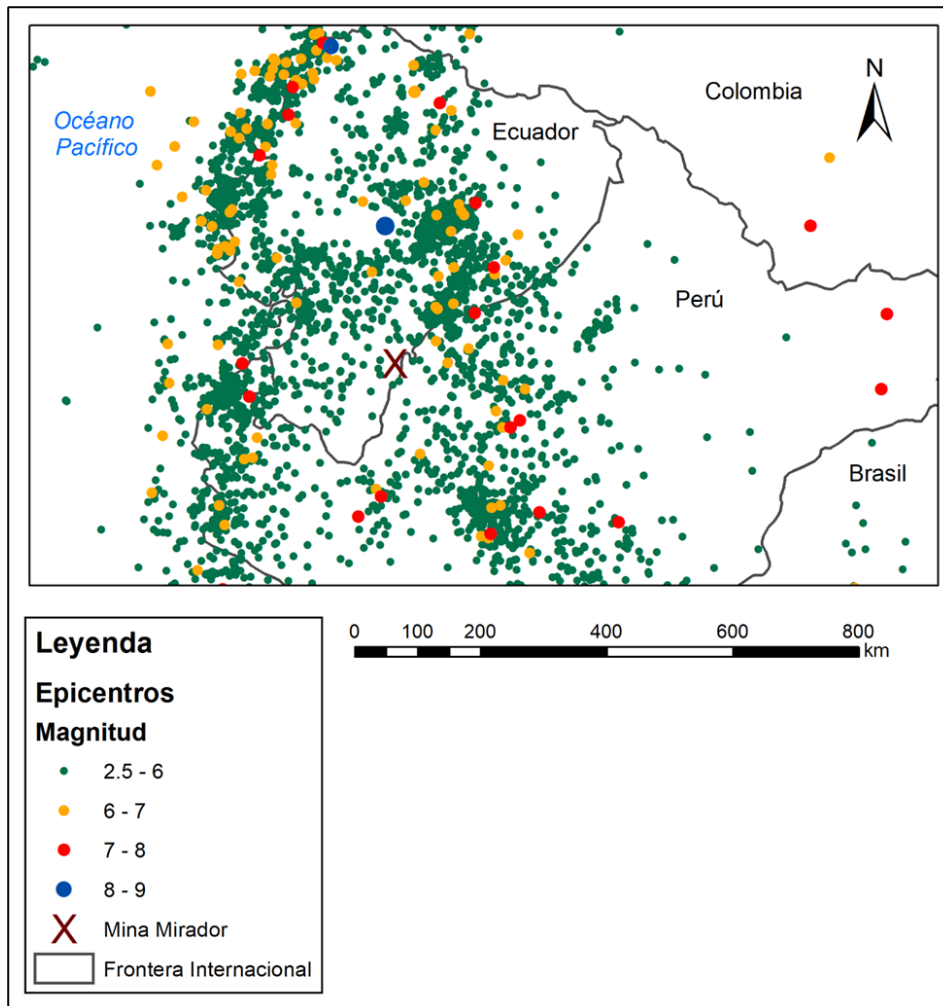


Figura 3. Epicentros de terremotos en Ecuador desde 1906

Fuente: USGS, 2022b.

c. Riesgos asociados con precipitación, tormentas, y cambio climático

Knight-Piésold (2007) recomendó que la presa Quimi se diseñe para un evento de Precipitación Máxima Probable (PMP en inglés) de 300 mm en 24 horas, aunque admitió que el uso de este criterio no estaba bien definido. Según Knight-Piésold (2007), “los registros regionales disponibles [de precipitación] no son particularmente extensos, ni se considera que los datos tengan una calidad ejemplar”. En cierto sentido, los factores de riesgo que no son bien conocidos, pero que se cree que son altos, pueden presentar una situación peor que en el peor de los casos porque es imposible diseñar para esos escenarios. Si bien las precipitaciones altas pueden provocar la falla de la presa por desbordamiento, la combinación de pendientes pronunciadas y precipitaciones altas también aumenta la probabilidad de falla por deslizamiento de la piscina de sobrenadante en la relavera. El potencial de deslizamientos de tierra en las cercanías de las relaveras está claramente indicado por las numerosas cicatrices de deslizamientos de tierra, una de las cuales casi había socavado una torre de transmisión cerca de

la presa de Quimi en noviembre de 2018 (ver Fig. 15 en Emerman (2019); adjunto como Anexo 1).

Además de la falta de conocimiento de las precipitaciones presentes y pasadas en el área de la mina Mirador, el cambio climático agrega una capa adicional de incertidumbre a la elección adecuada para la inundación de diseño. De hecho, Armenta et al. (2019) han pronosticado un aumento del 10% de la precipitación en la cuenca del río Santiago (que incluye la mina Mirador) dentro de 20 años, así como un aumento en la frecuencia de eventos extremos de precipitación. Según Armenta et al. (2019), “Escenarios de cambio climático para 2040 muestran que la precipitación aumentaría significativamente en la temporada de lluvias, con incrementos de más del 10% respecto al comportamiento actual. Asimismo, los escenarios muestran una ‘extensión’ de la temporada de lluvias, que comenzaría antes (en diciembre) y tendría sus valores máximos en marzo. En cuanto a los índices asociados a la precipitación, los días con lluvias extremas aumentarían a lo largo del año, siendo de enero a mayo los meses que presentarían un mayor incremento en el número de días con estos eventos en la mayor parte del área de estudio...” Los autores de este informe no han encontrado datos disponibles públicamente para la precipitación en una estación meteorológica en o cerca del sitio de la mina.

Efectos del cambio climático

No era común que las empresas mineras y sus consultores tuvieran en cuenta el cambio climático en 2007, pero es una práctica estándar en la actualidad (Muñoz y Hoekstra, 2022). De acuerdo con el estándar mundial de la industria para la gestión de relaves (GISTM en inglés), los requisitos para las empresas mineras incluyen lo siguiente: “Para mejorar la resiliencia al cambio climático, evalúe, actualice periódicamente y utilice los conocimientos sobre el cambio climático a lo largo del ciclo de vida de las instalaciones de relaves de acuerdo con los principios de Gestión Adaptativa... Para las nuevas instalaciones de relaves, utilice la base de conocimientos, incluidas las incertidumbres debidas al cambio climático, para evaluar los impactos sociales, ambientales y económicos locales de las instalaciones de relaves y su posible falla a lo largo de su ciclo de vida... Si los nuevos datos indican que los impactos de las instalaciones de relaves han cambiado materialmente, incluso como resultado del conocimiento del cambio climático o los impactos a largo plazo, el operador actualizará la gestión de la instalación de relaves para reflejar los nuevos datos utilizando las mejores prácticas de Gestión Adaptativa”. Las empresas miembros del Consejo Internacional de Minería y Metales (ICMM en inglés) deben implementar completamente el GISTM para agosto de 2023. Es de destacar que los miembros de la Asociación de ICMM incluyen Cámara de Minería del Ecuador (CME), International Copper Asociación y Consejo Internacional del Cobre Forjado (IWCC) (ICMM, 2022).

d. Resumen de los riesgos físicos

La proximidad al agua superficial, la gran altura de la presa y los grandes volúmenes de relaves contribuyen a aumentar las consecuencias de la falla. Tanto la represa Quimi como la Tundayme están situadas a lo largo de las orillas del Río Quimi y el Río Tundayme, que forman una de las cabeceras del Río Amazonas. La altura proyectada de la presa Tundayme de 260 metros (Cardno, 2014a) la convertiría en la segunda presa de relaves más alta del mundo, después de la presa Linga en la mina Cerro Verde en Perú con una altura de 265 metros (GRID-Arendal, 2022). El

volumen de almacenamiento de relaves efectivo proyectado de la relavera Tundayme de 380 millones de metros cúbicos (Cardno, 2014b) la convertiría en la instalación de relaves número 23 más grande del mundo (GRID-Arendal, 2022). A modo de comparación, el mayor derrame de relaves en el mundo hasta ahora ha sido menos de una décima parte de ese volumen (32 millones de metros cúbicos) de la presa de relaves en la mina Samarco en Brasil en 2015 (Larrauri y Lall, 2018).

2. Riesgos químicos y toxicidad de desechos y lixiviados

a. Características geoquímicas generales del depósito Mirador que producen drenaje ácido

El depósito en la mina Mirador es un cuerpo mineral de pórfido de cobre y oro que también contiene plata y molibdeno (Corriente Resources, Inc., 2008; Cardno, 2014b). El mineral contiene altos porcentajes de pirita, que es el principal mineral responsable de la formación de drenaje ácido de mina. El drenaje ácido de mina contiene concentraciones elevadas de metales y otros contaminantes relacionados con la mina y es uno de los resultados más duraderos y dañinos para el medio ambiente de la extracción de cuerpos de mineral de sulfuro como el de la mina Mirador (INAP, 2009; Price, 2009). La calcopirita es el principal mineral que contiene cobre en el mineral y también forma drenaje ácido de mina (Plumlee, 1999; Plumlee et al., 1999). La Tabla 4-2 (Cardno, 2014b) muestra que el contenido de calcopirita del mineral varía de 0,6 a 1,96 %, y el contenido de pirita varía de 4,2 a 6,59 %. Por lo tanto, en peso, el mineral contiene más pirita que el mineral de sulfuro de cobre.

El mineral extraído del tajo abierto será triturado y molido y enviado a la planta de flotación para separar los minerales que contienen cobre, oro y plata de los desechos (ver Corriente Resources, Inc., 2008, Figuras 19-2 y 19-3). Casi todo el mineral se convertirá en desecho: el 98% del mineral se convertirá en relaves y solo el 2% se convertirá en el concentrado que se envía a China para su procesamiento (Corriente Resources, Inc., 2008, p. 5, 86). Los EIA y los estudios de factibilidad no discuten un circuito separado para remover la pirita como parte del proceso de beneficio; por lo tanto, gran parte de la pirita se almacenará en las instalaciones de relaves, y los mismos relaves generarán ácido.

Incluso si todos los minerales de sulfuro de cobre en el mineral se eliminan en el proceso de beneficio, los residuos restantes (relaves) contendrán pirita en cantidades más que suficiente para producir un drenaje ácido de la mina. El potencial de neutralización del mineral parece ser bajo y no se presenta información sobre ese potencial para ninguno de los desechos de la mina. Sin embargo, la información limitada sobre pruebas geoquímicas y los tipos de instalaciones de gestión de agua en la mina indican que el agua influenciada por la mina asociada con la roca estéril y los relaves será ácida con concentraciones elevadas de metales.

b. Resultados de muestras geoquímicas

Se necesitan pruebas geoquímicas del mineral, la roca estéril, los relaves y las paredes del tajo para determinar la generación de ácido y el potencial de lixiviación de contaminantes de los materiales extraídos que permanecerán en el sitio a perpetuidad. Los tipos más comunes de pruebas realizadas son las pruebas de contabilidad ácido-base (ABA) y la celda de humedad u otro tipo de prueba cinética a largo plazo. Las pruebas ABA proporcionarán una indicación del equilibrio general entre el potencial de neutralización de ácido y generación de ácido de los

desechos. Si el contenido de neutralización de ácido es menos de 2 o 3 veces al contenido de generación de ácido, los materiales se consideran potencialmente generadores de ácido. Las pruebas cinéticas estiman el potencial a largo plazo de que el ácido y otros contaminantes relacionados con la mina que son motivo de preocupación, incluidos los metales y el sulfato, sean lixiviados de los desechos mineros (Price, 2009; Maest et al., 2005). Estos resultados deben usarse para determinar las prácticas de manejo de desechos mineros, la necesidad de tratamiento de agua y los tipos de contaminantes a medir en las muestras de monitoreo de aguas superficiales y subterráneas.

Se realizaron pruebas geoquímicas, pero ninguno de los resultados de las pruebas numéricas se presenta en ningún documento de la mina disponible públicamente, incluidos los estudios de factibilidad para el proyecto original de 30 000 toneladas/día o los EIA para el proyecto ampliado a 60 000 toneladas/día. Por ejemplo, las pruebas de roca de pared realizadas por AMEC en 2004 incluyeron 99 muestras. En algunos lugares se describen los resultados generales de las pruebas. Un breve resumen en el EIA de explotación señaló que el contenido de azufre y la tendencia a producir ácido variaban, pero la mayoría de las muestras no tenían suficiente potencial neutralizante para evitar la formación de ácido (Cardno, 2014b, p. 4-7). El mismo EIA señaló que los desechos (roca procesada) contienen aproximadamente 2.38% de azufre (S), lo que implica que el drenaje del tajo abierto y de los botaderos será ácido (Cardno, 2014b, p. 4-64). El tajo producirá una gran cantidad de agua de drenaje de la mina (18.600 m³/día en condiciones “normales” que no están definidas y 30.000 m³/día para un evento de precipitación de 20 años); se estimó que el drenaje del tajo tenía un pH de 4 (Cardno, 2014b, p. 4-65). Cualquier valor de pH por debajo de 6 se considera ácido, y cada unidad de pH es 10 veces más ácida (Price, 2009).

Si bien no se presentan los resultados numéricos reales de las pruebas geoquímicas, no hay suficiente información disponible para confirmar que el material extraído en la mina Mirador generará ácido y lixiviará concentraciones elevadas de contaminantes relacionados con la mina, y que esta lixiviación ya ha afectado la calidad del agua dentro y alrededor de la mina (ver Sección V.2).

III. Ejemplos de fallas de relaveras y similitudes con la situación de Mirador

En los últimos ocho años, tres grandes fallas en relaveras han movilizó a empresas mineras y reguladores para mejorar los procedimientos y las reglamentaciones relacionadas con el diseño, construcción, operación y cierre de represas de relaves para intentar minimizar la ocurrencia de estas fallas (ICMM-UNEP-PRI, 2020). La sociedad civil y las comunidades también se han movilizó porque generalmente sufren los impactos de estas fallas de represas de manera más directa, incluida la pérdida de vidas, hogares y medios de subsistencia. Ellas también han desarrollado recomendaciones para agregar a las desarrolladas por la industria minera y los reguladores (Morrill et al., 2022). Las recomendaciones de la sociedad civil/comunidad enfatizan la seguridad, mientras que las recomendaciones de la industria modifican el enfoque existente

para gestión de relaves de una manera que intenta equilibrar las consideraciones económicas y de seguridad.

1. Fallas estáticas de relaveras y errores de gestión

Dos de estas catastróficas fallas en represas de relaves ocurrieron en Brasil y una en Canadá. Todas estas fallas se denominan fallas "estáticas". Es decir, las represas fallaron debido a una acumulación de presión dentro de la represa y sus cimientos, sin que se aplicara ninguna fuerza externa (como un terremoto o una inundación). Las fallas estáticas son muy difíciles de predecir. Para evitar fallas estáticas, se requiere una combinación de buen diseño y construcción y un monitoreo cuidadoso que detecte cualquier cambio no planificado en la presa.

a. Falla de relavera Brumadinho, Brasil

La falla de la relavera en la mina Córrego do Feijão, Brumadinho, Brasil, el 25 de enero de 2019 (Figura 4), ocurrió durante el mediodía cuando los empleados trabajaban activamente en la mina (Robertson et al., 2019). La presa colapsó casi instantáneamente. No hubo advertencias de los instrumentos que monitoreaban la presa, a pesar de que la presa estaba bien instrumentada. No había señales visuales de que la presa estuviera a punto de colapsar. Sin embargo, se sabía que el sistema de drenaje de la presa no funcionaba correctamente y los empleados que trabajaban en la presa intentaban evaluar y solucionar estos problemas. Según Robertson et al. (2019), la causa



Figura 4. Falla de Brumadinho, Brazil, 18 segundos después del inicio

Source: Robertson et al., 2019.

inmediata de la falla fue la licuefacción estática, que fue provocada por fuertes lluvias. Los aspectos comunes entre los sitios de Mirador y Brumadinho son (1) terraplenes empinados (2) construcción con el método “aguas arriba” y (3) exceso de agua detrás de la represa.

Las oficinas de los empleados y la cafetería estaban ubicadas directamente aguas abajo de la represa, y muchos empleados estaban almorzando en el momento de la falla de la represa. Un total de 270 personas murieron como consecuencia de este accidente, la mayoría de ellos empleados de la mina. El flujo de lodo destruyó la ciudad de Brumadinho, propiedades rurales cercanas, así como secciones de un puente ferroviario. Las áreas agrícolas en el valle debajo de la presa también resultaron dañadas por la falla. Los sedimentos en suspensión de los relaves se desplazaron a lo largo de 600 kilómetros y llegaron al Océano Atlántico.

b. Falla de relavera Fundão, Minas Gerais, Brazil (Samarco)

La represa de relaves de Fundão en Minas Gerais, Brasil, propiedad de la empresa minera Samarco, falló el 5 de noviembre de 2015 (Morgenstern et al., 2016). Al igual que la presa de Brumadinho, no hubo ninguna advertencia de la instrumentación de la falla inminente. Y al igual que Brumadinho, se sabía que el sistema de desagüe de la represa no funcionaba bien y se seguía trabajando para corregir esa deficiencia cuando la represa se rompió. El accidente resultó en la muerte de 19 personas, incluidas 14 que trabajaban en la relavera en ese momento. El vertido de residuos también llegó al Océano Atlántico. La causa inmediata fue la licuefacción estática provocada por un sismo menor (Morgenstern et al., 2016). Las similitudes importantes entre las represas Samarco y Mirador son: (1) construcción con el método “aguas arriba” (2) caracterización inadecuada de los cimientos (materiales geológicos subyacentes).

c. Falla de relavera Mount Polley, British Columbia, Canadá

La falla de la represa en Mount Polley, Columbia Británica, Canadá, el 4 de agosto de 2014, ocurrió en la noche cuando solo unos pocos empleados de la mina estaban en el sitio (Panel de Investigación y Revisión de Expertos Independientes de Ingeniería, 2015). No había residencias río abajo y el accidente no resultó en muertes. Pero al igual que las fallas de las represas en Brumadinho y Fundão, no hubo una advertencia visual o de la instrumentación de la represa de que la falla era inminente. La causa inmediata de la falla fue la falla de los cimientos seguida de un desbordamiento (Panel de investigación y revisión de expertos independientes en ingeniería, 2015). Las similitudes importantes entre las represas Mirador y Mount Polley son: (1) caracterización inadecuada de los cimientos (2) construcción con el método “aguas arriba” (3) falta de adherencia al diseño (4) exceso de agua (4) terraplenes demasiado empinados. Knight Piésold fue el ingeniero de registro de la mina Mirador y también fue el ingeniero de registro en Mount Polley durante las etapas de diseño, obtención de permisos y operación de 1995 a 2011. En marzo de 2011 se llevó a cabo un traspaso formal de las responsabilidades de diseño, construcción y monitoreo cuando AMEC Earth and Environmental se convirtió en el nuevo ingeniero de registro. Knight Piésold declaró que la falla de los relaves de Mount Polley ocurrió con una cantidad sustancialmente mayor de agua en el embalse en el momento de la ruptura que cuando eran los ingenieros de registro.¹

2. Fallas dinámicas de relaveras

Además de las fallas estáticas, las presas también están sujetas a fuerzas de falla “dinámicas” (Vick, 1990; Hall et al., 2022). Una fuerza dinámica es un terremoto, que puede sacudir una estructura con suficiente energía como para colapsar, al igual que un edificio puede colapsar bajo la sacudida de un terremoto y al igual que los edificios, algunos diseños de represas resisten mejor los temblores que otros, al igual que un edificio de acero puede soportar los temblores de un terremoto mejor que un edificio de ladrillos. El agua es otra fuerza dinámica. Las represas no están diseñadas para ser rebasadas por agua en movimiento. Si se desborda, la presa en sí puede erosionarse y permitir que grandes cantidades de relaves se liberen del embalse. Los terremotos y

¹ <https://knightpiesold.com/en/news/articles/statement-by-knight-piesold-ltd-regarding-the-mount-polley-mining-incident/>

las inundaciones son dos fuentes principales de fallas en las presas de relaves, y la mina Mirador se encuentra en un área de muy alto riesgo de terremotos y grandes inundaciones.

Tanto las fallas estáticas como las dinámicas de las presas están influenciadas por el tipo de construcción de la presa. A diferencia de las represas de retención de agua (es decir, represas de suministro y almacenamiento de agua), que son esencialmente construcciones de tipo “aguas abajo”, las represas de relaves pueden utilizar los propios relaves como apoyo parcial para la represa. Hay tres tipos básicos de construcción: aguas arriba, aguas abajo, y línea central, como se muestra en la Figura 5. La construcción de tipo aguas abajo es estadísticamente la más segura.

La construcción de presas tipo línea central utiliza los relaves como soporte horizontal y es significativamente menos costosa de construir porque solo se requiere la mitad del material que se usaría para la construcción tipo aguas abajo. El historial de seguridad de la construcción de presas de línea central no es tan bueno como el de la construcción de tipo aguas abajo, pero sigue siendo relativamente seguro. La construcción de presas de tipo aguas arriba utiliza los mismos relaves como soporte vertical. Las represas de tipo aguas arriba tienen el peor historial de seguridad, pero también son las menos costosas de construir.

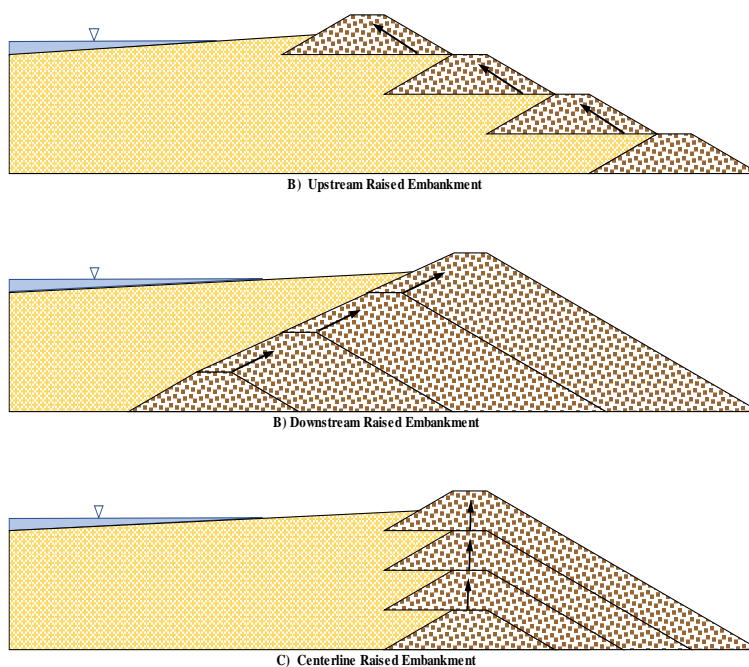


Figura 5. Tipos de construcción (de Vick 1990): (a) aguas arriba, (b) aguas abajo (c) línea central

Relavera de la mina Mirador e incertidumbre de gestión de relaves, desechos, y agua

En este momento, no sabemos con certeza qué tipo de construcción se utilizó para las presas Quimi y Tundayme. La mayoría de las agencias reguladoras ponen esta información a disposición del público, pero esta información no está disponible públicamente para la mina Mirador.

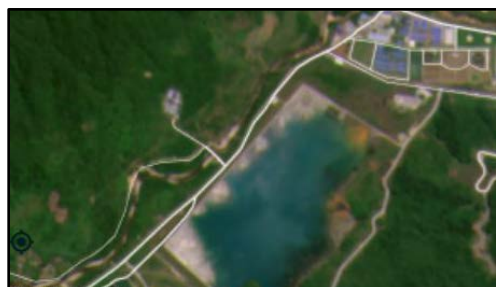


Figura 6. Relavera Quimi saturada en junio 2020

Source: Imagery © 2022 Planet Labs Inc.

Parece que la mina actualmente está cambiando de usar la instalación de relaves (TDF en inglés) de Quimi a usar la TDF de Tundayme. No está claro si el TDF de Quimi se cerrará o si se mantendrá en estado operativo como respaldo en caso de que haya problemas con el TDF de Tundayme. Sería más seguro cerrar la relavera

Quimi porque una instalación activa normalmente tendrá agua estancada en su superficie, lo que hace que la relavera sea intrínsecamente menos estable debido al volumen de material saturado (Figura 6).

También es importante conocer los detalles de construcción y los planes de cierre de la relavera Tundayme. Tal como está planificado actualmente, la relavera Tundayme será una de las represas más grandes del mundo. La fotografía de la derecha ofrece una perspectiva del tamaño de la instalación de disposición de relaves.

Las torres en construcción en la foto (Figura 7) son las estructuras que drenarán el agua de la parte superior del estanque de relaves y la devolverán para ser utilizada en el molino. En otras palabras, la parte superior de la relavera estará ligeramente por debajo de la altura de la parte superior de las torres de decantación. A



Figura 7. Torres de decantación en construcción. La torre en la parte inferior izquierda parece estar operativa. Las torres más altas en la ladera son para uso futuro. Finales de mayo de 2022. Fuente: proveedor local

medida que se llena el estanque de relaves, el punto de drenaje debe moverse a mayor altura. A medida que cada torre de drenaje es enterrada por relaves, la próxima torre de drenaje más arriba comenzará a funcionar. El agua podría bombearse desde una barcaza flotante, evitando los costos de construcción de estas torres de drenaje, pero los costos de bombeo a largo plazo probablemente sean más altos que los costos de construcción de las torres de drenaje, que pueden usar la gravedad para mover el agua de regreso al molino.

Además de la incertidumbre sobre los métodos de construcción de represas utilizados para las represas Quimi y Tundayme, también se desconocen los enfoques actuales de gestión de relaves y agua aplicados por ECSA. Esto es especialmente importante para la gran relavera de Tundayme.

En resumen, la gestión y las características inherentes del sitio resaltan lo que las relaveras de Mirador tienen en común con las tres grandes fallas de la última década:

- Falta de adherencia al diseño (Mirador, Mount Polley)
- Probable construcción aguas arriba (Mirador, Monte Polley, Samarco, Brumadinho)
- Terraplenes demasiado empinados (Mirador, Monte Polley, Brumadinho)

- Inadecuada caracterización de la cimentación (Mirador, Monte Polley, Samarco)
- Sismicidad (Mirador, Samarco)
- Fuertes lluvias (Mirador, Brumadinho)
- Exceso de agua detrás de la represa (Mirador, Monte Polley, Brumadinho).

Las fallas catastróficas de las represas de relaves son eventos de baja probabilidad y altas consecuencias. Como han demostrado los fracasos en Brasil y Canadá, estos fracasos pueden resultar en la pérdida de muchas vidas y la destrucción generalizada de hogares y medios de subsistencia. Comprender los impactos potenciales y poner en marcha planes para brindar la mayor cantidad de advertencia posible en caso de una falla de este tipo son partes importantes de la planificación de la mina y la protección y comunicación con la sociedad civil local.

IV. Comunidades vulnerables aguas abajo

1. Comunidades ubicadas en el área de operaciones del proyecto Mirador, en la provincia de Zamora Chinchipe

La explotación de la Mina Mirador, que es operada por la empresa Ecuacorriente SA, del consorcio chino Tongling Nonferrous Metals Group Holdings & China Railway Construction Corporation, Ltd (CRRC), está afectando directamente a las veredas de Tundayme y El Güismi del Pangui (cantón), en la provincia amazónica de Zamora Chinchipe, porque estos pueblos están en el centro de las concesiones y operaciones mineras. La información de esta sección ha sido proporcionada por Acción Ecológica y CEDHU, quienes son co-demandantes en el caso de la CIDH.

La operación minera ha impactado directamente y continúa impactando a la comunidad Yanúa Kim Shuar, los centros Churuwia y Etsa Shuar, el centro San Carlos de Numpaim Shuar, fincas y propiedades en San Antonio y Santa Cruz, el Valle de Quimi, El Quimi, Machinaza Alto, Chuchumletza, Remolino 2, y más comunidades y centros poblados.

La ubicación de las comunidades directamente afectadas por la Mina Mirador se muestra en la Figura 8. Además, la creación del desvío en la cabecera del Río Tundayme aguas arriba de la Mina Mirador (ver Figura 2: Dique de Desvío Tundayme y Túnel de Desvío) trae agua adicional al río Machinaza y amenaza a las comunidades a lo largo del Machinaza con un mayor riesgo de inundación.

a. Desplazamientos y desalojos

Uno de los principales efectos ha sido el desplazamiento forzado y desalojo de más de 30 familias campesinas e indígenas (en muchos casos, desalojos violentos), de las veredas Tundayme y El Güismi, ocurrido durante los primeros 15 años de la década del 2000. Estas acciones incluyen la desaparición del poblado de San Marcos y los efectos adversos al pueblo de Tundayme, el desplazamiento forzado de sus 19 familias y la destrucción de su infraestructura (escuela, espacios comunitarios, iglesia). Los cultivos, los bosques, las casas y los ríos se han transformado para las operaciones mineras.

Este proceso de desalojo de familias sigue avanzando mientras el consorcio chino intensifica sus operaciones mineras para alcanzar la producción de 60.000 ton/día de mineral.

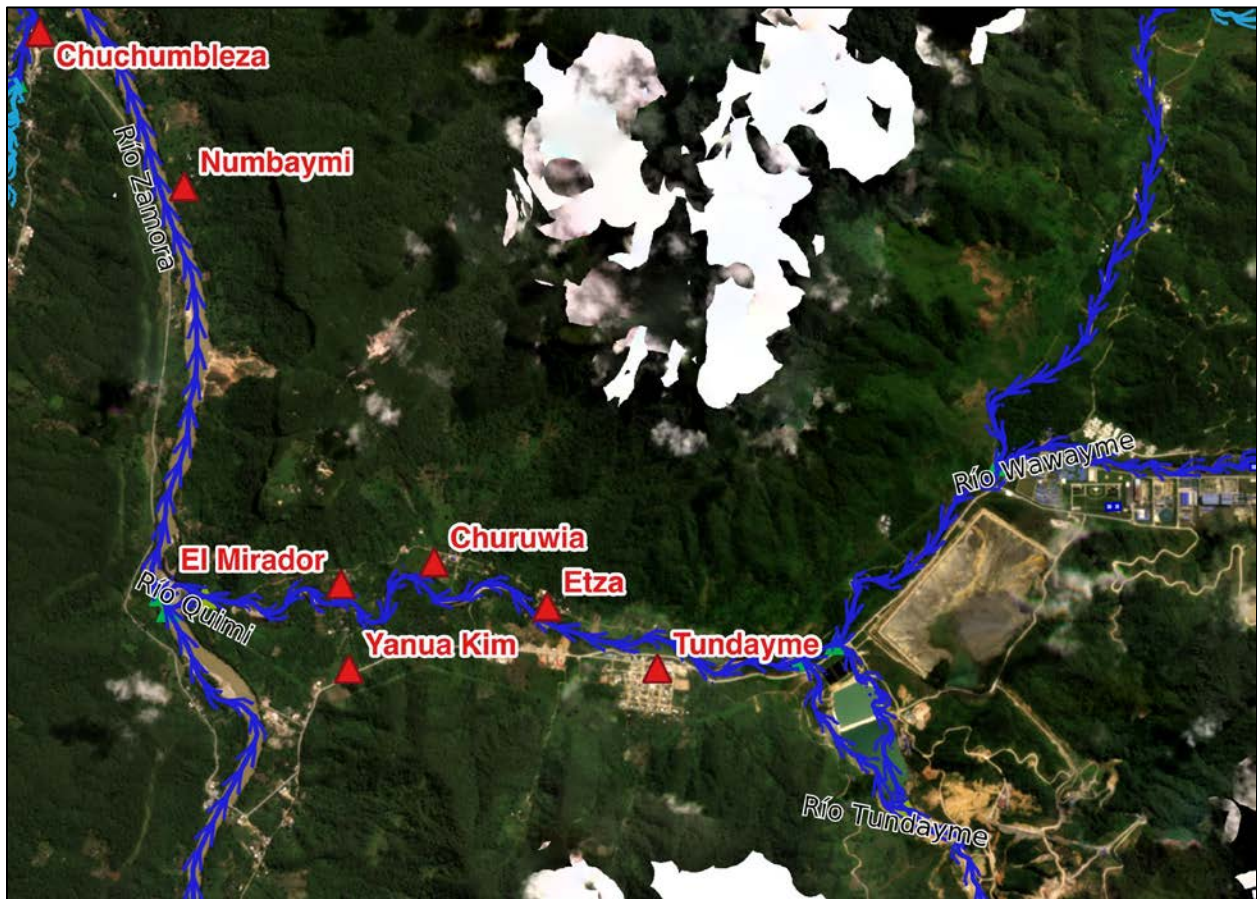


Figura 8. Ubicación de las comunidades aguas abajo de la Mina Mirador a lo largo del río Quimi y cerca del río Zamora

Fuente: Cliff Jones, Planet Labs Inc remote sensing images.

b. Destrucción de actividades autosuficientes

Las comunidades que permanecen en las áreas aledañas al proyecto, en su mayoría indígenas, ya no pueden realizar sus actividades económicas y sociales, incluyendo agricultura, ganadería, silvicultura y aprovechamiento forestal, debido a la destrucción y contaminación de bosques, suelos y ríos. Como resultado de la contaminación de los ríos Tundayme y Wawayme, no pueden utilizar sus aguas para consumo humano, abrevadero, pesca, rituales o recreación, como lo han hecho tradicionalmente. Sus cultivos de autosostenimiento han sido destruidos por remoción de suelo, contaminación y desbordamiento de cursos de agua – dejándolos sin otro sustento económico posible que la dependencia de trabajar para la empresa minera.

2. Explotación minera que pone en riesgo a la provincia de Morona Santiago

Las comunidades y pueblos mencionados no son los únicos afectados, las repercusiones de la intensificación minera y el aumento de los desechos tóxicos amenazan con contaminar suelos,

bosques y fuentes de agua de las comunidades, y pueblos en su mayoría indígenas y campesinas ubicadas en el curso del río Zamora (en la provincia de Morona Santiago) a donde llegan las aguas del río Quimi y sus afluentes (ubicados en el centro de operaciones mineras de Tundayme). Además, existe el potencial peligro inminente de una ruptura de las relaveras del proyecto Mirador que daría lugar a un derrame hacia la confluencia de los ríos Zamora y Santiago.

En otras palabras, el impacto de Mirador implica un gran territorio multiétnico (indígenas Shuar y campesinos), ubicado tanto en la provincia de Zamora Chinchipe como en la colindante provincia de Morona Santiago, en lo que constituye la Cordillera del Cóndor. Las comunidades aguas abajo en riesgo de una falla de relaveras incluyen las que se muestran en la Figura 8 y las comunidades a lo largo del río Zamora hasta la confluencia con el río Santiago, como se muestra en la Figura 9.

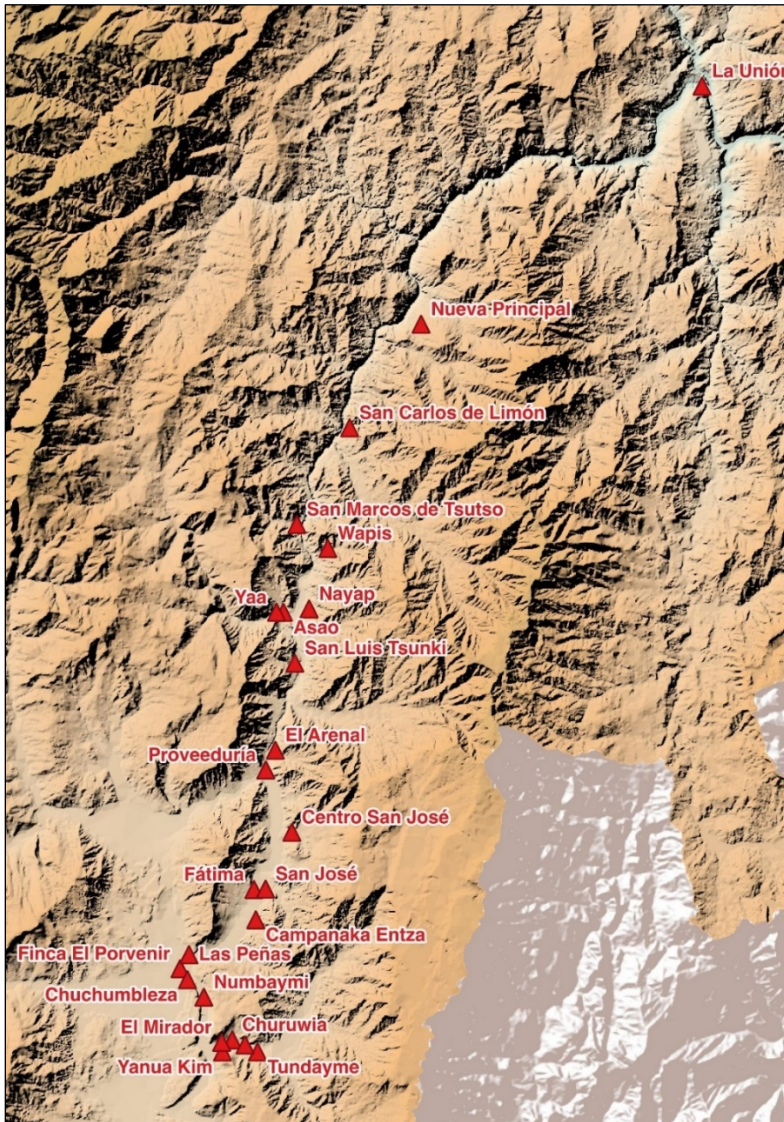


Figura 9. Ubicación de las comunidades afectadas por una posible falla de relaveras en la mina Mirador
Fuente: Cliff Jones, Open Street Map; base map from the Instituto Geografico Militar

El Anexo 2 contiene una lista preliminar de Tarquino Cajamarca, abogado de Morona Santiago y exdirector provincial de la Defensoría del Pueblo, de las comunidades preocupadas por los impactos ambientales, impactos de seguridad y otros impactos sociales de la Mina Mirador. La lista no es una lista completa de las comunidades potencialmente afectadas; es el resultado de las preocupaciones locales expresadas en entrevistas. Las comunidades que se muestran en las Figuras 8 y 9, y las comunidades a lo largo del Río Machinaza aguas abajo del túnel de desvío, del río Tundayme pueden proporcionar una visión más completa de las comunidades potencialmente afectadas.

3. Características socioecológicas de la Cordillera del Cóndor que se encuentran seriamente amenazadas

La información de esta sección está tomada de Acción Ecológica (2021). El área y función ecológica son parte integral de las comunidades indígenas.

a. Área biodiversa compartida entre Ecuador y Perú

La Cordillera Del Cóndor, donde se ubica el proyecto Mirador, forma parte de las estribaciones orientales de los Andes y tierras amazónicas ecuatoriano-peruanas. La superficie de esta cordillera es de 1,1 millones de hectáreas, de las cuales 700.000 se encuentran en Ecuador y 400.000 en Perú.

Esta cordillera es representativa de la megadiversidad del Ecuador. Cuenta con 16 ecosistemas ubicados entre los 800 y 1680 metros sobre el nivel del mar. Su peculiar geografía y topografía han dado lugar a nichos biológicos únicos. Ha sido catalogado como prioritario para la conservación de flora y aves de alta biodiversidad y endemismo. Hay diversidad de mamíferos en hábitats sui géneris.

Varios sitios de la Cordillera del Cóndor han sido incorporados al Sistema Nacional de Áreas Protegidas y Bosques Protectores. Entre ellos, el Refugio de Vida Silvestre El Zarza, el Parque Binacional El Cóndor, la Reserva Biológica El Quimi, el Bosque Protegido Cordillera del Cóndor y el Bosque Protegido Cuenca del Río Nangaritzza. Estos lugares están protegidos por la Constitución (Arts. 405 y 407) por sus funciones ecológicas y por ser claves para la conservación de la biodiversidad y el patrimonio genético.

b. Generación de riqueza hídrica que alimenta la cuenca amazónica

La Cordillera del Cóndor es clave para los sistemas hídricos de la Amazonía y sus bosques. Los manantiales y ríos que nacen en esta cordillera contribuyen a la formación de grandes ríos como el Zamora, el Santiago (en Ecuador) y el Marañón (en Perú). Las fuentes de agua que se originan y fluyen por donde opera el proyecto se ven severamente afectadas en esta primera etapa de explotación del cobre (Ministerio del Ambiente, 2015). El mismo riesgo corren las más de 200 fuentes y nacimientos de agua, que según la Contraloría del Estado de Ecuador se encuentran dentro del área de impacto del proyecto (Contraloría, 2012).

c. Ecosistemas necesarios para el equilibrio ambiental del planeta

Zamora Chinchipe y Morona Santiago son provincias amazónicas y, según la Constitución (Art. 250), forman parte de un ecosistema mayor necesario para el equilibrio ambiental del planeta.

d. Zona histórico-social de las culturas antiguas

En Tundayme, que se encuentra en el área del proyecto Mirador (así como en áreas contiguas), según estudios arqueológicos se evidencian paisajes culturales configurados por andenes prehispánicos con cerámica corrugada que forman parte del complejo de la Selva Alta Amazónica.

e. Territorio ancestral del Pueblo Shuar

La Cordillera del Cóndor cruza los límites políticos de Ecuador a Perú y constituye el territorio ancestral de la nacionalidad Shuar, conocida como "gente de las cascadas sagradas", que mantiene un conocimiento acumulado sobre bosques y ríos, conservación y usos de alimentos, plantas medicinales, especies artesanales, en la que se basa la conservación del patrimonio genético de los dos países

V. Preocupaciones relacionadas con la falla de las instalaciones de la mina y la falta de planes adecuados

Las preocupaciones ambientales y de salud humana más importantes relacionadas con la mina y sus operaciones son la falla de las represas de relaves y los impactos negativos en la calidad del agua. Con base en la información disponible, en esta sección se analizan las posibilidades de falla de las presas de relaves y los impactos en la calidad del agua. Las instalaciones de la mina se muestran en la Figura 2. Con base en la información disponible, el monitoreo del sitio, los planes de cierre y la garantía financiera son inadecuados para proteger, prevenir, minimizar o mitigar los efectos adversos de la operación de la mina. Además, el gobierno de Ecuador tiene una experiencia extremadamente limitada en la regulación de minas a gran escala. De hecho, la Mina Mirador es la primera operación minera a gran escala que ha experimentado el país.

1. Potencial de falla de las relaveras en Mirador

El tema central que está impulsando la alta probabilidad de falla de las relaveras en la mina Mirador es la falta de cumplimiento de los análisis, diseños, propuestas y permisos. De hecho, debido a las numerosas contradicciones dentro del EIA de 2014 de Cardno (2014a-b), es difícil saber cuáles fueron los diseños y propuestas reales. Por ejemplo, aunque en algunos lugares se discute el uso de la represa Quimi durante los primeros años del proyecto, seguido del uso de la represa Tundayme (Capítulo 5: Alternativas Estudiadas, de Cardno, 2014a) evalúa claramente las represas Quimi y Tundayme como dos alternativas mutuamente excluyentes, en las que los costos, impactos ambientales y demás aspectos se evaluaron por separado para cada alternativa. Debido a que ambas instalaciones de almacenamiento de relaves han sido construidas, es imposible determinar los planes reales de la mina Mirador y cuáles de esos planes han sido sujetos al tipo de análisis riguroso que llevó a cabo Knight-Piésold (2007) solo por la relavera Quimi.

a. Las pendientes de la represa son demasiado empinadas

Aunque todos los análisis, diseños, propuestas y permisos previos para la presa Quimi especificaron una pendiente de terraplén exterior de 1V:2H (un metro vertical por dos metros horizontales), el terraplén exterior de la presa Quimi se construyó con una pendiente mucho más

pronunciada de 1V :1H (ver Fig. 17 en Emerman (2019); Anexo 1). La pendiente de 1V:2H para la represa Quimi se asumió en los análisis de estabilidad sísmica de Knight-Piésold (2007) (ver Fig. 10 en Emerman (2019); Apéndice 1) y se especificó en los Estudios de Impacto Ambiental de 2010 y 2014 (Científicos e ingenieros de Walsh, 2010a-b; Cardno, 2014a-b). En comparación, el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los EE. UU. (2000) y Safety First: Guidelines for Responsible Mine Tailings Management (Morrill et al., 2022) exigen exteriores de represas con una inclinación no superior a 1V:5H. Para las presas de relaves construidas con el método aguas arriba, la Comisión Europea recomienda pendientes no superiores a 1V:3H (Garbarino et al., 2018), mientras que un documento de la industria ampliamente citado recomienda pendientes no superiores a 1V:4H (Martin et al., 2002).). Muchas jurisdicciones, como la de Columbia Británica en Canadá, exigen que las pendientes exteriores de las represas de relaves no tengan una pendiente superior a 1V:2H (Ministerio de Energía y Minas (Columbia Británica), 2016). De hecho, una pendiente de 1V:1H generalmente se considera como el ángulo crítico máximo para la prevención de fallas por erosión interna, el proceso por el cual la filtración a través de la presa arrastra las partículas sólidas, de modo que la presa pierde su integridad estructural (Holtz et al., 2011; LePoudre, 2015). Por lo tanto, la represa de Quimi debe considerarse como temporal en la cúspide de una falla.

b. Métodos de construcción de represas en comparación con los planes.

En el método de construcción aguas arriba, la presa de relaves se construye sobre los relaves no compactados que se están confinando (consulte la Fig. 5a en Emerman (2019); Anexo 1). Este método de construcción es el menos costoso porque requiere la cantidad mínima de material de construcción, pero también es el más peligroso porque, si los relaves subyacentes se licuan, la presa puede fallar simplemente al caer o deslizarse sobre los relaves licuados. El método aguas abajo es el más costoso porque requiere la mayor cantidad de material de construcción, pero es el más seguro porque no hay relaves sin compactar debajo de la presa (ver Fig. 5b en Emerman (2019)). El método de la línea central es un balance entre los métodos aguas arriba y aguas abajo, tanto en términos de costo como de seguridad (consulte la Fig. 5c en Emerman (2019)). El método de construcción aguas arriba ha sido prohibido en Brasil (ANM, 2019), Chile (Ministerio de Minería (Chile) [Ministerio de Minería (Chile)], 2007), Ecuador (Ministerio de Energía y Recursos Naturales no Renovables [Ministerio de Energía y Recursos naturales no renovables] (Ecuador), 2020), y Perú (Sistema Nacional de Información Ambiental (Perú) [Sistema Nacional de Información Ambiental (Perú)], 2014). Ecuador ha ido más lejos que los demás países al preferir el método de aguas abajo y permitir el método de la línea central solo en circunstancias especiales. Según el Ministerio de Energía y Recursos Naturales no Renovables (2020), “Está prohibido el uso del método aguas arriba. De forma normalizada, el método de construcción será aguas abajo, incluido el dique de arranque. Se aprobará el método de construcción de línea central en los casos en que la morfología o espacio del terreno no permita el crecimiento aguas abajo, únicamente y cuando reúna condiciones favorables para la estabilidad física del depósito de relaves.”

El análisis de estabilidad sísmica de Knight-Piésold (2007) se realizó suponiendo que la presa de Quimi se construiría utilizando el método de la línea central (compárense las Figs. 5c y 10 en Emerman (2019; Apéndice 1)). El primer EIA también declaró explícitamente que la represa de

Quimi se construiría utilizando el método de la línea central (Walsh Scientists and Engineers, 2010a-b). Aunque los métodos de construcción nunca se establecieron explícitamente en el segundo EIA (Cardno, 2014a), la discusión de las capas impermeables para las represas Quimi y Tundayme dejó en claro que el método de construcción aguas arriba no estaba previsto, ya que el uso del método aguas arriba no proporcionaría ningún lugar para colocar esas capas (Emerman, 2019; Apéndice 1). Una característica particular del método aguas arriba es que el borde aguas abajo del dique inicial marca la extensión máxima aguas abajo de la presa de relaves (ver Fig. 5a en Emerman (2019); Apéndice 1). Por lo tanto, la ubicación del borde aguas abajo del dique inicial en el borde de la carretera (ver Fig. 16 en Emerman (2019); Apéndice 1) indica la intención de construir toda la presa utilizando el método aguas arriba más peligroso. No es posible avanzar más el borde del dique de las relaveras en dirección río abajo sin cubrir la carretera, y al otro lado de la carretera está la fuerte pendiente que baja al Río Quimi. En resumen, la represa de Quimi parece haber sido construida usando el método aguas arriba, que tiene la mayor probabilidad de fallar y que ahora está prohibido en Ecuador por ser muy inseguro.

Una característica común del uso del método de construcción aguas arriba y la inclinación excesiva de los terraplenes utilizados para la represa de relaves de Quimi es que ambos minimizan la cantidad requerida de material de construcción para las presas de relaves. Por lo tanto, ambas desviaciones de los análisis, diseños, propuestas y permisos previos podrían haber resultado de una falta imprevista de material de construcción. La falta de material de construcción apropiado y legalmente disponible también sería consistente con la extracción ilegal de roca de río (Quishpe Lozano et al., 2018; ver Fig. 20 en Emerman (2019)). Según Quishpe Lozano et al. (2018), “Aquí se realizaba la extracción de material pétreo en una porción del río Tundayme. Al igual que en los ríos Quimi y Wawayme, la extracción de material pétreo en esta zona no se realiza dentro de ninguna concesión minera para la explotación de áridos y pétreos ... Cabe resaltar que en la revisión realizada al Catastro Minero nacional no se registran títulos mineros para la explotación de material pétreo dentro del proyecto Mirador en la zona antes mencionada” Es alarmante que la inclinación del terraplén exterior y el cambio de la línea central al método aguas arriba como resultado de la falta de material de construcción fue la secuencia exacta de eventos que llevaron a la falla de la presa de relaves en la mina Mount Polley en Canadá en 2014 (Panel de investigación y revisión de expertos independientes en ingeniería, 2015). De hecho, otra característica común es la falta de caracterización de la cimentación, que, en el caso de la mina Mount Polley, habría indicado que la pendiente del terraplén daría lugar a la falla de la cimentación (Panel de Investigación y Revisión de Expertos Independientes de Ingeniería, 2015).

c. Probabilidad de falla de relavera Mirador

En este punto, es apropiado considerar la probabilidad de falla de las presas de relaves en algún momento durante los 30 años de vida del proyecto Mirador. Knight-Piésold (2007) definió el OBE como el terremoto con un período de retorno de 475 años, lo que equivale a una probabilidad de excedencia anual de 0,21% y una probabilidad de excedencia durante los 30 años de vida del proyecto de 6,13%. Dado que Knight-Piésold (2007) también mostró que la represa Quimi fallaría en el caso de un OBE, lo anterior establece la probabilidad de falla durante

la vida del proyecto en 6.13%. Si se aplica el mismo análisis a las represas Quimi y Tundayme, entonces la probabilidad de falla de al menos la represa de relaves debido a un sismo durante la vida del proyecto es de 11.88%. Además, las presas de relaves han sido diseñadas para resistir una inundación de 500 años (Cardno, 2014a), lo que corresponde a una probabilidad de excedencia anual de 0.20%, contrario a Knight-Piésold (2007), quien recomendó el diseño para la Inundación Máxima Probable (PMF en inglés), que no tiene un período de retorno definido, pero que se considera significativamente más raro que una inundación de 10.000 años (USACE-HEC, 2003). Con base en la probabilidad anual de falla debido a inundaciones, la probabilidad de falla de una sola relavera durante la vida del proyecto es del 5,83 %, lo que lleva a una probabilidad de falla de cualquiera de las relaveras debido a inundaciones del 11,32 % durante la vida útil del proyecto. En resumen, la probabilidad de falla de cualquiera de los diques de las relaveras debido a terremotos o inundaciones durante la vida del proyecto es de 21,85%.

Sin embargo, además de los factores físicos anteriores, se deben tener en cuenta los siguientes factores humanos:

- 1) El análisis de estabilidad sísmica supuso que la altura máxima de la presa sería de 63 metros (aunque la presa de Tundayme tendrá una altura de 260 metros).
- 2) El análisis de estabilidad sísmica supuso una construcción en línea central (aunque la represa Quimi probablemente utiliza una construcción aguas arriba).
- 3) El análisis de estabilidad sísmica supuso una pendiente exterior de 1V:2H (aunque la presa Quimi tiene una pendiente exterior de 1V:1H y la pendiente de diseño para el exterior de la represa Tundayme es 1V:1.5H).
- 4) El análisis de estabilidad sísmica no se realizó para la pendiente mucho más pronunciada del sitio de Tundayme (el valle de Quimi tiene una pendiente del 7 % hacia el río Quimi, mientras que el valle de Tundayme tiene una pendiente del 13 % hacia el río Quimi).
- 5) No se ha realizado un estudio de fallas geológicas locales ni de sismicidad.
- 6) No se ha realizado ningún estudio de cimentación en el sitio de Tundayme.
- 7) No se ha evaluado el riesgo de deslizamientos ni la alta tasa de erosión en la zona.
- 8) El diseño de la inundación en el lapso de 500 años no tuvo en cuenta el cambio climático.
- 9) Aparentemente no hay compromiso de construir y operar las relaveras de acuerdo con los análisis, diseños, propuestas y permisos.

Con base en las consideraciones anteriores, la probabilidad de falla de una o ambas relaveras en la mina Mirador en algún momento durante o después de la vida del proyecto es tan alta que debe tratarse como inevitable en términos de monitoreo, gestión y control de la mina. Cabe recordar que el riesgo de fallas no termina después de que finaliza el proyecto y que las relaveras y su peligrosidad continúan a perpetuidad. El riesgo a largo plazo es especialmente agudo, considerando que el plan parece ser mantener los relaves en un estado saturado a perpetuidad. Knight-Piésold (2007) escribió que “la clasificación de la superficie posterior al cierre garantizará que los relaves más limpios permanezcan saturados a perpetuidad.” Tanto el EIA de 2010 como el de 2014 usaron exactamente el mismo lenguaje para confirmar que una cubierta de agua permanente sobre los relaves proporcionará condiciones de anoxia, lo que evitará la

generación de agua ácida, manteniendo las condiciones neutrales del lago (Walsh Scientists and Engineers, 2010b; Cardno, 2014a). Ciertamente no existe un plan para llevar a cabo el monitoreo, inspección y mantenimiento de las presas de relaves a perpetuidad. Según Andrews et al. (2022), “Donde se emplea la eliminación subacuática de relaves detrás de represas construidas, la responsabilidad por la seguridad de la represa asociada con el mantenimiento de los relaves en una condición inundada también permanece... Una represa que retiene una grane piscina de agua es intrínsecamente menos segura que un terraplén que no... no hay un precedente demostrado para el legado de inmersión permanente que se está construyendo hoy.”

2. Impactos en la calidad del agua por una falla basada en la calidad del agua actual

Como se señaló en la Sección II, se sabe que los desechos y materiales extraídos de Mirador tienen un elevado potencial de drenaje ácido y lixiviación de contaminantes, en gran parte debido a la presencia de sulfuros metálicos en el mineral y los desechos. Además de los componentes geogénicos contenidos en los propios materiales extraídos (p. ej., metales, azufre de minerales), se agregan agentes de voladura para eliminar el mineral y la roca estéril del tajo. El tipo más común de agente de voladura es el nitrato de amonio-combustóleo (ANFO), que genera concentraciones elevadas de amoníaco y nitrato durante la extracción y durante algún tiempo después de que se detiene la extracción (Ministerio de Medio Ambiente y Estrategia de Cambio Climático, 2018). A diferencia de los residuos de los agentes de voladura, las concentraciones de contaminantes geogénicos como metales y sulfatos no disminuyen después de que cesa la minería sin una inversión significativa en medidas de mitigación efectivas. Por lo tanto, las aguas subterráneas y superficiales aguas abajo contendrán concentraciones elevadas de metales, sulfato, acidez, nitrato, amoníaco (el amoníaco es más común en las aguas subterráneas y de mina) y otros componentes como resultado de la minería. El agua de la mina retenida y creada en las instalaciones, incluida el agua arrastrada en los relaves y la roca estéril, y el sobrenadante del estanque de relaves también contendrá estos contaminantes de la mina. Cuando se rompe una presa de relaves o se produce una liberación incontrolada de agua del embalse de almacenamiento de drenaje ácido, la calidad del agua aguas abajo y pendiente abajo también se verá afectada por el agua influenciada por la mina.

El Estudio de Factibilidad de 2008 (Corriente Resources, Inc. 2008, p. 5), que se creó para la operación más pequeña de 30 000 ton/día, enumeró los mayores riesgos para el manejo de relaves. Durante las operaciones en curso, se considera que los mayores riesgos para la gestión de relaves son:

- (1) falla del (de los) botadero(s) de residuos aguas arriba de la relavera Quimi;
- (2) drenaje de roca ácida que se desarrolla en el(los) vertedero(s) de desechos y que afecta la calidad del agua del sitio;
- (3) ruptura o fuga de las tuberías y estación de bombeo que se establecen en el corredor del Río Quimi y
- (4) falla del cruce del puente sobre el cual se llevan estos ductos a través del Río Zamora a la relavera Panguí.”

La lista de los mayores riesgos para la gestión de relaves reconoce algunos de los riesgos que han tenido y seguirán teniendo un impacto negativo en la calidad del agua. Sin embargo, lo que es

más importante, la lista no incluye la posible falla de una o ambas presas de relaves, como se analiza en la Sección V.a. Desde que se publicó el Estudio de factibilidad de 2008, el aumento en el volumen y la extensión geográfica de las rocas de desecho ha aumentado considerablemente la cantidad de drenaje ácido de rocas y el impacto en la calidad del agua del sitio. Se ha construido un puente sobre el río Zamora, pero actualmente no existe la instalación de disposición de relaves de Panguí. En cambio, se creó la relavera Tundayme, mucho más grande (que el embalse de Quimi), ubicado pendiente arriba de la relavera Quimi. La ubicación y el tamaño del embalse de Tundayme aumentaron la probabilidad de fallas en la presa de relaves y los efectos de las fugas en la calidad del agua del sitio.

a. Instalaciones creadas para almacenar y tratar drenaje ácido de mina

Los desechos mineros en la mina Mirador están generando y seguirán generando grandes cantidades de drenaje ácido y metalífero. Aunque la transparencia de la información es muy baja, la presencia de ciertas instalaciones en el sitio deja en claro que los propietarios de la mina comprenden la naturaleza tóxica de sus operaciones y los efectos potenciales sobre el medio ambiente. Sin embargo, incluso con estas instalaciones, la captura de las aguas influenciadas por la mina es consistentemente poco confiable, especialmente en grandes minas de cobre como la mina Mirador (Gestring, 2019). Además, las instalaciones no han sido construidas para resistir los grandes eventos de precipitación esperados como resultado del cambio climático (ver Sección III). La presencia de las siguientes instalaciones mineras indica que la roca estéril, los relaves y el tajo abierto están produciendo drenaje ácido metalífero:

- Embalse para drenaje ácido de la roca procesada y el tajo abierto: Debido a que las rocas contienen 2.38% de azufre, la lluvia que cae sobre ellas producirá agua ácida que podría causar daño ambiental si se descarga directamente al río (Cardno, 2014b, pág. 4-59). El tajo abierto también producirá agua ácida que será enviada al embalse (Cardo, 2014b, p. 4-65). Los volúmenes esperados de agua ácida de cada fuente son 30 000 m³/día del botadero de rocas del Noreste y 40 000 m³/día del tajo abierto (Cardno, 2014b, Figura 4-26). El embalse está diseñado para una capacidad total de 3,15 millones de m³ para almacenar el agua ácida y una tormenta con un período de retorno de solo 50 años (una tormenta que se prevé que ocurra una vez cada 50 años). La ubicación del embalse de drenaje ácido se encuentra en la cuenca del Río Wawayme y se muestra en la Figura 2 (Dique de Drenaje Acido).
- Planta de tratamiento de aguas ácidas de rocas procesadas y del tajo abierto: A 700 m al este del embalse se ubica una planta de tratamiento de cal para tratar las aguas ácidas combinadas de rocas procesadas y el tajo abierto (Cardno, 2014b, p. 4-66).
- Recolección y tratamiento de lixiviados ácidos de otros montos de rocas: No está claro si el embalse o la planta de tratamiento capturará y tratará el agua de los otros montos de rocas ubicados al oeste del tajo abierto (ver Figura 2). De acuerdo con Corriente Resources, Inc. (2008, p. 103): La recolección y el tratamiento de ARD (drenaje ácido) de los botaderos continuarán durante tantos años como sea necesario, hasta que los niveles de acidez y metales disminuyan en la medida en que sean aceptables para liberación o que pueden ser tratados adecuadamente por sistemas pasivos. Esta declaración reconoce que se espera que los montos de roca estéril

- producen un drenaje ácido de mina, pero no se presentan detalles sobre la recolección y el tratamiento del drenaje.
- Planta de tratamiento de aguas ácidas para las relaveras: Según el EIA Explotación 2014 (Cardno, 2014b), las aguas ácidas generadas en las relaveras de Tundayme y Quimi se combinarán en la relavera Quimi. Se construirá una estación de tratamiento de aguas ácidas cerca de la relavera Quimi (Cardno, 2014b, p. 4-56). Declaraciones anteriores señalaron que los relaves más limpios, que incluirían un componente de pirita potencialmente reactivo, se descargarían en la relavera Quimi y se mantendrían bajo el agua para ayudar a minimizar cualquier potencial de oxidación y producción de ácido (Corriente Resources, Inc., 2008, p. 86). Pero después del año 5, los relaves más limpios y ásperos se mezclarán y eliminarán en la relavera Tundayme (Cardno, 2014a, p. 4-30). El plan para recolectar aguas ácidas de ambas relaveras y tratarlas es una fuerte indicación de que, independientemente de los métodos de eliminación, se espera que se produzcan aguas ácidas.

La información presentada demuestra que se producirán grandes cantidades de agua ácida en el tajo abierto, las pilas o montones de rocas y las relaveras. Los resultados también indican que si la instalación de almacenamiento de agua ácida, las instalaciones de roca estéril o las instalaciones de relaves fallan, el agua derramada influenciada por la mina será altamente tóxica para la vida acuática y las comunidades río abajo. Si bien existen instalaciones para recolectar y tratar las aguas ácidas y ricas en metales, no se puede capturar toda el agua influenciada por la mina, y los efectos sobre el medio ambiente son evidentes según la limitada información disponible sobre la calidad del agua superficial.

b. Efectos del drenaje de la mina Mirador en la calidad del agua superficial

Según el informe de Contraloría (2020), los contaminantes del agua superficial ubicada aguas abajo de las pilas de rocas y las relaveras ha superado los valores de referencia (concentraciones antes de que comenzara la extracción; IIGE, 2018) y los criterios de calidad del agua ecuatoriana. Se obtuvieron datos adicionales limitados sobre la calidad del agua a partir de solicitudes de información al MERNNR y al MAE. Como ejemplo, se presentarán los resultados del informe Contraloría (2020) para Río Wawayme.

El río Wawayme drena la gran pila de rocas conocida como Escombrera Noreste, y los lugares de monitoreo de aguas superficiales cerca de los montos y justo aguas arriba de donde desemboca en el río Quimo tienen superaciones en los estándares de calidad del agua de muchos metales, incluidos cobre, hierro, aluminio y plomo, manganeso y zinc y valores bajos de pH (< pH 6). Las localidades con las concentraciones más altas de metales y los valores de pH más bajos son WQ-04, WQ-05 y WQ-34, que se encuentran en los afluentes del río Wawayme que drenan Escombrera Noreste y el tajo abierto (Cuadro 1 y Figura 10²). Las concentraciones de metales cerca de la desembocadura del río Wawayme (WQ-06) fueron generalmente más bajas y los valores de pH fueron algo más altos, según datos adicionales limitados obtenidos como parte

² Hay que tener en cuenta que no todos los lugares de muestreo se muestran en esta figura, que se ha extraído de la Explotación de la EIA de 2014.

de las solicitudes de información. Las concentraciones elevadas de metales y los valores de pH bajos en comparación con las condiciones previas a la extracción son un fuerte indicio de que las aguas superficiales se ven afectadas negativamente por la minería y que los contaminantes se derivan de la lixiviación de la roca estéril en Escombrera Noreste. Las concentraciones más bajas más lejos de la Escombrera indican que la fuente es la pila de rocas y que la dilución ocurre aguas abajo; sin embargo, las concentraciones siguen siendo elevadas en la boca del río. Los resultados también muestran que las medidas de control ambiental para capturar el agua influenciada por la mina no son efectivas.

El informe de Contraloría (2020) también muestra concentraciones elevadas de metales y valores bajos de pH en Río Tundayme y Río Quimi en comparación con los valores de referencia (IIGE, 2018) y los criterios de calidad del agua de Ecuador. La parte superior del río Tundayme recibe agua de los afluentes que drenan el área del tajo abierto, y la parte inferior del río Tundayme contiene la relavera Quimi. El Estudio de Factibilidad de 2008 (Corriente Resources, Inc., 2008) muestra que se planificaron grandes botaderos de roca para el lado oeste del tajo abierto que drenaría a la cuenca del Río Tundayme, como se muestra en la Figura 11.

Tabla 1. Concentraciones de metales y valores de pH en el río Wawayme cerca del monto de rocas “Escombrera Noreste” en 2016 en comparación con los valores de referencia y los criterios de calidad del agua de Ecuador

Ubicación	Componente (unidades)	Rango encontrado	Limite referencia (IIGE, 2018)	Criterio ecuatoriano para calidad de agua
WQ-04, WQ-05, WQ-34 en fechas individuales 2016 (Contraloría, 2020)	pH (s.u.)	4.5-5.5	7.36	6.5-9
	Cobre (mg/L)	0.54-1	0.015	0.005
	Manganeso (mg/L)	3.2-6.8	0.14	0.1
	Plomo (mg/L)	0.064-0.15	0.0018	0.001
	Zinc (mg/L)	0.15-0.307	0.0176	0.03

Fuente: Contraloría, 2020; IIGE, 2018.

El río Quimi drena todas las áreas afectadas por la minería de Mirador y también tiene ubicaciones aguas arriba que no deberían verse afectadas por la actividad minera. Se necesitan más datos sobre la calidad del agua y una mejor información sobre la ubicación para realizar una investigación detallada. Sin embargo, la información y los datos disponibles limitados indican que la mina Mirador tiene fuentes importantes de contaminantes relacionados con la mina, incluidos la acidez y los metales, no se ha capturado con éxito el agua influenciada por la mina y liberaría grandes cantidades de agua contaminada si se produjera una falla catastrófica de escombreras o de las relaveras en la mina.

Los datos limitados de calidad del agua recibidos de las solicitudes de información y los datos del informe de Contraloría (2020) también confirman que los arroyos que drenan el sitio de la mina tienen bajas concentraciones de metales, baja dureza y alcalinidad en ausencia de influencia minera (calidad del agua de referencia). Los metales son más tóxicos para la vida acuática cuando el agua tiene poca dureza y pH bajo (Campbel y Stokes, 1985; Pascoe et al., 1986), y la baja alcalinidad indica que las aguas superficiales no podrían neutralizar el agua ácida liberada

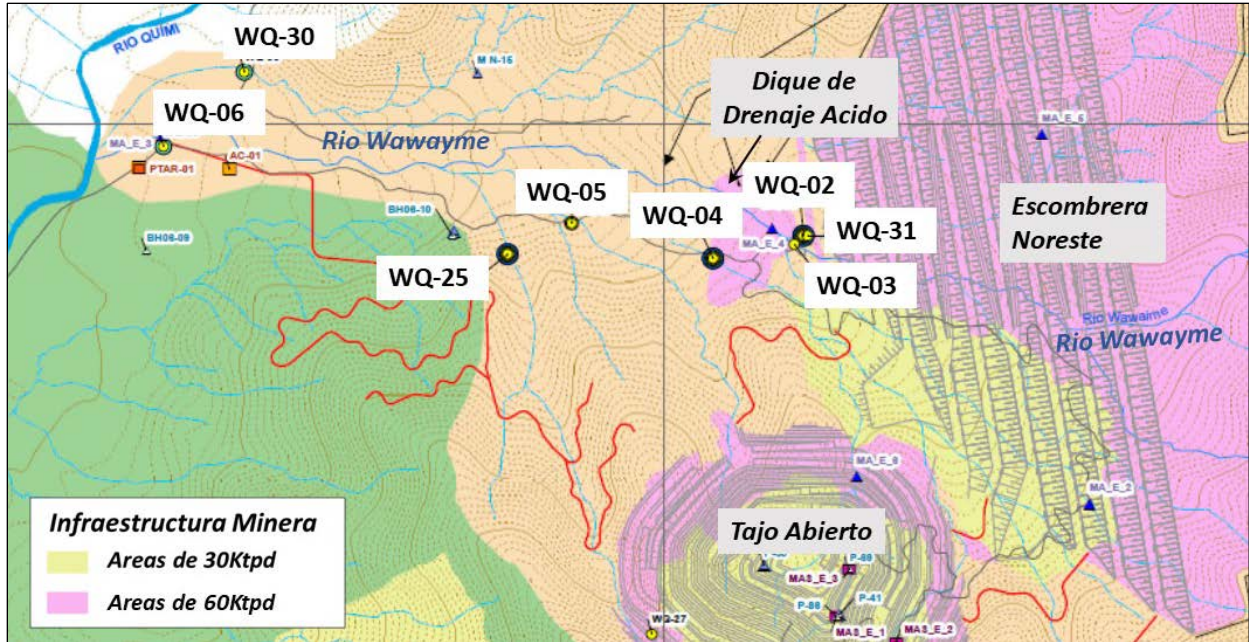
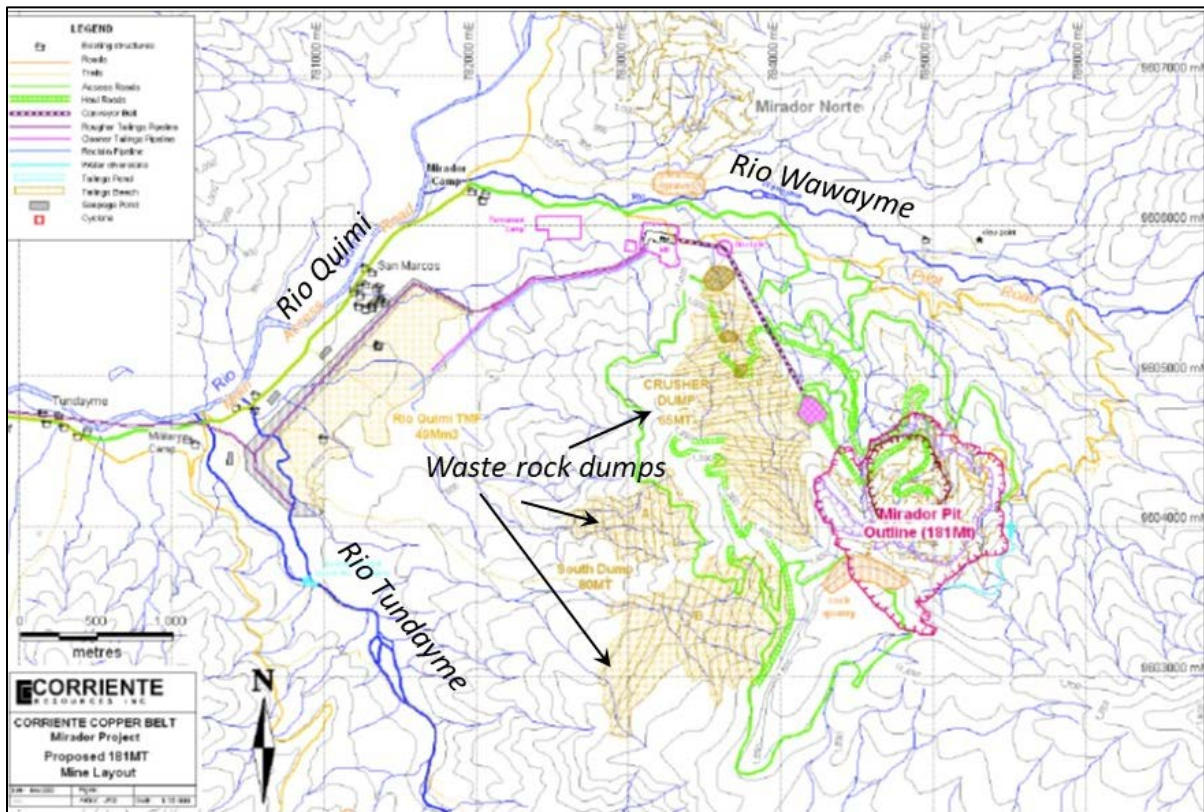


Figura 10. Ubicaciones de muestreo de agua superficial en el río Wawayme, montos de roca y tajo abierto Fuente: Modificado de Cardno, 2014b, Anexo D, Mapa 7.3-12

Figura 11. Diseño de la mina para la operación de 30 000 ton/día que muestra pilas de roca estéril en las cuencas hidrográficas de Tundayme y Wawayme



Fuente: Corriente Resources, Inc. 2008, Figura 19-1.

de la minería. La pureza de las aguas que drenan el sitio de la mina también aumenta las consecuencias de una posible ruptura de los embalses de desechos de la mina.

Los límites permisibles del permiso para la descarga de agua influenciada por la mina son mucho más altos que los criterios de calidad del agua superficial de Ecuador (Tabla 2). Por lo tanto, el permiso acepta la contaminación de aguas superficiales que puede afectar negativamente en la vida acuática y la salud humana.

Tabla 2. Comparación de los límites permisibles para el agua de la Mina Mirador descargada directamente al agua superficial con los criterios de calidad del agua superficial de Ecuador

Componentes (unidades)	Límite permitido	Criterio ecuatoriano para agua superficial	Límite de criterio/permiso
pH (s.u.)	6-9	6.5-9	NA*
Arsénico (mg/L)	0.1	0.05	2
Cadmio (mg/L)	0.1	0.001	100
Cobre (mg/L)	0.3	0.005	60
Plomo (mg/L)	0.2	0.001	200
Zinc (mg/L)	0.5	0.03	16.7

Fuente: Permitted discharge limits: Cardno, 2014b, Table 4-32; Ecuadorian water quality criteria: Contraloria, 2020. NA not applicable, but permit allows for lower-pH water to be discharged than allowable under Ecuadorian law*

3. Cantidades inadecuadas de garantía financiera

E-Tech International encargó a Jim Kuipers, P.E. para realizar un análisis de la adecuación de la garantía financiera para el Proyecto Mirador en 2012 (incluido como Anexo 3 de este informe). Sus comentarios y recomendaciones se basan en la revisión de Knight Piésold (2007) y se limitan a montos de garantía financiera para la operación propuesta de 30 000 ton/día que se propuso en ese momento.

El Sr. Kuipers descubrió que los costos estimados por AMEC (2004) estaban subestimados en más de un orden de magnitud. AMEC estimó un “Costo Indicativo de Cierre” de US\$55,000,000 para la recuperación y cierre de la mina que incluía costos directos de cierre, costos indirectos de cierre y costos posteriores al cierre. La estimación de costos no era una estimación detallada debido a la información limitada sobre los diseños y costos reales de recuperación y cierre en ese momento. AMEC no proporcionó una base técnica para los costos utilizados en la estimación.

El Sr. Kuipers estimó los costos de garantía financiera en US\$568.000.000. La cifra representa el costo de la agencia reguladora que realiza las actividades de recuperación y cierre en caso de que la empresa no lo haga. Sus estimaciones son consistentes con las derivadas de las minas de pórfido de cobre ubicadas en los EE. UU. que contienen materiales generadores de drenaje ácido y se encuentran muy cerca de los recursos hídricos. Ejemplos de estimaciones de costos de mina que se han utilizado en esta estimación incluyen la de las minas Chino y Tyrone en Nuevo México, las minas Morenci y Bagdad en Arizona y la Mina Continental en Montana. Los costos también son consistentes con la Reclamación Federal de EE. UU. Y Guía de cierre emitida por la Agencia de Protección Ambiental de EE. UU. (EPA), el Servicio Forestal de EE. UU., y la

Oficina de Administración de Tierras de los Estados Unidos. El Sr. Kuipers revisa regularmente dichas estimaciones realizadas por otras agencias y realiza dichas estimaciones de forma rutinaria para la EPA.

La estimación de Kuipers de 2012 refleja tanto la naturaleza generadora de ácido del sitio como la práctica moderna de recuperación y cierre de aseguramiento financiero típica de las agencias reguladoras federales de EE. UU. La estimación de Kuipers de 2012 para Mirador, si bien muestra un pasivo potencial muy alto, es consistente con los costos estimados para instalaciones mineras de pórfido de cobre generadoras de ácido similares en los EE. UU. y en otros lugares con fines de garantía financiera.

No se ha calculado un monto de garantía financiera, o no está disponible públicamente, para la operación de 60 000 ton/día. Con base en el tamaño mucho mayor de la operación y el mayor potencial de producción de drenaje ácido y fallas en las presas de relaves, el monto de la garantía financiera para la operación de 60 000 ton/día obviamente sería mucho mayor que \$568 000 000. Estos son los costos que asumiría el gobierno y el pueblo de Ecuador si la mina Mirador cerrara inesperadamente y las agencias reguladoras no hubieran recaudado reservas financieras inadecuadas.

4. Planes de respuesta a emergencias y monitoreo ambiental de instalaciones

Según Cardno (2014a, p. 9-16), en caso de un derrame, ECSA activará el Plan de Respuesta a Emergencias para evitar un impacto mayor. Y en respuesta a un colapso de las relaveras (Cardno 2014a, p. 9-109), se desarrollará un plan de respuesta de emergencia para un posible colapso antes de la fase de construcción para ayudar a ECSA a determinar el tipo de respuesta a condiciones anormales y educar a las comunidades río abajo sobre la seguridad de la represa y qué hacer en caso de ruptura de la represa. Con base en la información de los EIA de Cardno (2014) y la información limitada que hemos podido obtener del gobierno, no existe un Plan de Acción de Emergencia para la Mina Mirador. Dicho plan es una necesidad absoluta para advertir, educar y proteger la vida de las comunidades afectadas río abajo en caso de derrames debido al colapso de las represas de relaves u otras instalaciones de la mina, incluida la roca estéril y el embalse de drenaje ácido.

5. Falta de experiencia de Ecuador en la regulación de operaciones mineras a gran escala

El Foro Intergubernamental sobre Minería, Minerales, Metales y Desarrollo Sostenible (IGF) realizó una evaluación del marco de política minera del país de Ecuador en 2019 (IGF, 2019). Como se señaló en la introducción de este informe, el contrato minero con ECSA para la mina Mirador fue el primer contrato de explotación de minería a gran escala para el gobierno en décadas. El informe del IGF encontró que Ecuador necesita hacer más para mejorar su regulación de la minería a gran escala mediante el desarrollo de normas o directrices específicas para una mejor gestión ambiental, incluida la gestión de los grandes volúmenes de desechos de la minería a gran escala y la creación de un sistema de cierre de minas. El sistema de EIA en el país requiere diferentes EIA para exploración inicial y avanzada, explotación, beneficio, fundición y refinación (IGF, 2019). Este sistema fracturado no permite la consideración de los impactos combinados de todas las fases de la minería, incluidos el cierre y post-cierre, y limita la

capacidad de los reguladores y las comunidades para comprender los efectos acumulativos de la minería a gran escala. El informe del IGF también señaló los desafíos en la creación de requisitos específicos para la gestión adecuada de los desechos sólidos, la gestión de la calidad del agua, los planes de cierre detallados y la capacitación del personal de la agencia para implementar tales requisitos detallados (IGF, 2019). Además, el informe recomendó al gobierno centrarse en los problemas de las comunidades indígenas relacionados con los efectos de la minería (IGF, 2019).

Como ejemplo, MAE solicitó por primera vez a E-Tech International en 2011 que los ayudara con la evaluación del EIA de explotación para la mina Mirador porque carecían de experiencia. E-Tech evaluó el EIA y posteriormente realizó una sesión de capacitación para MAE sobre minería a gran escala. Regresamos aproximadamente seis meses después y encontramos una rotación casi completa del personal de la agencia. No tenemos evidencia de que el personal haya adquirido más experiencia con la minería a gran escala desde ese momento. La falta de experiencia en la regulación de las minas a gran escala combinada con la priorización de la minería a gran escala como actividad económica se suma al grado de escrutinio que creemos que se debe aplicar a la Mina Mirador.

VI. Información necesaria para evaluar si existe un peligro inminente y falta de transparencia de la información

El 30 de marzo de 2021 se emitieron dos pedidos de acceso a información en relación con la Mina Mirador. Un pedido fue enviado al MAE y otro el MERNNR. Los pedidos fueron enviados al amparo de los artículos 18 y 66.23 de la Constitución, y 1,4, 5 y 9 de la Ley Orgánica de Transparencia y Acceso a la Información Pública. La petición que fue manejada por el MERNNR, bajo el trámite No. MERNNR-MERNNR-2021-0630-EX, fue respondida de manera incompleta, por lo que se presentó otro pedido de información por las piezas faltantes. El Gobierno de Ecuador denegó este nuevo pedido, argumentando que, al amparo del contrato firmado con la empresa minera, la información solicitada era confidencial. La Asamblea Nacional También envió peticiones sobre esta misma información (Anexo 4), y no ha recibido respuesta favorable.

En cuanto a la transparencia de la información, como ejemplo, con la ayuda del Banco Mundial, Ecuador se adhirió a la Iniciativa para la Transparencia en las Industrias Extractivas (EITI) en octubre de 2020.³ Además, Ecuador ratificó el Acuerdo de Escazú, que también aborda la transparencia de la información medioambiental, en mayo de 2020.⁴ El hecho de que Ecuador tenga obligaciones en virtud de estos dos acuerdos internacionales argumenta fuertemente que toda la información ambiental relacionada con la seguridad de la mina y los efectos de la mina en el medio ambiente y la salud humana debe ponerse a disposición del público.

Respetuosamente solicitamos a la CIDH que exija al Gobierno de Ecuador, representado por el Subministerio de Minas del MERNNR, entablar un diálogo transparente con E-Tech

³ Ver <https://eiti.org/news/ecuador-joins-eiti> and <https://eitiec.org/eng/the-process-of-ecuador>

⁴ Ver <https://observatoriop10.cepal.org/en/treaties/regional-agreement-access-information-public-participation-and-justice-environmental>

International y los abogados que han solicitado los documentos. El diálogo debe dar como resultado, en un período de tiempo limitado definido, la divulgación de la información solicitada relacionada con la construcción, operación y administración de la Mina Mirador. Esta información permitirá la evaluación detallada del potencial de peligro inminente relacionado con la operación y gestión de la mina.

VII. Resumen y Solicitud a la CIDH

Las relaveras en la Mina Mirador tienen riesgos físicos y químicos sustanciales que aumentan en gran medida la probabilidad y las consecuencias de fallas. Estos riesgos incluyen:

- La proximidad al agua superficial, la gran altura planificada de la represa Tundayme (la segunda más grande del mundo), grandes volúmenes de relaves, alta sismicidad y alta precipitación.
- Los altos porcentajes de pirita en los minerales y desechos aseguran que se formará un drenaje ácido de mina. El drenaje ácido de mina es uno de los resultados más duraderos y perjudiciales para el medio ambiente de la extracción de cuerpos de mineral de sulfuro como el de la mina Mirador. La calidad del agua aguas abajo de los grandes escombros de rocas ya muestra el impacto del drenaje ácido de la mina.

Si se rompen las represas u otros embalses de desechos en el sitio, el gran volumen de relaves, la toxicidad de los relaves y el agua del embalse, y la pureza del agua que rodea la mina aumentarán las consecuencias de un derrame para las comunidades aguas abajo y el medio ambiente.

En los últimos ocho años, se han producido tres grandes fallas en represas de relaves en todo el mundo (Brumadinho, Brasil; Samarco, Brasil y Mount Polley, Canadá) que han provocado la pérdida de muchas vidas y la destrucción generalizada de hogares y medios de subsistencia. Con base en la información disponible, el manejo de relaves de la mina Mirador y las características inherentes del sitio son similares a las que resultaron en estas fallas, que incluyen:

- No se ciñen a los criterios de diseño
- Construcción de relaveras con método “aguas arriba”
- Represas demasiado empinadas
- Caracterización inadecuada de los materiales geológicos subyacentes
Alta sismicidad y precipitaciones, y exceso de agua retenida detrás de la represa.

Otros factores importantes que aumentan la probabilidad y las consecuencias de los impactos adversos a corto y largo plazo de la mina Mirador incluyen:

- Garantía financiera inadecuada
- Planes de respuesta a emergencias y monitoreo ambiental inadecuados
- Falta de experiencia de las agencias de Ecuador con la regulación de la minería a gran escala
- Falta de transparencia y compromiso con las comunidades potencialmente afectadas.

Si se rompe una relavera, los impactos podrían sentirse aguas abajo hasta la confluencia del río Zamora con el río Santiago. Aproximadamente 24 comunidades viven río abajo de la mina a lo

largo del Río Quimi y el Río Zamora y están amenazadas por las actividades de la mina y la falla potencial de las represas de relaves de Mirador y otras instalaciones de la mina que retienen los desechos tóxicos de la mina y el agua influenciada por la mina. Además, la creación del desvío Tundayme en la cabecera del río aguas arriba de la mina Mirador trae agua adicional al río Machinaza y amenaza a las comunidades a lo largo de Machinaza con un mayor riesgo de inundación.

Los posibles riesgos y consecuencias asociados con la mina Mirador descritos en este informe se basan en datos e información limitados en los documentos disponibles públicamente y en las solicitudes de información que se cumplieron solo parcialmente por parte del MAE y el MERNNR. Respetuosamente solicitamos a la CIDH que requiera al Gobierno de Ecuador, representado por el Subministerio de Minas del MERNNR, entablar un diálogo transparente que resulte en la entrega oportuna de información relacionada con la construcción, operación y manejo de la Mina Mirador. Esta información permitirá la evaluación detallada del potencial de peligro inminente relacionado con la operación y gestión de la mina. Solicitamos, además, dados los riesgos potenciales para la vida humana y el medio ambiente y teniendo en cuenta el Principio de Precaución, que la CIDH requiera al Gobierno de Ecuador y a ECSA que desarrollen de inmediato un plan efectivo de alerta temprana y respuesta a emergencias en conjunto con las comunidades que viven en las áreas afectadas por la Mina Mirador.

VIII. Referencias citadas

- Acción Ecológica, 2021. Utilidad Pública y sector estratégico, artificios mineros para el despojo en Ecuador (Public utility and strategic sector, mining artifices for dispossession in Ecuador). Available online at: <https://www.accionecologica.org/informe-regional-utilidad-privada-despojo-publico/>
- AMEC Earth & Environmental (AMEC), 2004. Preliminary Mine Closure and Reclamation Plan, Mirador Project, Ecuador, December 15.
- Andrews, J., P. Crouse, M. Henderson, G. McKenna, N. Slingerland, D.J. Williams, and K.F. Morrison, 2022. Chapter 16—Closure planning and landform design: In K.F. Morrison (Ed.), *Tailings management handbook—A life-cycle approach* (pp. 235-276), Society for Mining, Metallurgy and Exploration, Englewood, Colorado, 1004 p.
- ANM (Agência Nacional de Mineração [National Mining Agency]), 2019. Resolução nº 13, de 8 de agosto de 2019 [Resolution No. 13 of August 8, 2019]. Available online at: <https://www.in.gov.br/web/dou/-/resolucao-n-13-de-8-de-agosto-de-2019-210037027>
- Armenta, G. E., C. Sofiea, F. Gordillo, A. Guerrero, and J. L. Villa, 2019. Análisis de las amenazas climáticas futuras en las cuencas hidrográficas—Santiago, Mayo, Puyango y Catamayo [Analysis of future climate threats in the hydrographic basins—Santiago, Mayo, Puyango and Catamayo]: AXIOMA – Revista Científica de Investigación, Docencia y Protección Social [Scientific Journal of Research, Teaching and Social Protection], July – December 2019, No. 21, pp. 5-21. Available online at: <http://axioma.pucesi.edu.ec/index.php/axioma/article/view/578/522>
- Campbel, PGC, and Stokes, PM, 1985. Acidification and Toxicity of Metals to Aquatic Biota. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 42(12): 2034-2049. <https://doi.org/10.1139/f85-251>
- Canadian Dam Association, 2013. Dam safety guidelines 2007 (2013 edition), 88 p.
- Canadian Dam Association, 2019. Application of dam safety guidelines to mining dams (2019 edition), 61 p.
- Cardno, 2014a. Actualización del Estudio de Impacto y Plan de Manejo Ambiental, para la Fase de Beneficio de Minerales Metálicos (cobre), Ampliación de 30 kt por día a 60 kt por día del

- Proyecto Minero Mirador, Concesión Minera “Mirador 1 (acumulada)” [Update of the Environmental Impact Study and Environmental Management Plan, for the Beneficiation Phase of Metallic Minerals (copper), Extension from 30 kt per day to 60 kt per day of the Mirador Mining Project, Mining Concession “Mirador 1 (accumulated)”]: Report to Ecuacorriente S.A., 1206 p. with 6 appendices (1125 p.).
- Cardno, 2014b. Actualización del Estudio de Impacto y Plan de Manejo Ambiental, para la Fase de Explotación a Cielo Abierto de Minerales Metálicos (cobre), Ampliación de 30 kt por día a 60 kt por día del Proyecto Minero Mirador, Concesión Minera “Mirador 1 (acumulada)” [Update of the Environmental Impact Study and Environmental Management Plan, for the Open-Pit Exploitation Phase of Metallic Minerals (copper), Extension from 30 kt per day to 60 kt per day of the Mirador Mining Project, Mining Concession “Mirador 1 (accumulated)”]: Report to Ecuacorriente S.A., 1130 p. with 6 appendices (1182 p.).
- Contraloría del Estado (Contraloría), 2012. Informe a la gestión de los Ministerios del Ambiente, de Recursos Naturales No Renovables y otras instituciones relacionadas con los proyectos mineros Mirador y Pananza - San Carlos de las provincias de Zamora Chinchipe y Morona Santiago; y al análisis de las responsabilidades sobre los daños ambientales producidos en el sitio Kenkuim (Conguime) del Cantón Paquisha, Provincia de Zamora Chinchipe, por actividades mineras desarrolladas en forma ilegal. DIAPA-0027-2012. P. 27.
- Contraloría General del Estado (Contraloría), 2020. Examen Especial al Proyecto Mirador, en la provincia de Zamora Chinchipe, a cargo del Ministerio de Minería, actual Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables y entidades relacionadas, por el periodo comprendido entre el 3 de julio del 2013 y el 30 de septiembre del 2019. DNA6-0020-2020. 79pp.
- Corriente Resources, Inc. 2008. Mirador Copper-Gold Project. 30,000 TPD Feasibility Study. Zamora-Chinchipe Province, Ecuador. April 3. 160pp.
- Earthworks, 2019. U.S. Operating Copper Mines: Failure to Capture & Treat Wastewater. By Bonnie Gestring, May. 9pp. Available online at: <https://earthworks.org/resources/u-s-operating-copper-mines-failure-to-capture-treat-wastewater/>
- Garbarino, E., G. Orveillon, H.G.M. Saveyn, P. Barthe, and P. Eder, 2018. Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the management of waste from extractive industries in accordance with Directive 2006/21/EC: European Commission Joint Research Centre Science for Policy Report, EUR 28963 EN, 722 pp. Available online at: <https://ec.europa.eu/environment/pdf/waste/mining/MWEI%20BREF.pdf>
- GRID-Arendal, 2022. Global Tailings Portal. Available online at: <https://www.grida.no/activities/461>
- Holtz, R.D., W.D. Kovacs, and T.C. Sheahan, 2011. An introduction to geotechnical engineering, 2nd ed.: Pearson, 863 p.
- Hull, A., J. Fraser, and M. Martinez, 2022. Chapter 19—Seismic hazard assessment: In K.F. Morrison (Ed.), Tailings management handbook—A life-cycle approach (pp. 345-360), Society for Mining, Metallurgy and Exploration, Englewood, Colorado, 1004 p.
- ICMM (International Council on Mining & Metals), 2020. New Global Industry Standard on Tailings Management aims to improve the safety of tailings facilities in the mining industry. Available online at: <https://www.icmm.com/en-gb/news/2020/new-global-industry-standard-on-tailings-management>
- ICMM (International Council on Mining & Metals), 2022. Our Members. Available online at <https://www.icmm.com/en-gb/our-story/our-members>
- ICMM-UNEP-PRI (International Council on Mining & Metals-United Nations Environment Programme-Principles for Responsible Investment), 2020. Global industry standard on tailings management—August 2020, 40 p, Available online at: <https://globaltailingsreview.org/wp-content/uploads/2020/08/global-industry-standard-on-tailings-management.pdf>
- IGF (Intergovernmental forum on Mining, Minerals, Metals and Sustainable Development), 2019. Evaluación del Marco de Políticas Mineras: Ecuador. March. Winnipeg: IISD. 72pp. Available

- online at: <https://www.iisd.org/system/files/publications/ecuador-mining-policy-framework-assessment-es.pdf>
- Independent Expert Engineering Investigation and Review Panel, 2015. Report on Mount Polley Tailings Storage Facility breach: Report to Ministry of Energy and Mines and Soda Creek Indian Band, 156 p. Available online at: <https://www.mountpolleyreviewpanel.ca/sites/default/files/report/ReportonMountPolleyTailingsStorageFacilityBreach.pdf>
- International Copper Study Group (ICSG), 2021. ICSG Directory of Copper Mines and Plants. Available by subscription: <https://icsg.org/publications-list/>
- International Network for Acid Prevention (INAP), 2009. Global Acid Rock Drainage Guide (GARD Guide). Available online at: <http://www.gardguide.com>
- Instituto de Investigación Geológico y Energético (IIGE), 2018. INFORME DE ANALISIS Y VALIDACION TECNICA AL "ESTUDIO HISTORICO DE CONCENTRACIONES DE FONDO- LINEA BASE - RECURSO AGUA- ECUACORRIENTE S.A., PROYECTO MINERO MIRADOR-SEPTIEMBRE 2018. 18 octubre.
- Knight-Pièsold, 2007. Rio Quimi Tailings Management Facility Feasibility Study for 27,000 tpd mine production. Ref. No. VA201-78/09-2, 111 p.
- Larrauri, P.C. and U. Lall, 2018. Tailings dams failures—Updated statistical model for discharge volume and runoff: *Environments*, v. 5. Available online at: doi:10.3390/environments5020028
- Le Poudre, D.C. (SNC Lavalin), 2015. Examples, statistics and failure modes of tailings dams and consequence of failure, Power Point Presentation, 42 slides. Available online at: <https://www.esaa.org/wp-content/uploads/2015/10/15-LePoudre.pdf>
- Maest, A.S. and J.R. Kuipers (primary), C.L. Travers, and D.A. Atkins (contributing). 2005. Predicting Water Quality at Hardrock Mines: Methods and Models, Uncertainties, and State-of-the-Art. Earthworks, Washington, DC. Available online at: https://earthworks.org/publications/predicting_water_quality_at_hardrock_mines/.
- Martin, T.E., E.C. McRoberts, and M.P. Davies, 2002. A tale of four upstream tailings dams: Tailings Dams 2002, Association of State Dam Safety Officials, 25 p. Available online at: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.532.7955&rep=rep1&type=pdf>
- Ministerio del Ambiente, 2015. Memorando Nro. MAE-SCA-2015-0132 y Proceso Administrativo de Calidad Ambiental Nro. Z-03-2015.
- Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables [Ministry of Energy and Non Renewable Natural Resources] (Ecuador), 2020. Anexo II—Guía técnica para la presentación de proyectos de diseño de los depósitos de relaves [Appendix II—Technical guide for the presentation of tailings deposit design projects], 31 p. Available online at: <https://www.mingaservice.com/web/index.php/documento/categoria/legislacion-minera>
- Ministerio de Minería (Chile) [Ministry of Mining (Chile)], 2007. Decreto Supremo n° 248—Reglamento para la aprobación de proyectos de diseño, construcción, operación y cierre de los depósitos de relaves—publicado en el Diario Oficial el 11 de abril de 2007 [Regulation for the approval of projects of design, construction, operation and closure of tailings reservoirs—published in the Official Gazette of April 11, 2007], 24 p. Available online at: https://www.sernageomin.cl/wp-content/uploads/2018/01/DS248_Reglamento_DepositosRelave.pdf
- Ministry of Energy and Mines (British Columbia), 2016. Guidance document— Health, safety and reclamation code for mines in British Columbia, Version 1.0: Victoria, British Columbia, updated July 2016, 37 p. Available online at: https://www2.gov.bc.ca/assets/gov/farming-natural-resources-and-industry/mineral-exploration-mining/documents/health-and-safety/part_10_guidance_doc_10_20july_2016.pdf
- Ministry of Environment and Climate Change Strategy, 2018. Technical Guidance 9: Environmental Management Act. Guidance on Preparing Nitrogen Management Plans for Mines using Ammonium Nitrate Fuel Oil Products for Blasting. Version 1.0. British Columbia, Canada. February. 13pp. <https://www2.gov.bc.ca/assets/gov/environment/waste-management/industrial->

- [waste/industrial-waste/ Available online at: mining-smelt-energy/guidance-documents/guidance_for_developing_nitrogen_management_plans.pdf](#)
- Morgenstern, N.R., S.G. Vick, C.B. Viotti, and B.D. Watts, 2016. Fundão tailings dam review—Panel report on the immediate causes of the failure of the Fundão dam: Report prepared for Cleary Gottlieb Steen and Hamilton LLP, 88 p. Available online at: <https://pedlowski.files.wordpress.com/2016/08/fundao-finalreport.pdf>
- Morrill, J., D. Chambers, S. Emerman, R. Harkinson, J. Kneen. U. Lapointe, A. Maest, B. Milanez, P. Personius, P. Sampat, and R. Turgeon, 2022. Safety first—Guidelines for responsible mine tailings management: Earthworks, MiningWatch Canada, and London Mining Network: Version 2.0, May 2022, 55 p. Available online at: <https://41p14t2a856b1gs8ii2wv4k4-wpengine.netdna-ssl.com/assets/uploads/2020/06/Safety-First-Safe-Tailings-Management-V2.0-final.pdf>
- Muñoz, V. and D. Hoekstra, 2022. Chapter 20—Climate and hydrology: In K.F. Morrison (Ed.), Tailings management handbook—A life-cycle approach (pp. 361-385), Society for Mining, Metallurgy and Exploration, Englewood, Colorado, 1004 p.
- Pascoe, D., Evans, S.A. & Woodworth, J., 1986. Heavy metal toxicity to fish and the influence of water hardness. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* **15**, 481–487. <https://doi.org/10.1007/BF01056559>
- Plumlee, G.S., 1999. The environmental geology of mineral deposits. In: Plumlee, G.S., Logsdon, M.J. (Eds.), *The Environmental Geochemistry of Mineral Deposits. Part A: Processes, Techniques, and Health Issues*, Soc. Econ. Geol., Littleton, Colorado, p. 71-116. Available online at: <https://eclass.uoa.gr/modules/document/file.php/GEOL455/THE%20ENVIRONMENTAL%20GEOCHEMISTRY%20OF%20MINERAL%20DEPOSITS.pdf>
- Plumlee, G.S., Smith, K.S., Montour, M.R., Ficklin, W.H., and Mosier, E.L., 1999a. Geologic controls on the composition of natural waters and mine waters drainage diverse mineral-deposit types. In: Plumlee, G.S., Logsdon, M.J. (Eds.), *The Environmental Geochemistry of Mineral Deposits. Part A: Processes, Techniques, and Health Issues*, Soc. Econ. Geol., Littleton, Colorado, p. 373-432. Available online at: https://clu-in.org/conf/tio/r10hardrock3/CH19Plumlee_etal_SEG1999.pdf
- Price WA, 2009. Prediction Manual for Drainage Chemistry from Sulphidic Geologic Materials. MEND Report 1.20.1. December. 570pp. Available online at: <http://mend-nedem.org/mend-report/prediction-manual-for-drainage-chemistry-from-sulphidic-geologic-materials/>
- Robertson, P.K., L. de Melo, D.J. Williams, and G.W. Wilson, 2019. Report of the expert panel on the technical causes of the failure of Feijão Dam I—December 12, 2019: Report prepared for Vale S.A., 81 p. Available online at: <https://bdrb1investigationstacc.z15.web.core.windows.net/assets/Feijao-Dam-I-Expert-Panel-Report-ENG.pdf>
- Quishpe Lozano, S., E.G. Peña Otaneda, M.R. Vargas Santi, and M. Santi Gualinga, 2018. Denuncia contra Ecuacorriente S.A. [Complaint against Ecuacorriente S.A.]: Fiscalía General del Estado – Ecuador, Documento No. FGE-GD-2018-005305-EXT, 13 p.
- Sistema Nacional de Información Ambiental (Perú) [National System of Environmental Information (Peru)], 2014. Decreto Supremo N° 040-2014-EM .- Reglamento de protección y gestión ambiental para las actividades de explotación, beneficio, labor general, transporte y almacenamiento minero [Supreme Decree No. 040-2014-EM .- Regulation of protection and environmental management for the activities of exploitation, beneficiation, general labor, transport and mineral storage], 30 p. Available online at: <https://sinia.minam.gob.pe/normas/reglamento-proteccion-gestion-ambiental-las-actividades-explotacion>
- USACE (U.S. Army Corps of Engineers), 2000. Design and construction of levees: Manual No. 1110-2-1913, 164 p. Available online at: https://www.publications.usace.army.mil/Portals/76/Publications/EngineerManuals/EM_1110-2-1913.pdf

- USACE-HEC (U.S. Army Corps of Engineers – Hydrologic Engineering Center), 2003. Application of paleohydrology to Corps flood frequency analysis: RD-47, 34 p. Available online at: <http://www.hec.usace.army.mil/publications/ResearchDocuments/RD-47.pdf>
- USGS (U.S. Geological Survey, 2019). 20 Largest Earthquakes in the World. Available online at: <https://www.usgs.gov/programs/earthquake-hazards/science/20-largest-earthquakes-world>
- USGS (U.S. Geological Survey, 2022a). ShakeMap Scientific Background. Available online at: <https://web.archive.org/web/20110623092131/http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/shakemap/background.php#intmaps>
- USGS (U.S. Geological Survey, 2022b). Search Earthquake Catalog. Available online at: <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/search/>
- Vick, S.G., 1990. Planning, design, and analysis of tailings dams: BiTech Publishers, Vancouver, Canada, 369 p. Available online at: <https://open.library.ubc.ca/soa/cIRcle/collections/ubccommunityandpartnerspublicati/52387/items/1.0394902>
- Walsh Scientists and Engineers, 2010a. Estudio de Impacto Ambiental para la Fase de Explotación a Cielo Abierto del Proyecto minero de cobre Mirador—Áreas mineras Mirador 1 - Mirador 2—Ecuacorriente S.A. (ECSA) [Environmental Impact Study for the Open-Pit Exploitation Phase of the Mirador Copper Mining Project—Mining areas Mirador 1 - Mirador 2 —Ecuacorriente S.A. (ECSA)]: Walsh Número de Proyecto EC155-13, 748 p.
- Walsh Scientists and Engineers, 2010b. Estudio de Impacto Ambiental para la Fase de Beneficio del Proyecto minero de cobre Mirador—Áreas mineras Mirador 1 - Mirador 2—Ecuacorriente S.A. (ECSA) [Environmental Impact Study for the Beneficiation Phase of the Mirador Copper Mining Project—Mining areas Mirador 1 - Mirador 2—Ecuacorriente S.A. (ECSA)]: Walsh Número de Proyecto EC155-14, 772 p.
- Walsh Scientists and Engineers, 2011. Respuesta observaciones del Estudio de Impacto Ambiental para la Fase de Beneficio del Proyecto minero de cobre Mirador [Response to Observations on the Environmental Impact Study for the Beneficiation Phase of the Mirador Copper Mining Project]: Walsh Número de Proyecto EC155-14, 110 p.

Anexos

Anexo 1: Evaluación del Diseño y Construcción de las Presas de Relaves para la Mina Mirador, Zamora Chinchipe, Ecuador. Informe preparado por Steven Emerman, PhD, 2019, para E-Tech International.

Anexo 2: Lista preliminar de las comunidades afectadas por los impactos ambientales, de seguridad, y otros impactos sociales de la Mina Mirador.

Anexo 3: Ecuacorriente Resources Mirador Project, Ecuador. Mine Reclamation and Closure, Financial Assurance Cost Estimate. Informe preparado por James Kuipers, PE, 2012, para E-Tech International (en inglés)

Anexo 4: Carta de la Asamblea Nacional al Ministerio de Energía y Recursos Naturales no Renovables. Asunto: Solicitud de Información. Oficio Nro. AN-QLS-2022-0030-O. 2022.

Anexo 1: Evaluación del Diseño y Construcción de las Presas de Relaves para la Mina Mirador, Zamora Chinchipe, Ecuador. Informe preparado por Steven Emerman, PhD, 2019, para E-Tech International.

Evaluación del Diseño y de la Construcción de las Presas de Relaves para la Mina Mirador, Zamora Chinchipe, Ecuador

Steven H. Emerman, Malach Consulting, 785 N 200 W, Spanish Fork, Utah 84660, EE. UU.,
E-mail: SHEmerman@gmail.com, Tel: 1-801-921-1228

Informe elaborado a petición de E-Tech International
Presentado el 19 de febrero de 2019
Revisado el 26 de febrero de 2019



Figura 1. El autor (a la izquierda) y Luis Sanchez Zhiminaycela (activista en Comunidad Amazónica de Acción Social Cordillera del Cóndor Mirador) estudian el dique inicial de la presa de relaves Quimi en la mina Mirador. Foto tomada por Evelynne Blondeel el 6 de noviembre de 2018

RESUMEN RÁPIDO

Un diseño previo de la presa de relaves para la mina Mirador, Zamora Chinchipe, Ecuador, incluía una altura de 63 metros, una inclinación del pendiente exterior de 1V:2H, la construcción de línea central, y la capacidad de soportar la Inundación máxima probable. Un análisis de estabilidad determinó que los relaves y el cimiento se licuarían durante el terremoto que se espera durante la vida del proyecto. La presa de relaves actualmente en construcción incluye una inclinación del pendiente exterior de 1V:1H, construcción aguas arriba (más susceptible a la falla por tanto licuefacción sísmica como inundación), la capacidad de soportar sólo una inundación de 500 años y una altura proyectada de 260 metros (la más alta jamás construida). La falla por terremoto, inundación o erosión interna es inevitable. Se recomienda una moratoria inmediata en la construcción adicional de la mina Mirador, seguida por la convocación de un panel independiente de expertos internacionales para la evaluación de las facilidades de gestión de relaves Mirador.

CONTENIDOS

RESUMEN	3
PERSPECTIVA GENERAL	3
REVISIÓN DE PRESAS DE RELAVES	5
Presas de Relaves y Presas de Retención de Agua	5
Métodos de Construcción de Presas de Relaves	7
Causas de Falla de las Presas de Relaves	11
Métodos de Construcción y Causas de Falla	13
Criterios de Seguridad para el Diseño de Presas de Relaves	16
DISEÑO DE LA FACILIDAD DE GESTIÓN DE RELAVES EN LA MINA MIRADOR	18
Versión Anterior y sus Críticas	18
Versión Final y sus Críticas	23
METODOLOGÍA	26
RESULTADOS	27
Criterios de Seguridad para Inundaciones y Terremotos	27
Uso de Relaves no Sulfurosos para la Construcción de la Presa de Relaves	28
Riesgos Adicionales de Fallas de las Presas de Relaves	30
Contradicciones entre Construcción y Diseño	31
DISCUSIÓN	34
Explicación para las Contradicciones entre Construcción y Diseño	34
Probabilidad de Falla de las Presas de Relaves Mirador	36
Consecuencias de la Falla de las Presas de Relaves	37
CONCLUSIONES	37
RECOMENDACIONES	38
EXPRESIONES DE GRATITUD	38
SOBRE EL AUTOR	38
REFERENCIAS	39

RESUMEN

Un diseño previo de la presa para la facilidad de gestión de relaves (llamada relavera Quimi) en la mina de cobre Mirador, Zamora Chinchipe, Ecuador, incluía una altura de 63 metros, una inclinación del pendiente exterior de 1V:2H (relación de vertical a horizontal), la construcción de línea central, y la capacidad de soportar la Inundación máxima probable (significativamente más rara que incluso una inundación de 10.000 años). Un análisis de estabilidad realizado por consultores contratados por la empresa minera (Ecuacorriente S.A.) determinó que la profundidad total de los relaves, así como el cimientado, se licuarían durante el terremoto que se espera durante la vida del proyecto. Una evaluación independiente criticó la cantidad excesiva de agua que se almacenaría con los relaves y la falta de un revestimiento geosintético para prevenir la contaminación de las aguas subterráneas. El Estudio de impacto ambiental (EIA) posterior incluyó dos alternativas para la expansión de la producción propuesta de 30.000 toneladas por día a 60.000 toneladas por día: relavera Quimi (diseño anterior con deshidratación de relaves) y relavera Tundayme (preferida por la empresa minera) con una altura de 260 metros (la más alta jamás construida), una inclinación del pendiente exterior de 1V:1,5H, la construcción de línea central, y la capacidad de soportar sólo una inundación de 500 años. Ambas alternativas incluyeron el uso de relaves no sulfurosos (no generadores de ácido) para la construcción de las presas con ninguna incertidumbre en la estimación de la cantidad disponible de relaves no sulfurosos y ningún plan sobre qué hacer si no hay suficientes relaves no sulfurosos. En contradicción del EIA, ambas alternativas (relavera Quimi y relavera Tundayme) están actualmente en construcción, aunque sólo relavera Quimi tiene el dique inicial para la presa. La ubicación del dique inicial requiere el método de construcción aguas arriba (más susceptible a la falla por tanto licuefacción sísmica como inundación) y tiene una inclinación del pendiente exterior de 1V:1H (considerado como el ángulo máximo crítico para la prevención de erosión interna sin margen de error). El gobierno provincial ha denunciado a Ecuacorriente por extraer pétreos de los ríos para material de construcción en violación de los permisos, lo que sugiere que existe una falta de material para la construcción adecuada de las presas. Sobre la base de lo anterior, la falla de cualquiera de las presas de relaves por terremotos, inundaciones o erosión interna debe considerarse como inevitable. Se recomienda una moratoria inmediata en la construcción adicional de la mina Mirador, seguida por la convocación de un panel independiente de expertos internacionales para la evaluación de las facilidades de gestión de relaves Mirador.

PERSPECTIVA GENERAL

La empresa minera de propiedad china Ecuacorriente S.A. está construyendo actualmente la mina Mirador en la provincia de Zamora Chinchipe, Ecuador (ver Figs. 1 y 2). A plena producción, esta mina procesará 60.000 toneladas de mena por día durante 30 años para producir concentrados de cobre, oro y plata. Ya que la gran mayoría de la mena no es de cobre, oro ni plata, el procesamiento de la mena dará como resultado casi 60.000 toneladas por día de desechos después de triturando y flotando de la mena, se llama relaves mineros o simplemente relaves. Los relaves son tóxicos debido a los elementos tóxicos que tienden a estar asociados con los cuerpos minerales, así como a su capacidad para producir drenaje ácido de mina. Estos relaves se confinarán dentro de dos facilidades de gestión de relaves que están en construcción. Estas facilidades incluyen presas que evitan la liberación de los relaves al medio ambiente y

revestimientos que evitan la contaminación de las aguas subterráneas por los relaves confinados. El objetivo de este informe es responder a la siguiente pregunta: ¿El diseño y la construcción de las presas de relaves son consistentes con los directrices de seguridad ampliamente reconocidos? Antes de abordar esta pregunta, revisaré los métodos de construcción de presas de relaves, las causas comunes de fallas de presas de relaves, y los métodos para prevenir la falla de las presas de relaves. Mucha de esta información está disponible en el libro de texto estándar sobre presas de relaves de Vick (1990). Este informe analiza sólo la prevención de fallas de presas basadas en la construcción de la presa y otros aspectos de la facilidad de gestión de relaves. Los métodos para prevenir la falla mediante la alteración de la naturaleza de los relaves, como la conversión de los relaves en una pasta, se analizan en otra parte (Klohn Crippen Berger, 2017).

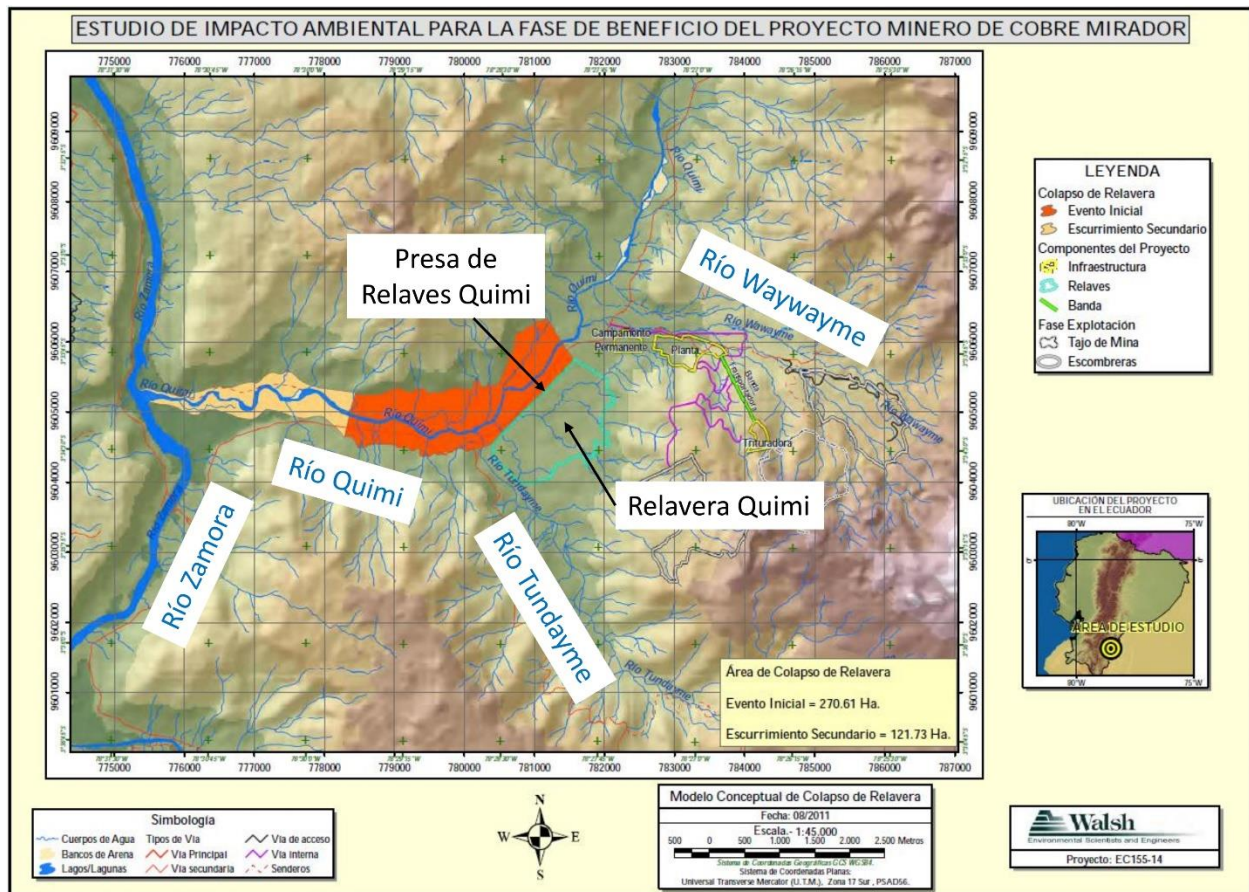


Figura 2. La mina de cobre Mirador está actualmente en construcción por Ecuacorriente S.A. en Zamora Chinchipe, Ecuador. Un Estudio de impacto ambiental (EIA) anterior en 2010 propuso un sólo relavera (llamado relavera Quimi) y calculó la extensión del derrame de relaves después de la falla de la presa. La extensión del evento inicial (color naranja) se calculó utilizando una fórmula que se ha demostrado que es incorrecta. La extensión del escurrimiento secundario no se basó en ningún cálculo, sino que fue simplemente un dibujo. De hecho, los relaves derramados serán transportados por el río Zamora hasta las cabeceras del río Amazonas. Figura modificada de Walsh Scientists and Engineers (2011b).

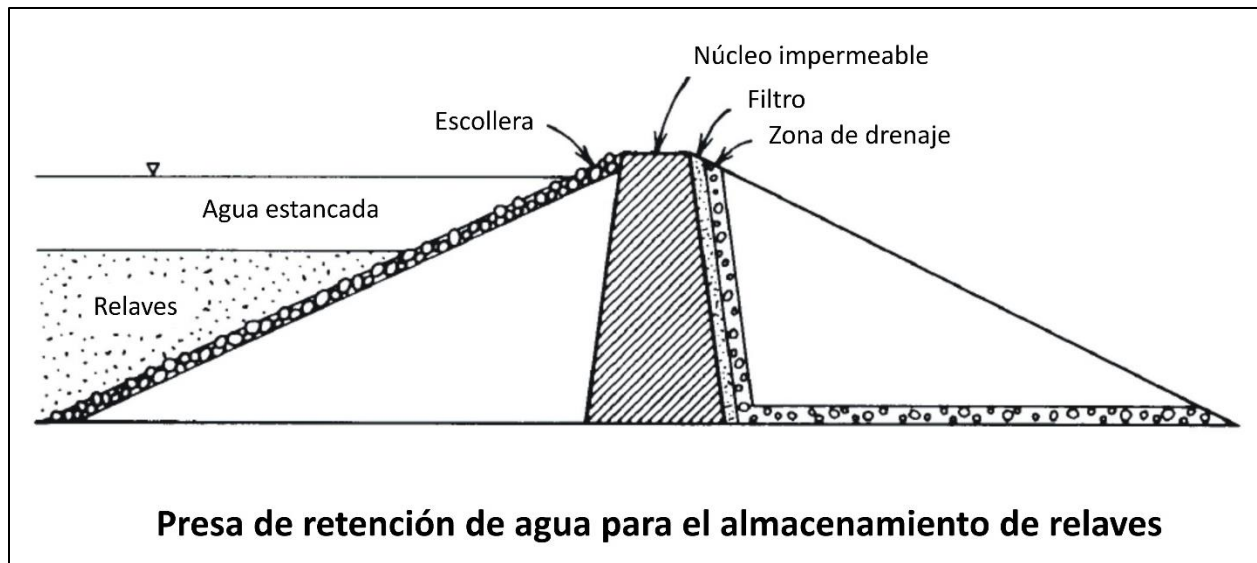


Figura 3. Las presas de relaves y las presas de tierra para la retención del agua son estructuras de ingeniería civil fundamentalmente diferentes. Vick (1990) mostró cómo una presa de relaves podría construirse de la misma manera que una presa de retención de agua y que sería tan segura como una presa de retención de agua típica. El diseño incluye un núcleo impermeable y una zona de drenaje para abatir el nivel freático en el frente de la presa y un filtro para evitar la erosión interna (transporte de partículas sólidas fuera de la presa por infiltración). Sin embargo, el diseño no sería económicamente factible para una presa de relaves. Figura modificada de Vick (1990).

REVISIÓN DE PRESAS DE RELAVES

Presas de Relaves y Presas de Retención de Agua

Aunque las presas de relaves y las presas de retención de agua se construyen con el propósito de restringir el flujo de material, son fundamentalmente diferentes tipos de estructuras de ingeniería civil. Este punto importante fue enfatizado por Vick (1990), “*A recurring theme throughout the book is that there are significant differences between tailings embankment and water-retention dams... Unlike dams constructed by government agencies for water-retention purposes, tailings dams are subject to rigid economic constraints defined in the context of the mining projects as a whole. While water-retention dams produce economic benefits that presumably outweigh their cost, tailings dams are economic liabilities to the mining operation from start to finish. As a result, it is not often economically feasible to go to the lengths sometimes taken to obtain fill for conventional water dams*” [Un tema recurrente a lo largo del libro es que existen diferencias significativas entre las presas de terraplén de relaves y las presas de retención de agua... A diferencia de las presas construidas por las agencias gubernamentales con fines de retención de agua, las presas de relaves son sujetas a restricciones económicas rígidas definidas en el contexto de los proyectos mineros en su conjunto. Si bien las presas de retención de agua producen beneficios económicos que presumiblemente superan su costo, las presas de relaves son desventajas económicas para la operación minera de principio a fin. Como resultado, no siempre es económicamente factible llegar a las distancias que a veces se toman para obtener relleno para las presas de agua convencionales]. Vick (1990) dio un ejemplo de cómo una presa de relaves podría construirse de la misma manera que una presa de relaves, aunque enfatizó la inviabilidad económica de tal construcción (ver Figura 3). (La importancia de

las características en la Fig. 3, como el núcleo impermeable, el filtro y la zona de drenaje se tratarán más adelante.)

Además de la inviabilidad económica de llegar a las distancias que a veces son ideales para obtener un relleno apropiado, Vick (1990) da muchos otros ejemplos de formas en que no es económicamente viable construir una presa de relaves de la misma manera que una presa de retención de agua. Una presa de retención de agua (una que se construye de tierra) se construye de roca y suelo que se elige por su idoneidad para la construcción de presas. Sin embargo, una presa de relaves normalmente se construye con material de construcción que es creado por la operación minera, como escombros, la roca de desecho que se retira antes de llegar a la mena, o con los mismos relaves mineros después de compactación apropiada. Además, una presa de retención de agua se construye completamente al principio antes de que su reservorio se llene de agua, mientras que una presa de relaves se construye en etapas a medida que se producen más relaves que requieren almacenamiento y cuando el material de la operación minera (como los escombros) está disponible para la construcción. Finalmente, al fin de su vida útil, o cuando ya no sea posible inspeccionar y mantener la presa, se desmonta completamente una presa de retención de agua. Por otro lado, se espera que una presa de relaves confine los relaves tóxicos a perpetuidad, aunque normalmente la inspección y el mantenimiento de la presa cesan después del final del proyecto minero.

Las consecuencias de las construcciones muy diferentes de presas de relaves y presas de retención de agua son los registros de seguridad muy diferentes de los dos tipos de estructuras. Según un artículo ampliamente citado por Davies (2002), *“It can be concluded that for the past 30 years, there have been approximately 2 to 5 “major” tailings dam failure incidents per year... If one assumes a worldwide inventory of 3500 tailings dams, then 2 to 5 failures per year equates to an annual probability somewhere between 1 in 700 to 1 in 1750. This rate of failure does not offer a favorable comparison with the less than 1 in 10,000 that appears representative for conventional dams. The comparison is even more unfavorable if less “spectacular” tailings dam failures are considered. Furthermore, these failure statistics are for physical failures alone. Tailings impoundments can have environmental ‘failure’ while maintaining sufficient structural integrity (e.g. impacts to surface and ground waters)”* [Se puede concluir que, durante los últimos 30 años, ha habido aproximadamente de 2 a 5 incidentes de falla de presas de relaves ‘importantes’ por año... Si se asume un inventario mundial de 3.500 presas de relaves, entonces de 2 a 5 fallas por año equivale a una probabilidad anual de entre 1 en 700 a 1 en 1.750. Esta tasa de falla no ofrece una comparación favorable con menos de 1 en 10.000 que parece ser representativo de las presas convencionales. La comparación es aún más desfavorable si se consideran fallas de presa de relaves menos ‘espectaculares’. Además, estas estadísticas de fallas son sólo para fallas físicas. Los embalses de relaves pueden tener ‘falla’ ambiental mientras se mantiene una integridad estructural suficiente (e.g., impactos a las aguas superficiales y subterráneas)]. Tanto el número total de presas de relaves como el número de fallas de las presas de relaves citados por Davies (2002) son probablemente demasiado bajos (World Mine Tailings Failures [Fallas de Relaves Mineros del Mundo], 2018). Sin embargo, el Independent Expert Engineering Investigation and Review Panel [Investigación de Ingeniería y Panel de Revisión de Expertos Independientes (2015) encontró una tasa de fallas similar en las presas de relaves de 1 en 600 por año durante el período 1969-2015 en Columbia Británica. (Ver World Mine Tailings Failures (2018) para obtener la información más actualizada sobre fallas de relaves mineros.)

Métodos de Construcción de Presas de Relaves

Todos los métodos de construcción de presas de relaves son medios para aprovechar las propiedades físicas muy diferentes de los dos tamaños de relaves, los cuales son las arenas (más grandes que 0,075 mm) y los limos (más pequeños que 0,075 mm). Estos dos tamaños están separados por gravedad en la facilidad de gestión de relaves. Normalmente, una mezcla de relaves y agua se descarga en el estanque de relaves desde la cresta de la presa a través de espigas que se conectan a una tubería que proviene de la planta de procesamiento de mena (ver Fig. 4). Las arenas más grandes se asientan más cerca de la presa para formar una playa. Los limos más pequeños y el agua viajan más lejos de la presa para formar un estanque de decantación donde los limos se asientan lentamente desde la suspensión. Cabe señalar que la playa es esencial para evitar que el estanque llegue a la cresta de la presa.



Figura 4. En la instalación de almacenamiento de relaves de la mina de cobre Highland Valley en Columbia Británica, los relaves húmedos se descargan en la dirección aguas arriba desde una tubería y espigas a lo largo de la cresta de la presa. Las partículas más grandes (arenas) se depositan cerca de la presa para formar una playa. Las partículas más pequeñas (limos) se transportan más lejos de la presa para formar un estanque de decantación. La precipitación de cobre en el estanque indica la extracción incompleta de cobre de la mena. La playa estrecha (especialmente en el lado opuesto, donde la playa es casi inexistente) hace que la presa sea susceptible de fallar por inundación. Foto tomada por el autor el 27 de septiembre de 2018.

Cada uno de los tres métodos comunes de construcción de presas de relaves (aguas arriba, aguas abajo y línea central) comienza con un dique inicial, el cual se construye a partir de suelo natural, escombros o relaves de un episodio anterior de procesamiento de mena (ver Figs. 5a-c). En el método de construcción aguas arriba, los diques sucesivos se construyen en la dirección aguas arriba a medida que aumenta el nivel de relaves almacenados. Como se mencionó anteriormente, es más común construir los diques sucesivos a partir de escombros o la fracción más gruesa de relaves (con la compactación apropiada). La ventaja del método es su bajo costo porque se requiere muy poco material para la construcción de la presa (ver Fig. 5a).

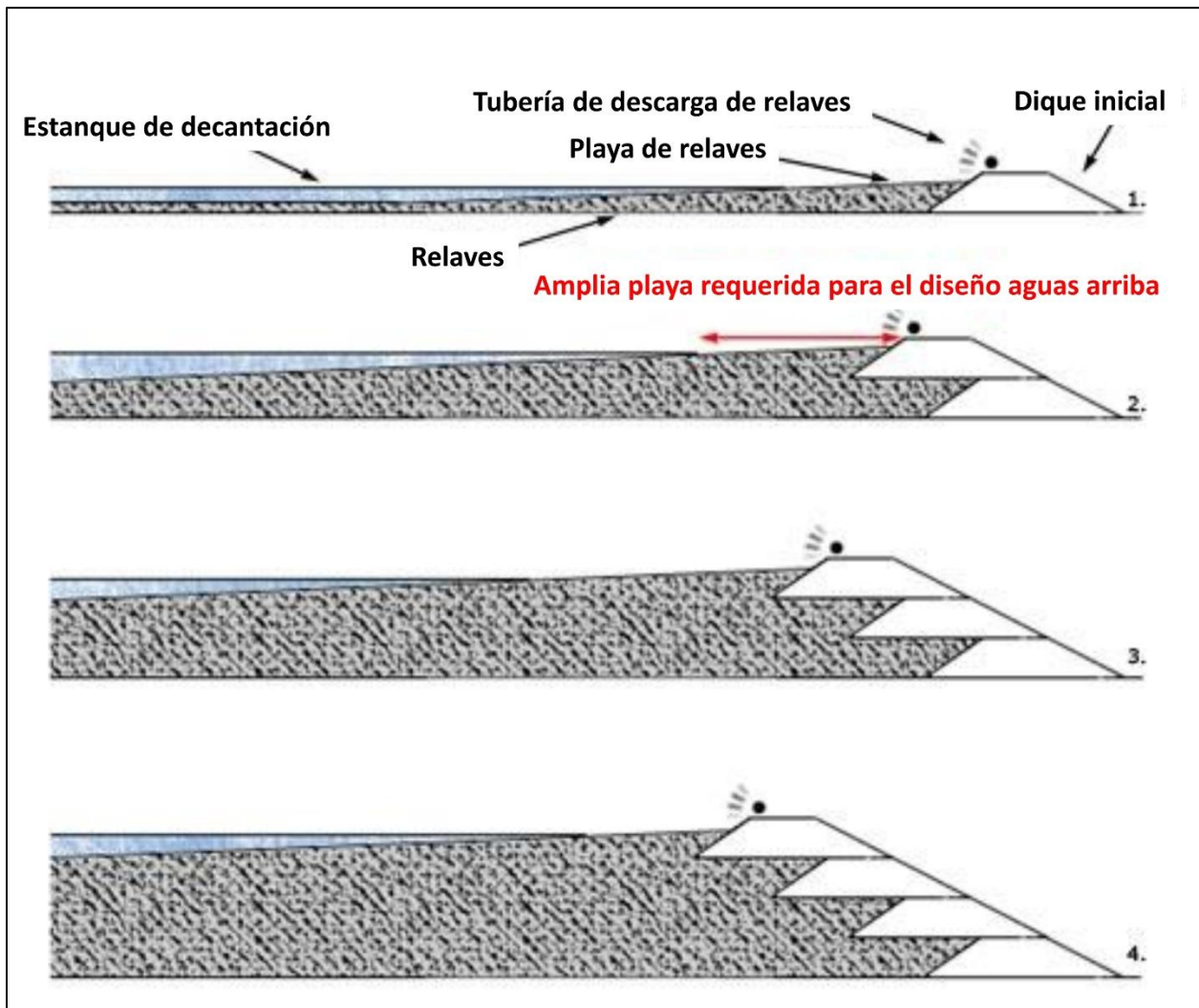


Figura 5a. En el método de construcción aguas arriba, los diques sucesivos se construyen en la dirección aguas arriba a medida que aumenta el nivel de relaves almacenados. Los diques pueden construirse con desechos mineros, suelo natural o la fracción más gruesa de relaves (con la compactación apropiada). La ventaja del método es su bajo costo porque se requiere muy poco material para la construcción de la presa. La desventaja es que la presa es susceptible a falla por licuefacción sísmica porque los relaves húmedos no compactados están debajo de la presa. Por esta razón, el método de construcción aguas arriba es ilegal en algunos países con actividad sísmica, como Chile. Las presas construidas por este método también son susceptibles de fallar por inundación cuando la playa sea demasiado estrecha debido a la cantidad insuficiente de arena en los relaves descargados o al exceso de agua en el estanque de decantación. Figura modificada de TailPro Consulting (2018).

El método de construcción aguas abajo es el más caro porque requiere la mayor cantidad de material de construcción (comparar Figs. 5a y 5b). En este método, los diques sucesivos se construyen en la dirección aguas abajo a medida que aumenta el nivel de relaves almacenados. De hecho, este método de construcción no es muy diferente de la construcción de una presa de tierra para la retención de agua (comparar Figs. 3 y 5b). Las diferencias son que una presa de retención de agua se construiría completamente a partir de un suelo natural adecuado (en lugar de relaves o escombros) y se construiría completamente antes de llenar el reservorio con agua.

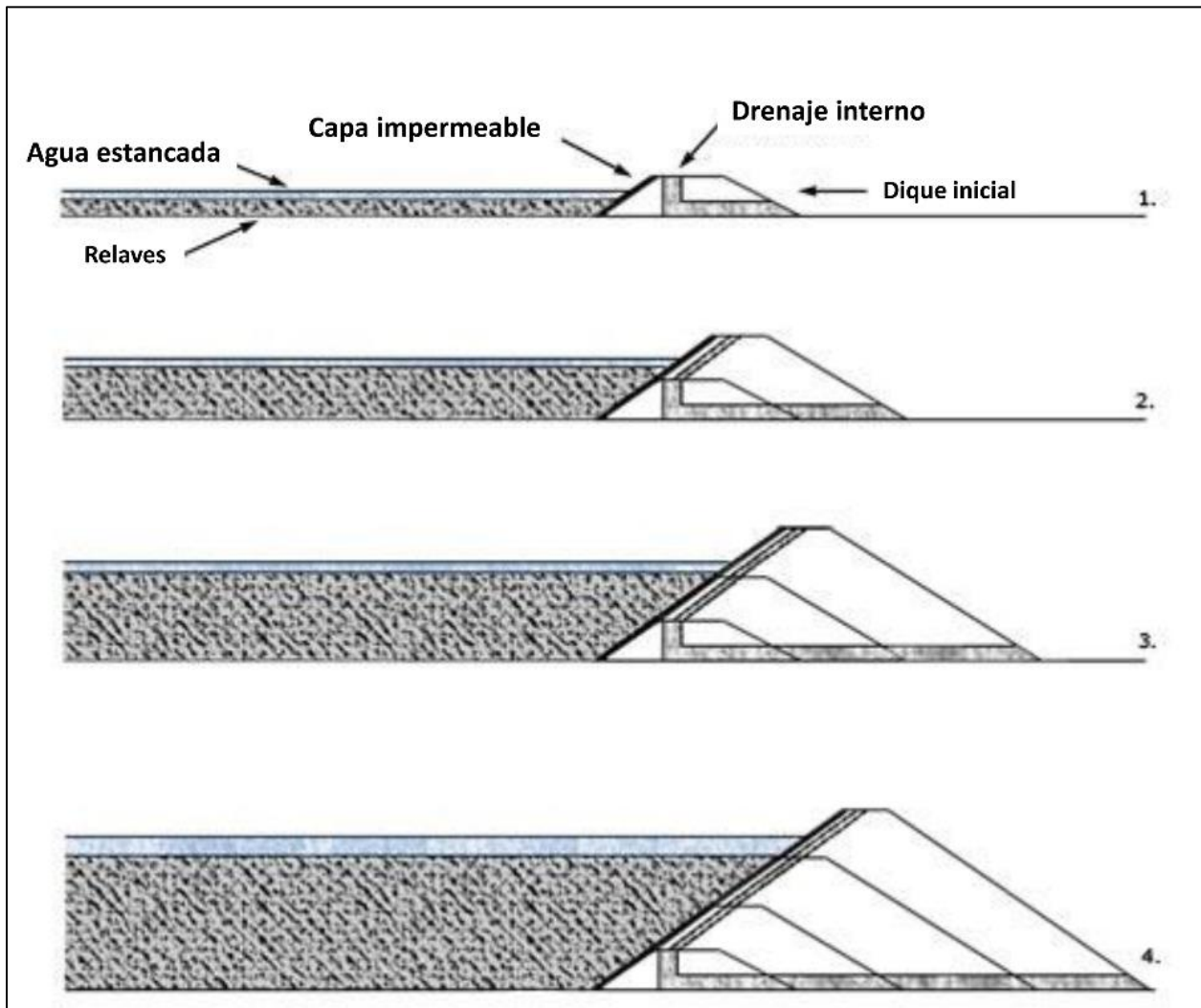


Figura 5b. En el método de construcción aguas abajo, los diques sucesivos se construyen en la dirección aguas abajo a medida que aumenta el nivel de relaves almacenados. Los diques pueden construirse con desechos mineros, suelo natural o la fracción más gruesa de relaves (con la compactación apropiada). La capacidad de instalar capas impermeables y drenajes internos disminuye el peligro de falla de la presa por inundación, erosión interna, licuefacción estática y falla de cimientos, todo lo cual puede resultar de un exceso de agua. La resistencia sísmica es alta porque no hay relaves sin compactar debajo de la presa. La desventaja del método es su alto costo debido a la cantidad de material requerido para construir los diques (comparar los volúmenes de diques en las Figs. 5a y 5b). De hecho, este método de construcción no es muy diferente de la construcción de una presa de tierra para la retención de agua (ver Fig. 3). Las diferencias son que una presa de retención de agua se construiría completamente a partir de un suelo natural adecuado (en lugar de relaves) y se construiría completamente antes de llenar el reservorio con agua.

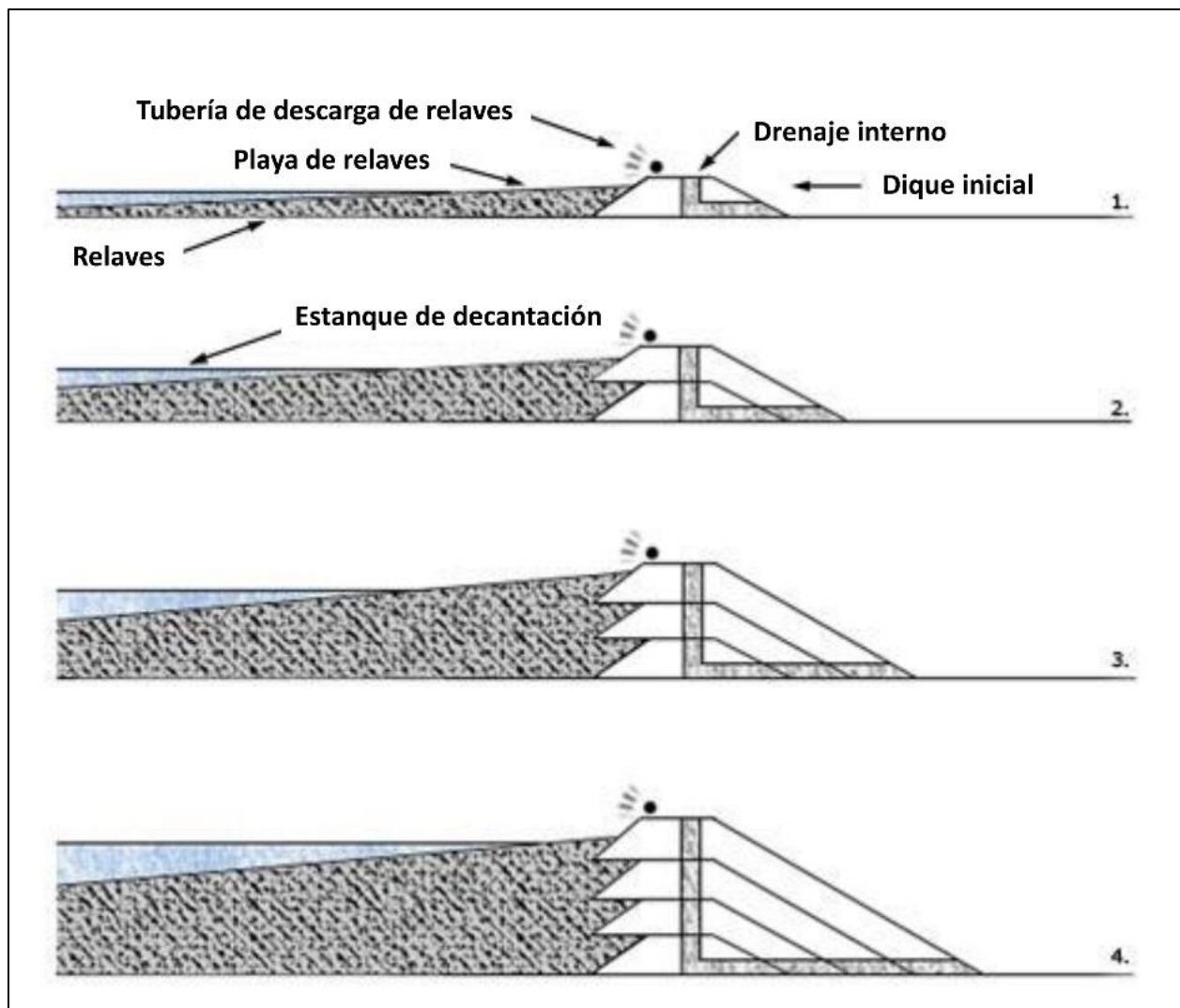


Figura 5c. En el método de construcción de línea central, los diques sucesivos se construyen colocando material de construcción sobre la playa y sobre la pendiente aguas abajo del dique anterior. Las líneas centrales de las subidas coinciden a medida que la presa se construye hacia arriba. Los diques pueden construirse con desechos mineros, suelo natural o la fracción más gruesa de relaves (con la compactación apropiada). La capacidad de instalar capas impermeables (ver Figura 8) y drenajes internos disminuye el peligro de falla de la presa por inundación, erosión interna, licuefacción estática y falla de cimientos, todo lo cual puede resultar de un exceso de agua. El método de línea central es intermedio entre los métodos aguas arriba y aguas abajo (ver Figuras 5a-b) en términos de costo y riesgo de falla. La resistencia sísmica es moderada porque todavía hay algunos relaves sin compactar debajo de los diques. Todavía es necesario mantener una playa adecuada para evitar la inundación de la presa. Por lo tanto, las presas construidas por este método son adecuadas para el almacenamiento temporal, pero no permanente, de agua (Vick, 1990). Actualmente, el método de construcción de línea central es el método más común para construir presas de relaves en el mundo.

El método de construcción de línea central es un equilibrio entre las ventajas y desventajas de la construcción aguas abajo y la construcción aguas arriba (comparar Figs. 5a-c). En este método, los diques sucesivos se construyen colocando material de construcción sobre la playa y sobre la pendiente aguas abajo del dique anterior. Las líneas centrales de las subidas coinciden a medida que la presa se construye hacia arriba (ver Fig. 5c). Aunque hay datos escasos sobre la frecuencia de los diferentes tipos de construcción de presas de relaves (World

Mine Tailings Failures, 2018) el método de construcción de línea central es probablemente el método más común para construir presas de relaves en el mundo. Las ventajas y desventajas de los diferentes tipos de construcción en términos de capacidad para resistir fallas catastróficas se discutirán después de revisar las causas comunes de fallas en las presas de relaves.

Causas de Falla de las Presas de Relaves

La causa inmediata de la mayoría de las fallas catastróficas de las presas de relaves es el fenómeno de licuefacción (ver Fig. 6). Normalmente, aunque hay agua intersticial entre las partículas sólidas en suelo o relaves, las partículas se tocan entre sí de modo que la carga es soportada por las partículas sólidas (y parcialmente por el agua). Durante la licuefacción, las partículas sólidas se separan de modo que el agua entra entre las partículas, las partículas ya no se tocan entre sí y el agua soporta toda la carga. Como resultado, la masa de partículas sólidas y agua se comporta como un líquido sin resistencia al corte.

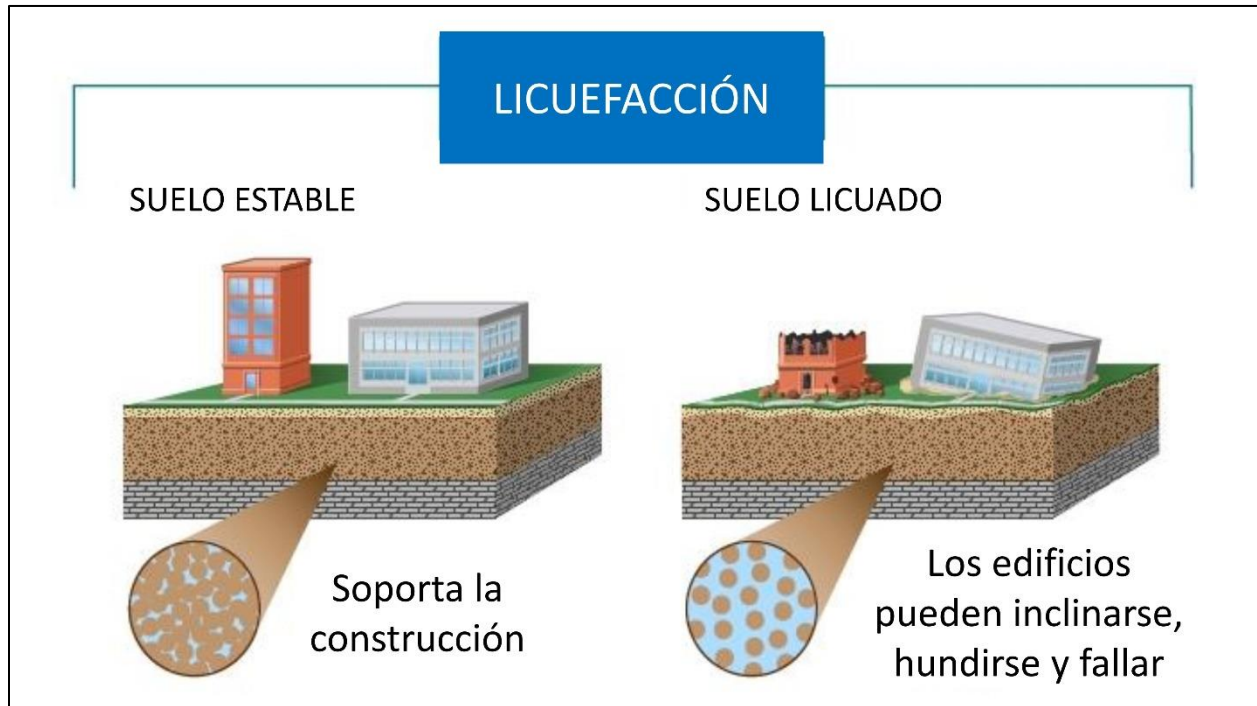


Figura 6. En un depósito de relaves o un suelo natural, aunque hay agua intersticial en los poros entre las partículas sólidas, las partículas se tocan entre sí, de modo que la carga es soportada por las partículas sólidas (y parcialmente por el agua). En el fenómeno de licuefacción estática, una combinación de agua excesiva y carga excesiva hace que las partículas se separen, de modo que el agua intersticial soporta toda la carga. Como resultado, la masa de partículas sólidas y agua se comporta como un líquido. El fenómeno de la licuefacción sísmica (o dinámica) se produce cuando, durante el temblor sísmico, las partículas se asientan en un estado de mayor densidad. Si esto ocurriera lentamente, el agua entre las partículas se forzaría hacia arriba y fuera de los espacios entre las partículas. Sin embargo, debido a que el temblor sísmico se produce tan rápidamente, el agua no tiene tiempo para salir de entre las partículas. En su lugar, el agua se comprime y la presión de agua elevada hace que las partículas se separen para que no se toquen entre sí. Los estanques de relaves son especialmente susceptibles tanto a la licuefacción estática como a la sísmica porque los relaves están muy sueltos debido a la descarga en el estanque sin compactación (ver Fig. 4).

Las cinco causas más importantes de falla de presas de relaves son inundaciones, terremotos, licuefacción estática, fallas en los cimientos y erosión interna. Cada una de estas cinco causas puede comprenderse en términos del fenómeno de la licuefacción. El temblor que se produce durante los terremotos hace que los relaves se asienten en un estado de mayor densidad. Este asentamiento es mucho más común en los relaves que en un suelo natural porque los relaves están muy sueltos debido a la descarga en el estanque sin compactación (ver Fig. 4). Si el asentamiento se produjo lentamente, el agua entre las partículas se forzaría hacia arriba y fuera de los espacios entre las partículas. Sin embargo, debido a que el temblor sísmico se produce tan rápidamente, el agua no tiene tiempo para salir de entre las partículas. En su lugar, el agua se comprime y la presión de agua elevada hace que las partículas se separen para que no se toquen entre sí.

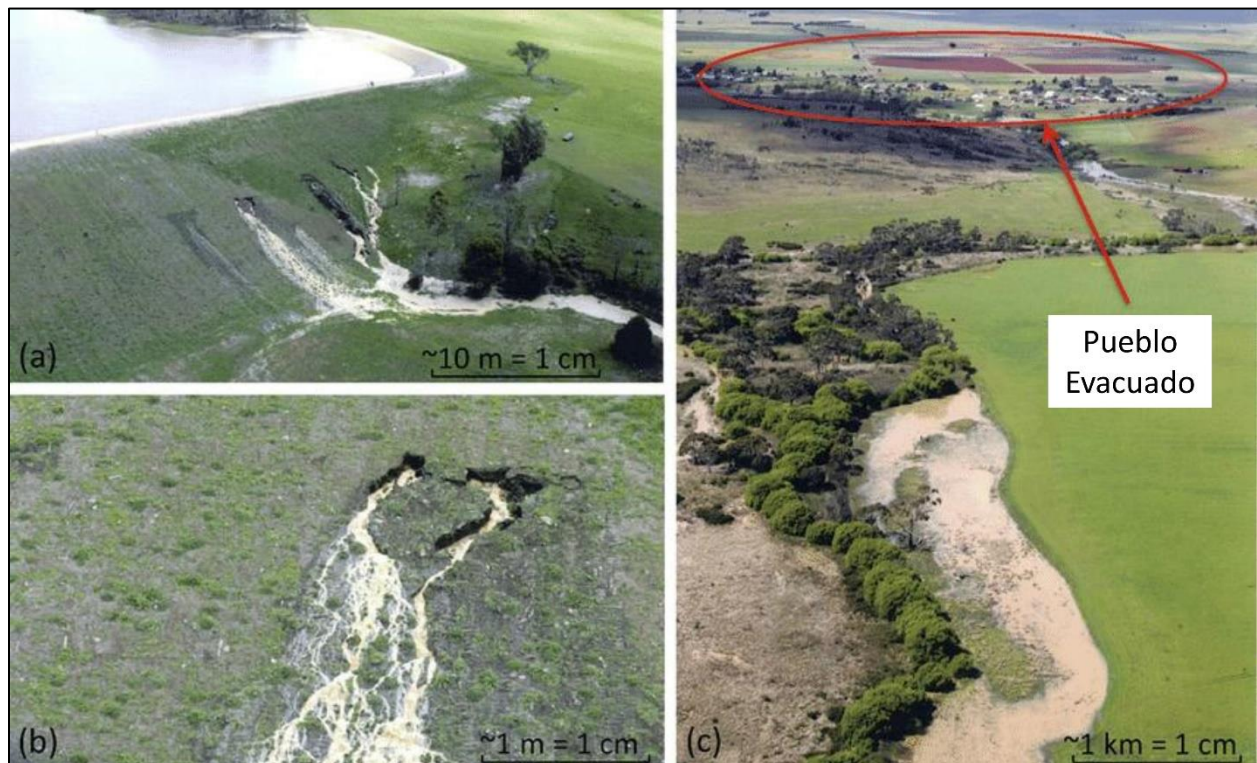


Figura 7. La erosión interna (también llamada canalización) causó la falla de una presa de tierra en Tunbridge, Australia, en 2005. Durante la erosión interna, la filtración transporta partículas sólidas fuera de la presa para que la presa pierda integridad estructural. La erosión interna puede considerarse un tipo de licuefacción porque el agua soporta la carga de la presa. La erosión interna es promovida por una pendiente excesivamente pronunciada del terraplén y el alto gradiente hidráulico resultante, lo que obliga al agua a fluir a través de la presa. Foto modificada de Fisher et al. (2017).

Además de la licuefacción dinámica que ocurre durante los terremotos, la licuefacción estática puede ocurrir simplemente debido a la consolidación (asentamiento) de los relaves. La licuefacción estática puede resultar de una combinación de carga excesiva, agua excesiva y una tasa excesiva de adición de relaves. Si la permeabilidad de la masa de relaves es lo suficientemente baja, entonces los relaves pueden consolidarse sin suficiente tiempo para que el agua se escape. En su lugar, el agua se comprime y la presión de agua elevada hace que las partículas se separen para que no se toquen entre sí. Al igual que con la licuefacción sísmica, la licuefacción estática es promovida por el estado suelto inicial de los relaves. La falla del

cimiento (el suelo debajo de la facilidad de gestión de relaves o la presa en sí) suele ser también un tipo de licuefacción estática. La falla del cimiento puede ocurrir cuando la carga excesiva o el agua excesiva en la masa de relaves fuerza el agua en un cimiento que tiene permeabilidad insuficiente para que el agua puede pasar a través del cimiento.

Las inundaciones que hacen que el agua sobrepase las presas de tierra casi siempre dan como resultado la falla completa de la presa. El agua encima de la cresta de la presa causa la saturación de la presa y el exceso de peso del encima de la presa puede forzar la separación de las partículas sólidas, la cual es un tipo de licuefacción. Las inundaciones también pueden destruir presas por eliminación de las partes superiores de la presa. Además de derramar el contenido detrás de la presa, la eliminación de las partes superiores de la presa reduce el peso total de la presa y, por lo tanto, la capacidad de la presa para resistir la presión del material detrás de la presa. Además, las presas de relaves pueden caer simplemente debido al agua que fluye por el terraplén, lo que causa la erosión de la presa.

La última causa común de falla de las presas de relaves es la erosión interna, la cual se produce cuando la filtración de agua a través de la presa transporta los relaves u otro material de construcción fuera de la presa (ver Fig. 7). La erosión interna puede crear un canal abierto en la presa (de modo que la erosión interna también se llama canalización), lo que hace que la presa pierda integridad estructural. La erosión interna puede considerarse un tipo de licuefacción porque el agua soporta la carga de la presa. La erosión interna es promovida por una pendiente excesivamente pronunciada del terraplén y el alto gradiente hidráulico resultante, lo que obliga al agua a fluir a través de la presa (notar una pendiente excesivamente pronunciada del terraplén en Fig. 7). (El gradiente hidráulico es la caída en el nivel freático a través de la presa dividida para la longitud de la presa.)

Métodos de Construcción y Causas de Falla

Los métodos comunes de construcción de presas de relaves ahora se pueden analizar en términos de su vulnerabilidad a las causas comunes de la falla de las presas. No será sorprendente que los métodos de construcción más costosos también sean menos vulnerables a la falla. En particular, el método de construcción aguas arriba es el más susceptible a fallas durante los terremotos. Dado que el método de construcción aguas arriba construye la presa sobre los relaves no compactados (ver Fig. 5a), la licuefacción de esos relaves resultará en el inevitable colapso de la presa, ya que la presa no tendrá soporte. Por esta razón, el método de construcción aguas arriba es ilegal en Chile, debido a su alto potencial de terremotos fuertes (Fourie et al., 2013) e incluso en Brasil, donde el potencial para grandes terremotos es mucho menor (Imprensa Nacional [Prensa Nacional], 2018). Además, el método de construcción aguas arriba es el más susceptible a fallas por inundaciones porque la única característica que impide que el estanque llegue a la presa es la presencia de la playa. La playa puede ser sobrepasada por el estanque si hay una gran precipitación en la cuenca de la facilidad de gestión de relaves o incluso si no hay suficiente arena en los relaves para formar una playa adecuada. Por ejemplo, el estanque de relaves en la mina de cobre Highland Valley tiene una playa muy estrecha, el cual casi no existe en el lado más alejado del estanque de relaves (ver Fig. 4). Esta playa estrecha es probablemente el resultado de la insuficiencia de partículas más gruesas en la corriente de relaves desde la planta de procesamiento de mena. (La presa de relaves en la mina de cobre Highland Valley fue construida en realidad por el método de línea central. Aunque una playa adecuada sigue siendo

importante, las presas de relaves construidas por el método de línea central tienen otros medios para reducir el riesgo de inundaciones, como se explica a continuación.)

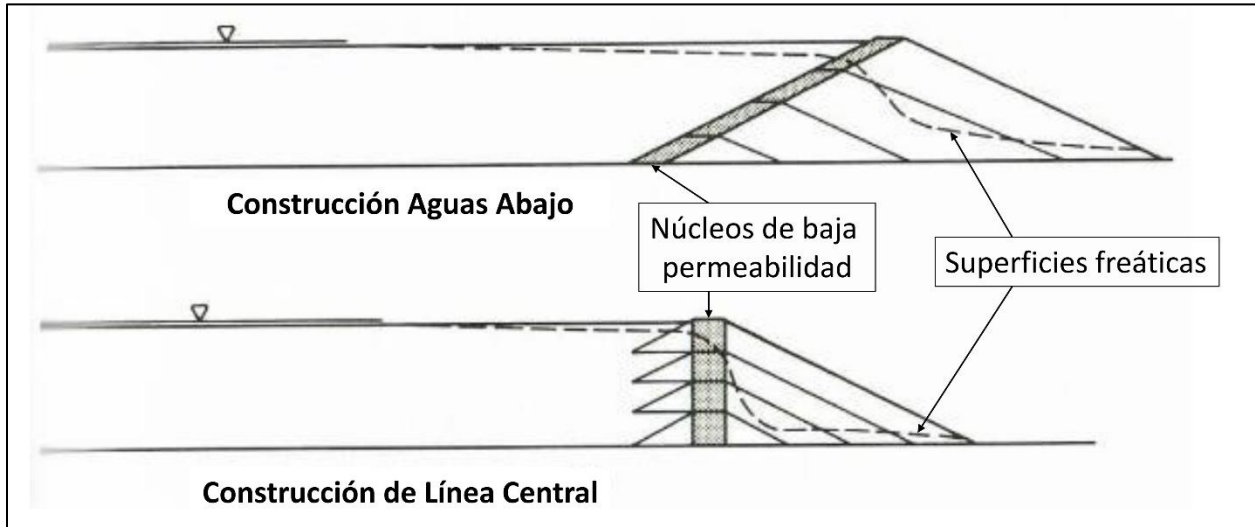


Figura 8. Una de las ventajas de los métodos de construcción aguas abajo y de línea central es que es posible instalar núcleos de baja permeabilidad para abatir el nivel freático en el pie de la presa. Este descenso del nivel freático reduce la probabilidad de erosión interna de la presa (ver Figura 7), licuefacción estática de la presa, y falla del cemento debajo de la presa. Estos núcleos de baja permeabilidad son casi imposibles de instalar cuando se usa el método de construcción aguas arriba (ver Figura 5a). Figura modificada de Vick (1990).

Debe quedar claro que bajar el nivel freático dentro de las facilidades de gestión de relaves y especialmente dentro de la presa de relaves puede reducir el riesgo de todas las formas de licuefacción. El nivel freático se puede bajar en los métodos de construcción aguas abajo y línea central mediante la instalación de los núcleos de baja permeabilidad en el lado aguas arriba de la presa (ver Figs. 5b y 8). En el método de construcción aguas arriba no hay ningún lugar para colocar un núcleo de baja permeabilidad ni una capa impermeable, de modo que cualquier mención de una capa impermeable debe indicar que no se está utilizando el método de construcción aguas arriba. Tanto el método de construcción aguas abajo como el de línea central permiten la instalación de drenajes de chimenea y drenajes de mantas (ver Figs. 5b-c y 9), las cuales son otras formas de bajar el nivel freático. El método de construcción aguas arriba no se acomoda a ningún lugar para instalar un drenaje de chimenea (ver Fig. 5a), aunque son posibles los drenajes de mantas (ver Fig. 9).

La posibilidad de erosión interna también se puede reducir por abatir el nivel freático. Además, se pueden instalar filtros para evitar el transporte de material de construcción fuera de la presa por filtración (ver Fig. 3). Estos filtros deben diseñarse de manera que atrapen partículas finas, permitan el paso del agua (para que la capa freática se mantenga baja) y no se obstruyan con partículas finas. Sin embargo, dado que la principal fuerza motriz para la erosión interna es el gradiente hidráulico, el cual es esencialmente la inclinación del terraplén, una inclinación de 1V:1H (una caída vertical de un metro para una distancia horizontal de un metro, equivalente a 45°), se considera como el ángulo máximo crítico para la prevención de la erosión interna (Le Poudre, 2015). Según la European Commission [Comisión Europea] (2009), “*the upstream dam should have a downstream slope of less than 1V:3H* [la presa aguas arriba debe tener una inclinación de menos de 1V:3H]. Además, la European Commission (2009) recomienda que las inclinaciones del terraplén no deben ser más pronunciadas que 1V:3H para ninguna presa que

almacena relaves de metales básicos (que incluyen menas de cobre). El U.S. Army Corps of Engineers [Cuerpo de ingenieros del ejército de EE. UU.] es aún más conservador y exige que “*for sand levees, a 1V on 5H landside slope is considered flat enough to prevent damage from seepage exiting on the landside slope*” [para los diques de arena, una inclinación de 1V:5H se considera lo suficientemente plana como para evitar daños por filtraciones que salen de la pendiente de tierra] (USACE, 2000). Aunque no existe una base de datos de inclinaciones de terraplén para las presas de relaves, la experiencia del autor es que una inclinación de 1V:2H (equivalente a $26,6^\circ$ con respecto a la horizontal) es la más común.

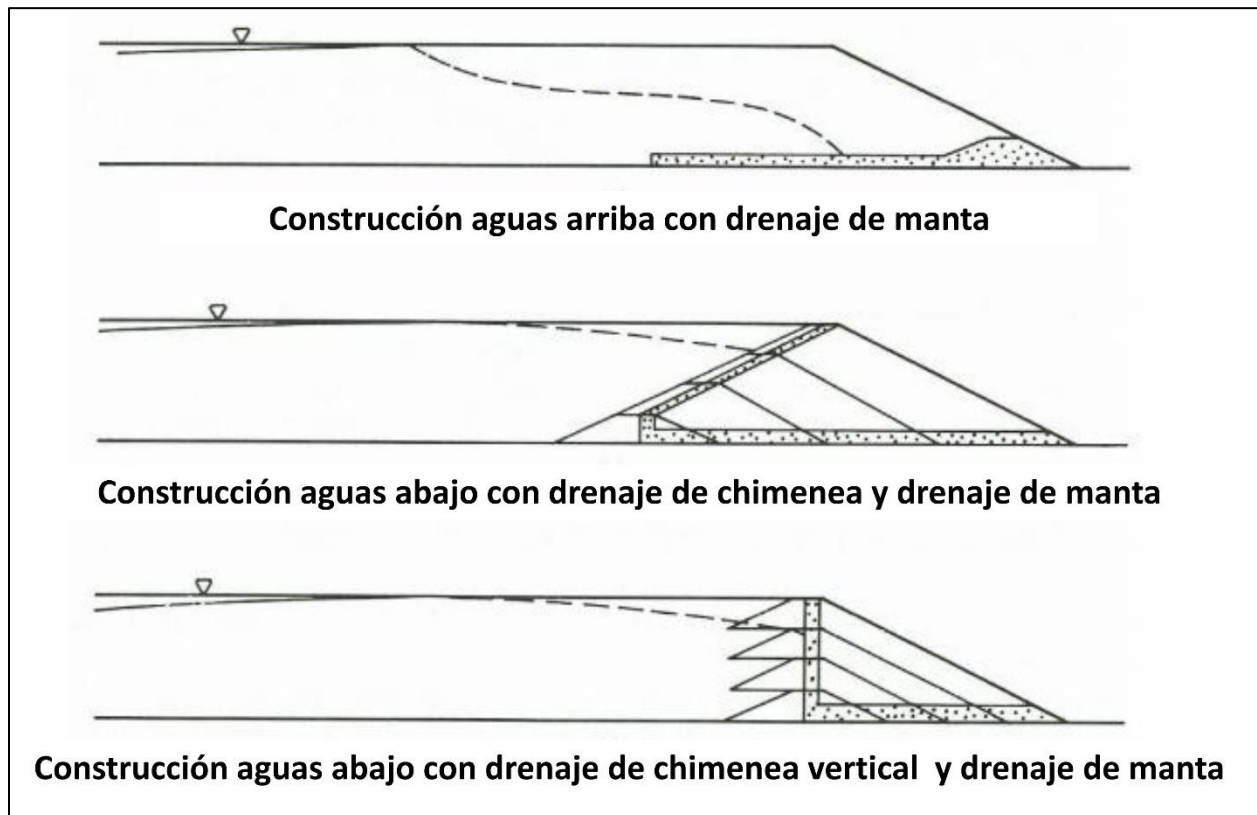


Figura 9. Es posible instalar drenajes de manta utilizando los tres métodos de construcción, aunque los drenajes de chimenea pueden instalarse utilizando sólo los métodos de construcción aguas abajo y de línea central. Estos drenajes abaten el nivel freático y reducen la probabilidad de erosión interna de la presa (ver Figura 7), licuefacción sísmica de los relaves, licuefacción estática de la presa o depósito de relaves, y falla del cimientó debajo de la relavera. Figura modificada de Vick (1990).

Sobre el tema de la prevención de la erosión interna, vale la pena considerar este pasaje del libro de texto estándar sobre ingeniería geotécnica de Holtz et al. (2011), “*For practical problems, especially where there is a danger that i [the hydraulic gradient] could approach i_c [the critical hydraulic gradient], you should be very conservative in your design. Use a factor of safety of at least 5 or 6 in such cases. For one thing, failure is usually catastrophic and occurs rapidly and with little warning. For another, it is extremely difficult to know exactly what is going on underground, especially locally. Local defects, gravel pockets, etc., can significantly alter the flow regime and concentrate flow, for example, where you might not want it and not be prepared for it... Since failure of cofferdams is often catastrophic, it is extremely important that large factors of safety be used, especially where people's lives are at stake. Failures of earth*

structures resulting from piping have caused more deaths than all other failures of civil engineering structures combined. Therefore, your responsibility is clear – be careful and conservative, and be sure of your ground conditions and design” [Para problemas prácticos, especialmente cuando existe el peligro de que i [el gradiente hidráulico] pueda acercarse a i_c [el gradiente hidráulico crítico], usted debe ser muy conservador en su diseño. Use un factor de seguridad de al menos 5 ó 6 en tales casos. Por un lado, la falla suele ser catastrófica y ocurre rápidamente y con poca advertencia. Por otro lado, es extremadamente difícil saber exactamente qué sucede bajo tierra, especialmente a nivel local. Los defectos locales, las cavidades de grava, etc., pueden alterar significativamente el régimen de flujo y concentrar el flujo, por ejemplo, donde es posible que no lo desee y no esté preparado para ello... Dado que la falla de las ataguías es a menudo catastrófica, es extremadamente importante que se usen grandes factores de seguridad, especialmente cuando las vidas de las personas están en juego. Las fallas de las estructuras de tierra resultantes de la canalización han causado más muertes que todas las otras fallas de las estructuras de ingeniería civil combinadas. Por lo tanto, su responsabilidad es clara – sea cuidadoso y conservador, y asegúrese de sus condiciones de terreno y su diseño”.

Criterios de Seguridad para el Diseño de Presas de Relaves

El paso más importante para diseñar presas para evitar fallas catastróficas de inundaciones y terremotos es elegir la inundación de diseño apropiada y el terremoto de diseño apropiado. El terremoto de diseño es realmente una aceleración sísmica de diseño, que depende de la magnitud del terremoto de diseño, la distancia desde la falla en la que se espera que ocurra el terremoto, y la naturaleza del material debajo de la presa. Estos criterios de diseño dependen del potencial de peligro o las consecuencias de la falla. Por ejemplo, la (EE. UU.) Federal Emergency Management Agency [Agencia Federal para la Gestión de Emergencias] clasifica las presas en tres categorías según el potencial de peligro (FEMA, 2013). Potencial de alto peligro significa “*probable loss of life due to dam failure or misoperation*” [la probable pérdida de vida debido a la falla o mal funcionamiento de la presa]. Se aclara que “*probable loss of life*” [la probable pérdida de vida] se refiere a “*one or more expected fatalities*” [una o más muertes esperadas] y que “*economic loss, environmental damage or disruption of lifeline facilities may also be probable but are not necessary for this classification*” [la pérdida económica, el daño ambiental o la interrupción en las instalaciones vitales también pueden ser probables, pero no son necesarios para esta clasificación]. Un potencial de peligro significativo significa “*no probable loss of human life but can cause economic loss, environmental damage, or disruption of lifeline facilities due to dam failure or misoperation*” [no hay pérdida probable de vidas humanas, pero puede causar la pérdida económica, el daño ambiental o la interrupción en las instalaciones vitales debido a la falla o mal funcionamiento de la presa]. Potencial de bajo peligro significa “*no probable loss of human life and low economic and/or environmental losses due to dam failure or misoperation*” [no hay pérdida probable de vidas humanas y bajas pérdidas económicas y/o ambientales debido a la falla o mal funcionamiento de la presa].

Cada una de las clasificaciones de potencial de peligro corresponde a una inundación de entrada de diseño (FEMA, 2013). Una presa con un potencial de bajo peligro debe diseñarse para una inundación de 100 años (inundación con una probabilidad de excedencia del 1% en un cualquier año dado) o “*a smaller flood justified by rationale*” [una inundación más pequeña justificada por razones fundamentadas]. Una presa con un potencial de peligro significativo debe diseñarse para una inundación de 1.000 años (inundación con una probabilidad de excedencia de

0,1% en cualquier año dado). Sin embargo, una presa cuya falla se espera que resulte en la pérdida de al menos una vida (potencial de alto peligro) debe diseñarse para la Inundación máxima probable (IMP), que se define como “*the flood that may be expected from the most severe combination of critical meteorologic and hydrologic conditions that are reasonably possible in the drainage basin under study*” [la inundación que se puede esperar de la combinación más severa de condiciones meteorológicas e hidrológicas críticas que son razonablemente posibles en la cuenca de drenaje en estudio]. La magnitud del IMP normalmente se deriva de la Precipitación máxima probable (PMP), que se define como “*the theoretical greatest depth of precipitation for a given duration that is physically possible over a particular drainage area at a certain time of year*” [la mayor profundidad de precipitación teórica para un período determinado que es físicamente posible en un área de drenaje particular en una cierta época del año]. Las magnitudes de PMP se han determinado para la mayoría de los Estados Unidos (NWS-HDSC, 2017), así como para la mayoría del mundo desarrollado. Los procedimientos para la determinación del PMP han sido descritos por la World Meteorological Organization [Organización meteorológica mundial] (WMO, 2009). Vale la pena señalar que, según el U.S. Army Corps of Engineers [Cuerpo de ingenieros del ejército de EE. UU.], “*the PMF does not incorporate a specific exceedance probability, but is generally thought to be well beyond the 10,000 year recurrence interval*” [la IMP no incorpora una probabilidad de excedencia específica, pero en general se considera que está mucho más allá del intervalo de recurrencia de 10.000 años] (USACE-HCE, 2003).

De manera similar, cada uno de los potenciales de peligro corresponde a un terremoto de diseño. Según la Federal Emergency Management Agency, el Terremoto máximo creíble (TMC), es “*the largest earthquake magnitude that could occur along a recognized fault or within a particular seismotectonic province or source area under the current tectonic framework*” [la mayor magnitud de terremoto que podría ocurrir a lo largo de una falla conocida o dentro de una provincia sismotectónica particular o área fuente bajo el marco tectónico actual] (FEMA, 2005). Además, para las presas de potencial de alto peligro, “*the MDE [Maximum Design Earthquake] usually is equated with the controlling MCE*” [el MDE [Terremoto de diseño máximo] por lo general se equipara con el TMC de control]. Al igual que en las inundaciones de diseño, “*where the failure of the dam presents no hazard to life, a lesser earthquake may be justified, provided there are cost benefits and the risk of property damage is acceptable*” [donde la falla de la presa no representa un peligro para la vida, se puede justificar un terremoto menor, siempre que haya beneficios de costo y el riesgo de daños a la propiedad sea aceptable]. Del mismo modo, el U.S. Army Corps of Engineers ha enfatizado “*There is no return period for the MCE*” [No hay ningún período de retorno para el TMC] (USACE, 2016). Sin embargo, algunas directrices no gubernamentales más antiguas, como la National Fire Protection Association [Asociación Nacional de Protección contra Incendios] de EE. UU. definieron el TMC como “*ground motion having a 2 percent probability of exceedance within a 50 year period (2475 year return period)*” [movimiento de tierra con una probabilidad del 2 por ciento de excedencia dentro de un período de 50 años (período de retorno de 2.475 años)] (NFPA, 2001).

Las directrices de la Canadian Dam Association [Asociación canadiense de presas] (2013) también son ampliamente reconocidas. Estas directrices incluyen cinco categorías de riesgo. El riesgo para cualquier población permanente coloca a una presa en las tres categorías del mayor riesgo, en las que las categorías de alto riesgo, riesgo muy alto y riesgo extremo corresponden a muertes esperadas de diez o menos, 100 o menos, y más de 100, respectivamente. Las directrices consideran los criterios de diseño de inundaciones y terremotos

basados tanto en un enfoque informado por riesgo como un enfoque tradicional, basado en estándares. Según el enfoque informado por riesgo, la probabilidad de excedencia anual mínima de la inundación o el terremoto de diseño en la categoría de riesgo muy alto o riesgo extremo debe ser 1/10.000 (correspondiente a un período de retorno de 10.000 años). Según el enfoque tradicional, basado en estándares, para una presa en la categoría de riesgo muy alto, la inundación de diseño debe ser 2/3 entre la inundación de 1.000 años y la IMP, mientras que el terremoto de diseño debe estar a medio camino entre el terremoto de 2.475 años y ya sea el terremoto de 10.000 años o el TMC. Para una presa en la categoría de riesgo extremo, la inundación de diseño debe ser la IMP, mientras que el terremoto de diseño debe ser el terremoto de 10.000 años o el TMC. Hay muchas otras directrices para las inundaciones de diseño en uso en todo el mundo y estas fueron revisadas exhaustivamente por FEMA (2012).

DISEÑO DE LA FACILIDAD DE GESTIÓN DE RELAVES EN LA MINA MIRADOR

Versión Anterior y sus Críticas

Antes de la presentación del primer Estudio de impacto ambiental para la mina Mirador en 2010 (Walsh Scientists and Engineers [Científicos e Ingenieros Walsh], 2010a-b, 2011a), Ecuacorriente S.A. contrató a Knight-Pièsold (2007) para revisar el diseño de la facilidad de gestión de relaves. La revisión en inglés de Knight-Pièsold (2007) también contiene un excelente resumen del diseño. El diseño anterior incluía el procesamiento de 27.000 toneladas de mena por día con el almacenamiento permanente de los relaves en la relavera Quimi (ver Fig. 2). El cimiento de la facilidad sería suelo aluvial con lecho de roca competente a una profundidad de 75-100 metros. La presa Quimi tendría 63 metros de altura después de su altura final y se construiría usando el método de línea central con una inclinación de terraplén de 1V:2H (ver Fig. 10). El procesamiento de mena daría como resultado un 2% de concentrado (destinado al envío para procesamiento adicional), un 87% de relaves más gruesos (arenas) y un 11% de relaves más finos (limos). La mezcla de agua y relaves se transportaría a la relavera Quimi sin deshidratar con 66,5% de agua para los relaves más gruesos y 79% de agua para los relaves más finos (porcentaje en peso). El dique inicial para la presa se construiría con suelo natural disponible localmente. Se obtendría el material para la construcción de los diques sucesivos mediante la separación ciclónica de los relaves en forma de arenas para separar la fracción más gruesa, estimada en 23% de los relaves en forma de arenas, la cual sería adecuada para la construcción de las presas. Se enfatizó que *“the entire cycloned sand production, based on the 23% recovery, is required to provide the quantity of fill required to raise the embankment during operations”* [toda la producción de arena ciclónica, basada en la recuperación del 23%, se requiere para proporcionar la cantidad de relleno requerido para elevar el terraplén durante las operaciones].

Una parte significativa del diseño involucró los medios por los cuales se evitaría la contaminación del agua subterránea por el drenaje ácido de mina (DAM). El componente principal del DAM es el ácido sulfúrico que resulta de la oxidación de los minerales de sulfuro después de que se exponen al oxígeno en la superficie como relaves. Si se permite que el DAM ingrese al agua subterránea o superficial, puede degradar el suministro público de agua y los organismos acuáticos a través de la acidificación y la contaminación por los metales pesados que formaban parte de la estructura cristalina de los minerales sulfurosos. La acidificación de los ríos aguas abajo también puede movilizar los metales pesados que se almacenan en los sedimentos en los lechos de los ríos. La posibilidad de DAM se abordó en la propuesta por compactar el suelo

natural para crear un revestimiento de baja permeabilidad en la base de la facilidad. Además, se encontró que sólo los relaves más finos serían sulfurosos y, por lo tanto, generadores potenciales de DAM. Estos relaves más finos se descargarían por debajo del nivel del estanque en la parte posterior de la facilidad de gestión de relaves para evitar su oxidación. Finalmente, “*post-closure surface grading will ensure the cleaner tailings remain saturated in perpetuity*” [la nivelación de la superficie posterior al cierre garantizará que los relaves más finos permanezcan saturadas a perpetuidad] (Knight-Pièsold, 2007).

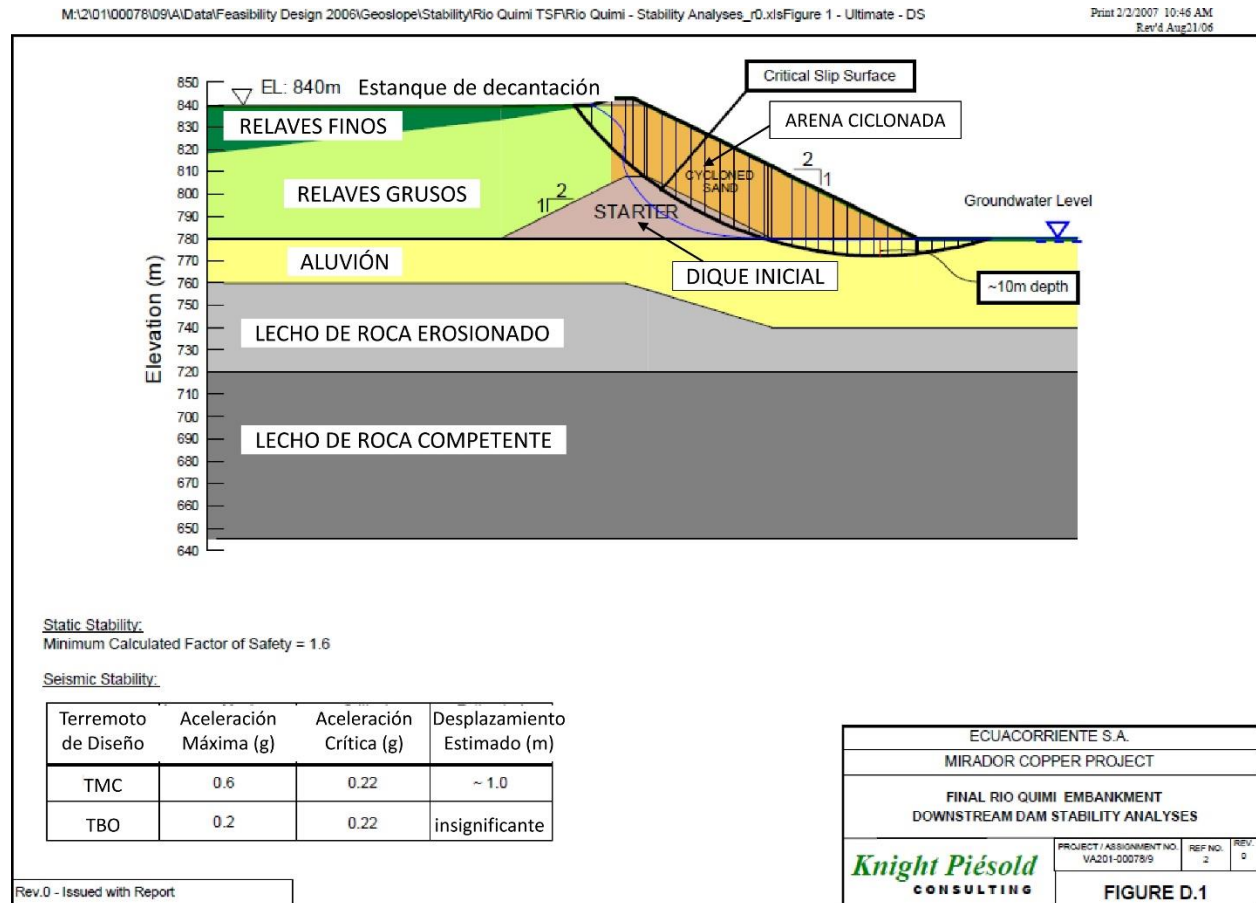


Figura 10. Knight-Pièsold (2007), consultores contratados por Ecuacorriente S.A., determinó que “toda la profundidad del depósito de relaves es potencialmente licuable para el TDE [terremoto de diseño máximo] y TBO [terremoto de base operativa]. La licuefacción también se predice para los suelos aluviales sueltos cerca de la superficie (en los 10 metros superiores) para el TDE y el TBO”. Knight-Pièsold (2007) identificó el TDE con el TMC (terremoto máximo creíble). El terremoto de base operativa es el terremoto que se espera que ocurra durante la vida del proyecto. Notar que se predijo que las aceleraciones máximas durante la TMC y la OBE serían de 0,6 g y 0,2 g, respectivamente, mientras que la aceleración crítica para la licuefacción se calculó ser 0,22 g, donde g es la aceleración debida a la gravedad. Knight-Pièsold (2007) recomendó que “se requerirá una mejora del terreno para aumentar la resistencia a la licuefacción de estos suelos sueltos dentro de la huella del terraplén y en una distancia aguas abajo del terraplén. Los análisis de estabilidad indican que una zona de terreno de 100 metros de ancho requerirá tratamiento a lo largo de la alineación del terraplén”. Sin embargo, no hubo detalles ni garantías de que la “mejora del terreno” eliminaría la posibilidad de licuefacción del cimentación. El diagrama de Knight-Pièsold (2007) aclara que el diseño previo de la presa para relavera Quimi incluía la construcción de línea central y una inclinación de terraplén de 1V:2H. Figura modificada de Knight-Pièsold (2007).

Con base en el potencial de pérdida de vidas y las consecuencias ambientales y económicas que resultaría de la falla de la presa de relaves, Knight-Pièsold (2007) otorgó a la presa de relaves una evaluación de riesgo MUY ALTA (su capitalización) utilizando el sistema de clasificación de la Canadian Dam Association (2013). Knight-Pièsold (2007) recomendó que la presa se diseñara utilizando la IMP como criterio de seguridad, que es incluso más estricto de lo que recomienda la Canadian Dam Association (2013). Sin embargo, Knight-Pièsold (2007) admitió la dificultad de estimar correctamente la IMP ya que “*the available regional records [of precipitation] are not particularly long, nor are the data considered to be of exemplary quality*” [los registros regionales disponibles [de precipitación] no son particularmente largos, ni los datos se consideran de calidad ejemplar]. Además, “*the only appropriate data that were obtained [for estimating streamflow] are for gauging stations on the Zamora and Sabanilla rivers, which are located to the southwest of the project area*” [los únicos datos apropiados que se obtuvieron [para estimar los caudales de los ríos] son estaciones de aforo en los ríos Zamora y Sabanilla, los cuales se encuentran al suroeste del área del proyecto]. Además, Knight-Pièsold (2007) recomendó que el terremoto de diseño máximo (MDE) sea el MCE, que también es más estricto de lo que recomienda la Canadian Dam Association (2013).

La parte crítica de la revisión de Knight-Pièsold (2007) fue el análisis de estabilidad sísmica, el cual dijo que “*the entire depth of the tailings deposit is potentially liquefiable for the MDE and OBE [Operating Base Earthquake]. Liquefaction is also predicted for the loose alluvial soils near surface (in the upper 10 meters) for the MDE and OBE*” [toda la profundidad del depósito de relaves es potencialmente licuable para el MDE y el OBE [Terremoto de base operativa]. La licuefacción también se predice para los suelos aluviales sueltos cerca de la superficie (en los 10 metros superiores) para el MDE y el OBE] (ver Fig. 10). El OBE es el terremoto que se espera que ocurra durante la vida de un proyecto. Knight-Pièsold (2007) definió el OBE como el terremoto con un período de retorno de 475 años, el cual es equivalente a una probabilidad de excedencia anual de 0,21% y una probabilidad de excedencia durante los 30 años de vida del proyecto de 6,13%. En otras palabras, Knight-Pièsold (2007) dijo que la probabilidad era de 6,13% de que toda la masa de relaves, así como el cimiento, se sometieran a licuefacción sísmica en algún momento durante los 30 años de la vida del proyecto. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que el riesgo de licuefacción sísmica no termina al final del proyecto minero, sino que continúa para siempre ya que se supone que la presa almacena los relaves húmedos a perpetuidad. Knight-Pièsold (2007) recomendó que “*Ground improvement to increase the liquefaction resistance of these loose soils will be required within the embankment footprint and for a distance downstream of the embankment. Stability analyses indicate that a 100 meter wide zone of ground will require treatment along the embankment alignment*” [Se requerirá una mejora del terreno para aumentar la resistencia a la licuefacción de estos suelos sueltos dentro de la huella del terraplén y en una distancia aguas abajo del terraplén. Los análisis de estabilidad indican que una zona de terreno de 100 metros de ancho requerirá tratamiento a lo largo de la alineación del terraplén]. Sin embargo, no hubo detalles ni garantías de que la “mejora del terreno” eliminaría la posibilidad de licuefacción del cimiento. No hay evidencia de que este tipo de análisis de estabilidad sísmica se haya repetido alguna vez, aun cuando la altura propuesta de la presa de relaves aumentó.

La descripción del proyecto en el Estudio de impacto ambiental posterior (Walsh Scientists and Engineers, 2010a-b, 2011a) difirió poco del informe de Knight-Pièsold (2007), excepto que la tasa de procesamiento de mena se incrementó a 30.000 toneladas por día. Walsh Scientists and Engineers (2010b) aclaró que “El embalse de relaves se mantendrá como una

facilidad permanente posterior al cierre del proyecto” y que “una cobertura permanente de agua sobre los relaves proveerá de condiciones de anoxia, el cual prevendrá la generación de agua ácida, manteniendo las condiciones neutras del lago”. Uno de los comentarios del Ministerio de Ambiente de Ecuador fue la observación convincente de que “la estabilidad sísmica debe ser producto de un estudio de sísmica local de la zona del proyecto y no regional como ligeramente se lo ha realizado en el estudio. De igual manera con respecto a los deslizamientos de tierra que localmente podrían ocurrir en la zona del proyecto” (Walsh Scientists and Engineers, 2011b). La respuesta de Walsh Scientists and Engineers (2011b) no abordó el comentario de ninguna manera, sino que simplemente se refirió al informe adjunto de Knight-Pièsold (2007), el cual tampoco abordó el comentario. El mismo documento de respuestas al Ministerio de Ambiente de Ecuador (2011b) incluía un mapa que mostraba la distribución de los relaves que ocurrirían a lo largo del río Quimi después del colapso de la presa (ver Fig. 2). La oleada inicial de relaves se calculó utilizando una fórmula (Jeyapalan et al., 1983) que se ha demostrado que se basa en suposiciones incorrectas y errores algebraicos (Connors et al., 2016). El cálculo correcto de la oleada inicial se tratará en la sección Discusión.

Una revisión independiente (no contratada por la empresa minera) incluyó una amplia gama de críticas al plan para la facilidad de gestión de relaves tal como existía en ese momento (Kuipers, 2012). La crítica más importante desde el punto de vista de la prevención de falla catastrófica fue que el contenido de agua de los relaves (66,5% de agua para los relaves más gruesos y 79% de agua para los relaves más finos) era excesivamente alto. Los estándares más típicos de la industria requieren la deshidratación parcial de los relaves hasta no más del 50% de agua antes de enviarlas a las facilidades de gestión de relaves. Por el contrario, se debe tener en cuenta que, en respuesta a la falla de la presa de relaves en Mount Polley, el Independent Expert Engineering Investigation and Review Panel [Investigación de Ingeniería y Panel de Revisión de Expertos Independientes, 2015] (2015) recomendó que todos los relaves se deshidrataran por completo antes del almacenamiento. La crítica más importante desde el punto de vista de la prevención de la contaminación de las aguas subterráneas fue que Kuipers (2012) recomendó un revestimiento geosintético en la base de la facilidad, en lugar de confiar en un suelo de baja permeabilidad para la prevención de filtraciones desde la facilidad.

Otras dos áreas de crítica abordaron la metodología del diseño y la garantía financiera. Kuipers (2012) criticó la dependencia explícita del “Método de observación” en Knight-Pièsold (2007). According to Independent Expert Engineering Investigation and Review Panel (2015), “*This commonly accepted approach uses observed performance from instrumentation data for implementing preplanned design features or actions in response*” [Este enfoque comúnmente aceptado utiliza el rendimiento observado de los datos de instrumentación para implementar características de diseño preplaneadas o acciones en respuesta]. Independent Expert Engineering Investigation and Review Panel (2015) repitió las preocupaciones de Kuipers (2012) al afirmar “the Observational Method is useless without a way to respond to the observations” [el Método de observación es inútil sin una manera de responder a las observaciones]. Finalmente, Kuipers (2012) criticó la estimación de AMEC (2004) de que una garantía financiera de \$55 millones sería suficiente para el cierre y la reclamación de la mina, y dijo que \$568 millones serían más razonables. Es importante tener en cuenta que la estimación de garantía financiera no se ha reconsiderado para el proyecto más grande que se encuentra actualmente en construcción.

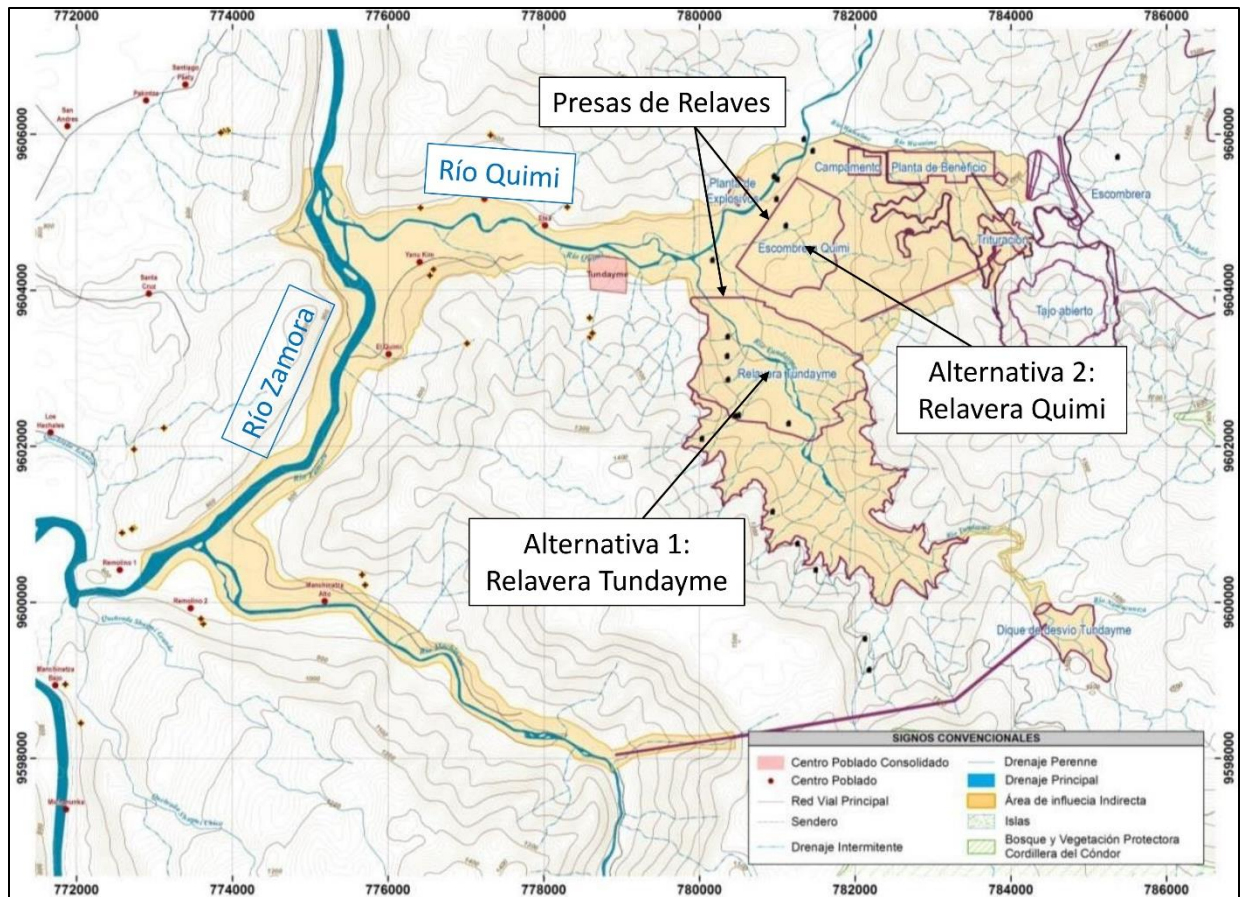


Figura 11. El segundo Estudio de impacto ambiental (Cardno, 2014a) propuso dos alternativas para aumentar la producción de mena de cobre de 30.000 a 60.000 toneladas por día. La alternativa 1 fue reemplazar relavera Quimi con relavera Tundayme, para la cual la presa tendría 260 metros de altura, la presa de relaves más alta jamás construida. La alternativa 2 era mantener relavera Quimi, pero aumentar su capacidad por deshidratar los relaves. La alternativa 1 se prefirió debido a su menor costo, aunque tendría un mayor impacto ambiental (Cardno, 2014a). Ambas alternativas están actualmente en construcción, lo que es inconsistente con el Estudio de impacto ambiental (Cardno, 2014a). Figura modificada de Cardno (2014a).

Otras dos revisiones independientes cuestionaron la exactitud de las predicciones de las consecuencias de la falla de la presa (Emerman 2014, 2015). Dado que los relaves se derramarán en el río Quimi (ver Fig. 2) después de la oleada inicial, el flujo de los ríos llevará los relaves aún más lejos en la dirección aguas abajo. La terminación del flujo de relaves en la confluencia de río Quimi y río Zamora no fue justificada por Walsh Scientists and Engineers (2011b). De hecho, no hay ninguna razón por la cual el transporte de relaves deba terminar en la confluencia de estos dos ríos muy empinados. Emerman (2015) encontró que, bajo el caudal normal del río, los relaves más finos en suspensión deberían alcanzar la siguiente confluencia principal con el río Santiago (aproximadamente 88 km aguas abajo de la confluencia de río Quimi y río Zamora) en aproximadamente 19 horas. Si el colapso de la presa ocurrió durante el caudal máximo anual (inundación con un período de retorno de un año), los relaves llegarían al río Santiago en sólo cinco horas.



Figura 12. El costo de construcción sería más barato para relavera Tundayme porque es posible aprovechar las laderas empinadas del valle de Tundayme (que se muestra arriba) para el confinamiento de los relaves (Cardno, 2014a). Sin embargo, la pendiente escarpada del valle (alrededor del 13%) en la dirección hacia el río Quimi (ver Fig. 11) aumenta el riesgo de falla debido al aumento de la fuerza gravitacional que actuaría en la presa. Además, las laderas empinadas suponen un riesgo de deslizamientos de tierra sobre el estanque de relaves, lo que podría provocar la falla de la presa por inundación. Foto tomada por el autor el 6 de noviembre de 2018.

Versión Final y sus Críticas

En 2014, un nuevo Estudio de impacto ambiental con una nueva empresa consultora (Cardno, 2014a-b) propuso dos alternativas para aumentar la tasa de procesamiento de mena desde 30.000 toneladas por día a 60.000 toneladas por día. La alternativa 1 (preferida por la empresa minera) fue reemplazar relavera Quimi con relavera Tundayme (Fig. 11-12) en el valle empinado del río Tundayme, la cual tendría más espacio para relaves. La alternativa 2 era mantener los relaves hasta el contenido de humedad mínimo por convertirlas en una pasta y añadir el cemento “portland” para inmovilizar los metales pesados. La ventaja de la deshidratación era reducir el volumen de los relaves, de modo que dos veces la masa de los relaves podría estar confinada en el mismo espacio. Si bien relavera Quimi y relavera Tundayme se discutieron a lo largo del Estudio de impacto ambiental, está claro en el Capítulo 5: Alternativas Estudiadas de Cardno (2014a) que estas fueron dos alternativas, en las que los costos, los impactos ambientales y todos los demás aspectos se evaluaron por separado para cada alternativa.

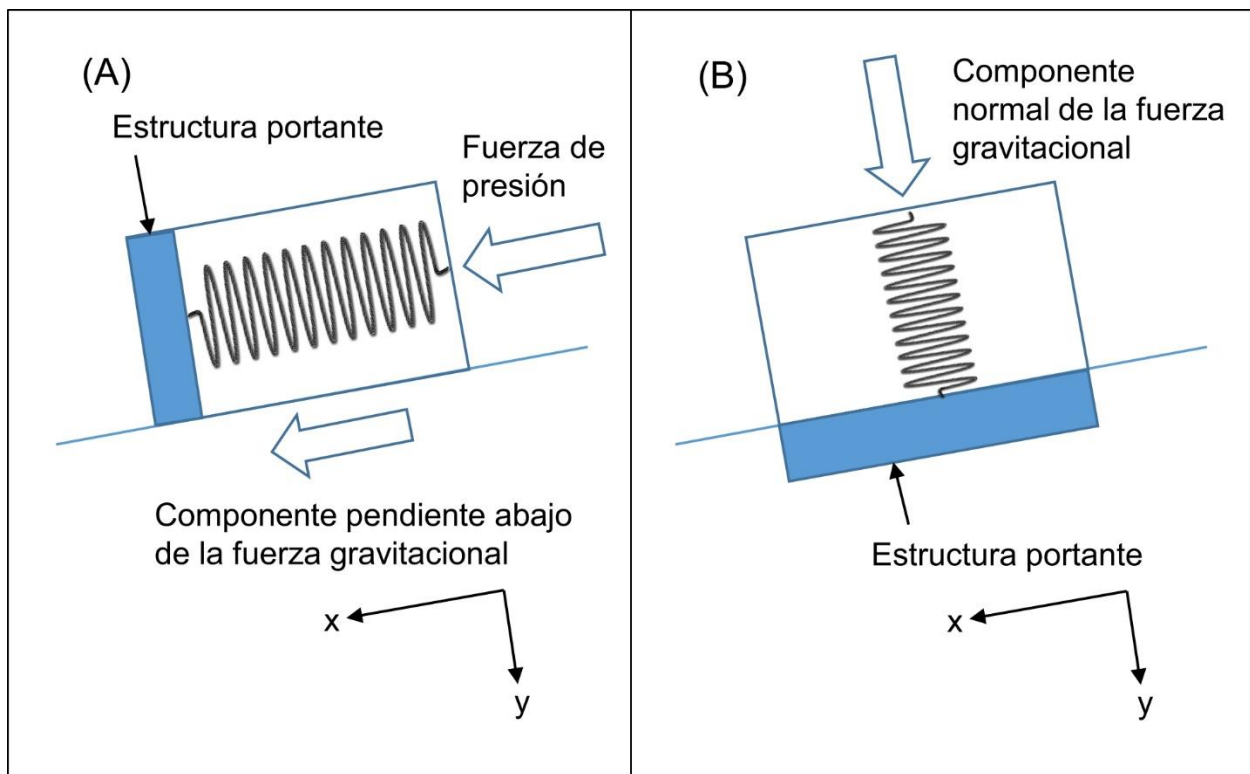


Figura 13. Un resorte cargado es el modelo más simple para cualquier sólido deformable que no haya sido estresado más allá de su punto de rendimiento. (A) En el caso de una presa de concreto, hay algunas estructuras portantes (que se muestran aquí como una única columna reforzada) que impiden el movimiento de la presa en la dirección pendiente abajo (dirección x). La mayoría de las presas de tierra y todas las presas de relaves carecen de columnas reforzadas u otras estructuras portantes definidas, por lo que la carga es soportada por toda la presa. La presa actúa como un resorte orientado en la dirección pendiente abajo (dirección x) que se comprime contra la estructura portante por la fuerza de presión de la mezcla de agua y relaves aguas arriba de la presa y por el componente pendiente abajo de la fuerza gravitacional. (B) La presa también podría considerarse como un resorte orientado en la dirección y que está siendo comprimido por el componente normal de la gravedad. En este caso, el cimiento de la presa actúa como la estructura portante. Figura modificada de Emerman (2016).

La presa Tundayme tenía una altura planeada de 260 metros, la cual sería la presa de relaves más alta del mundo. (La presa de relaves más alta actual es la presa Quillayes en la mina Los Pelambres en Chile (Campaña et al., 2015)). La altura de la presa Quimi se mantuvo sin cambios en 63 metros. Las inclinaciones del terraplén fueron 1:1,5H y 1V:2H para la presa Tundayme y la presa Quimi, respectivamente. Aunque los métodos de construcción nunca se declararon explícitamente, la discusión de las capas impermeables para ambas presas dejó en claro que el método de construcción aguas arriba no estaba previsto, como se discutió anteriormente. Por ejemplo, con respecto a la presa de Tundayme, Cardno (2014a) escribió “En el talud aguas arriba del dique inicial se colocarán instalaciones impermeables (una capa impermeable y una capa de filtro). La capa impermeable consiste en geotextil de 2 mm + esteras de bentonita (4800 g/m^2).” El volumen de almacenamiento de relavera Tundayme fue de $380.097.000 \text{ m}^3$. El volumen de almacenamiento de Relavera Quimi podría ser correspondientemente menor debido a la eliminación del agua de los relaves. En general, se disponía de mucha menos información sobre la presa Quimi que sobre la presa Tundayme, presumiblemente porque la presa Tundayme era la alternativa preferida.

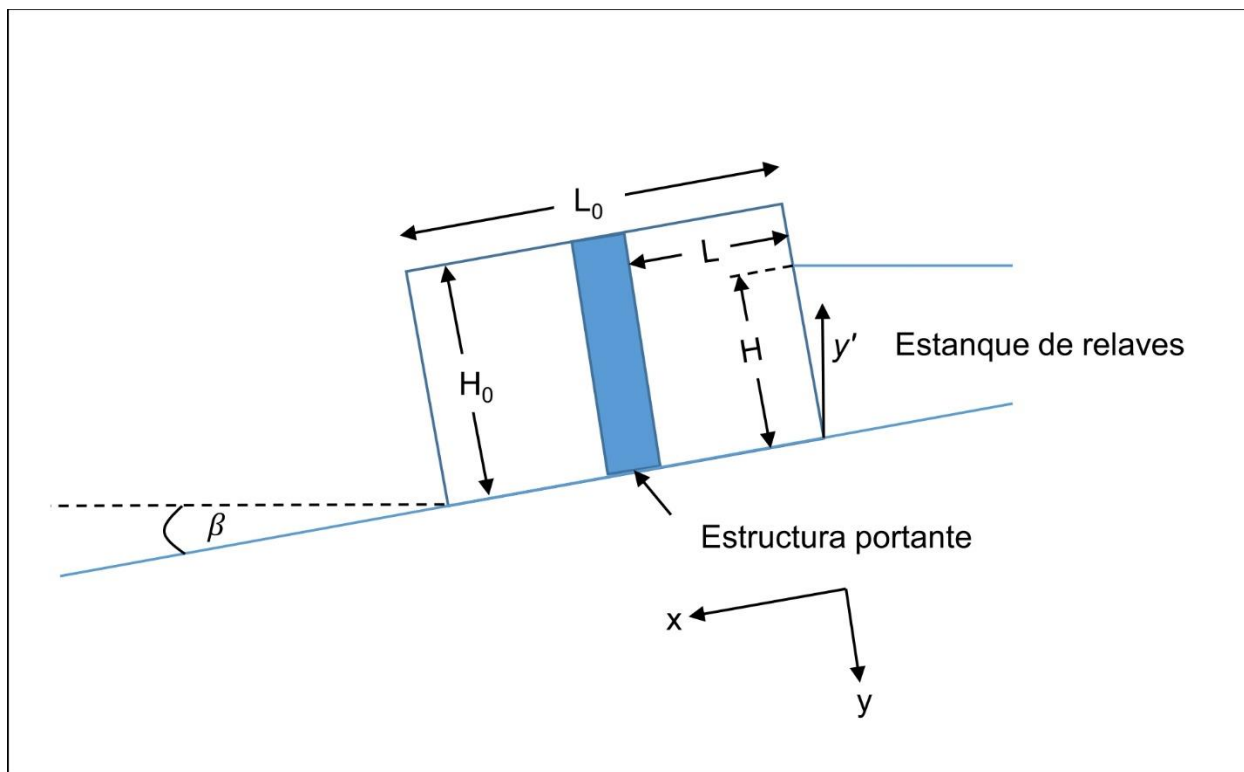


Figura 14. Aunque la geometría de la presa de tierra se simplifica enormemente, todavía captura todas las fuerzas que actúan sobre la presa y las resistencias a esas fuerzas. La variable L es el espacio en la dirección pendiente abajo entre las columnas reforzadas u otras estructuras portantes, el cual se muestra aquí como la distancia pendiente abajo entre el borde de la presa aguas arriba y una única estructura portante. Dado que las presas de relaves carecen de columnas de refuerzo u otras estructuras portantes definidas, la carga es soportada por toda la presa, de modo que $L = L_0$. Figura modificada de Emerman (2016).

Un cambio importante en comparación con el Estudio de impacto ambiental anterior fue la reducción en la magnitud de la inundación de diseño desde la elección previa de la Inundación máxima probable. La inundación de diseño para la presa Tundayme fue la inundación de 500 años durante los primeros cinco años, momento en el cual la presa tendría 90 metros de altura. La inundación del diseño fue la inundación de 1.000 años hasta el final del noveno año, cuando la presa tendría 155 metros de altura. Después del noveno año, la inundación de diseño se elevaría a la IMP. La reducción en la magnitud de la inundación de diseño fue presumiblemente una respuesta inapropiada a las mayores inundaciones que ocurrirían en el valle de Tundayme. Según Cardno (2014a), “La relavera Tundayme se ubica aguas abajo del río Tundayme, ocupando una gran área para el escurrimiento de agua lluvia en la zona superior del río (52 km²). Debido a los grandes caudales, se dificulta el control de inundaciones en temporadas lluviosas”. En general, se disponía de mucha menos información sobre la presa Quimi que sobre la presa Tundayme, ya que la presa Tundayme era la alternativa preferida.

El nuevo Estudio de impacto ambiental (Cardno, 2014a-b) no incluyó ningún nuevo análisis de estabilidad sísmica, aunque la presa preferida (la presa Tundayme) estaba en una nueva ubicación con un cimiento diferente, la altura de la presa se había incrementado desde 63 metros a 260 metros, la inclinación del terraplén se había aumentado desde 1V:2H a 1V:1,5H, y la presa estaba en un valle más empinado (tanto a lo largo de los lados como en la dirección hacia el río Quimi). Como un intento de estimar la estabilidad de la presa preferida, Emerman (2016) calculó el cambio en el riesgo relativo de falla que resultaría de cambiar la altura de la

presa, la altura de los relaves y la densidad de la mezcla de relaves y agua (colectivamente llamada la escala y el modo de operación), sin otros cambios en el diseño de la presa. El cálculo se llevó a cabo modelando la presa de relaves como un conjunto de resortes cargados y utilizando las compresiones de los resortes como una medida del progreso hacia la falla (ver Fig. 13). Se encontró que

$$R_x = \frac{\rho_{T,2}(H/H_0)_2 H_2}{\rho_{T,1}(H/H_0)_1 H_1} \quad (1)$$

$$R_y = \left(\frac{H_{0,2}}{H_{0,1}} \right)^2 \quad (2)$$

donde R_x es el riesgo relativo de falla en la dirección aguas abajo, R_y es el riesgo relativo de falla en la dirección normal (colapso gravitacional), ρ_T es la densidad de la mezcla de relaves y agua, H_0 es la altura de la presa, H es la altura de los relaves, y los subíndices “1” y “2” se refieren a la primera y segunda escalas y modos de operación, respectivamente (ver Fig. 14). Se encontró que la inclinación del valle β era un factor menos importante y Ecs. (1)-(2) son expresiones simplificadas que descuidan la inclinación (ver Fig. 14). Utilizando los valores de parámetros disponibles en Cardno (2014a), Emerman (2016) descubrió que, en comparación con el plan original (denominado alternativa 3 en Cardno (2014a)), el riesgo de falla en la dirección aguas abajo aumentó en un factor de 17,03 para la alternativa 1 (presa Tundayme), mientras que el riesgo de falla normal (colapso gravitacional) aumentó en un factor de 1,76 para la alternativa 2 (presa Quimi con relaves deshidratados).

METODOLOGÍA

El objetivo de este informe ha sido para responder a la pregunta siguiente: ¿El diseño y la construcción de las presas de relaves son consistentes con los directrices de seguridad ampliamente reconocidos? Después de revisar la construcción y las causas de la falla de las presas de relaves, y la historia del diseño de las presas de relaves en la mina Mirador, la pregunta se puede dividir en las siguientes preguntas:

- 1) ¿Se diseñaron las presas con los criterios de seguridad correctos para inundaciones y terremotos?
- 2) ¿El uso de los relaves no sulfurosos es apropiado para la construcción de las presas de relaves?
- 3) ¿Existen riesgos adicionales de falla de las presas de relaves que no se abordaron en los Estudios de impacto ambiental ni en las críticas discutidas anteriormente?
- 4) ¿Es la construcción actual consistente con los diseños?

Las preguntas se abordaron mediante la comparación de la información del Estudio de impacto ambiental más reciente (Cardno 2014a-b) con el libro de texto estándar sobre presas de relaves (Vick, 1990), así como con directrices ampliamente reconocidas para la elección de inundaciones y terremotos de diseño (Canadian Dam Association, 2013; FEMA, 2005, 2013). Se obtuvo información adicional de una denuncia contra Ecuacorriente S.A. por el gobierno provincial de Zamora Chinchipe (Quishpe Lozano et al., 2018). La información escrita se

complementó con fotos tomadas por el autor el 6 de noviembre de 2018, durante una visita en compañía de Luis Sánchez Zhiminaycela (activista en la Comunidad Amazónica de Acción Social Cordillera del Cóndor Mirador; ver Fig. 1) e Ing. Evelyne Blondeel de E-Tech International. No se nos permitió ingresar al sitio de la mina y todas las fotos se tomaron desde la carretera que bordea el sitio de la mina. Es posible que las respuestas a mis preocupaciones se encuentren en otros documentos técnicos que no se han podido consultar. Sin embargo, tenerse en cuenta que escribir este informe implicó estudiar 6.384 páginas de información producida por la empresa y sus consultores.

Aunque las directrices mencionadas anteriormente no se aplican legalmente en Ecuador, Ecuacorriente S.A. se basó en el cumplimiento de las directrices de la Canadian Dam Association (2013) en su Estudio de impacto ambiental (Walsh Scientists and Engineers, 2010a) y en sus respuestas a preguntas del Ministerio del Ambiente de Ecuador (Walsh Scientists and Engineers, 2011). Por lo tanto, se debe asumir que Ecuacorriente S.A. tiene la intención de cumplir con las directrices de la Canadian Dam Association (2013) en todos los aspectos del proyecto. Ciertamente, un proyecto que fuese legal en Ecuador pero que era inconsistente con las directrices reconocidas internacionalmente debería ser un motivo de pausa y reflexión.

RESULTADOS

Crterios de Seguridad para Inundaciones y Terremotos

Debe quedar claro en este punto que el uso de la inundación de 500 años como el criterio de seguridad para la presa Tundayme es completamente inadecuado. La recomendación de la Inundación máxima probable para la presa Quimi (mucho más pequeña que la presa Tundayme) por Knight -Pièsold (2007) se basó en su juicio de que falla “*would have a significant environmental impact on downstream watercourses. The economic consequences and socio-economic impact...would also be very high*” [tendría un impacto ambiental significativo en los cursos de agua aguas abajo. Las consecuencias económicas y el impacto socioeconómico... también serían muy altas]. Según Knight-Pièsold (2007), la Presa Quimi estaría en el punto de falla durante el terremoto de 475 años (ver Fig. 10). Su análisis de estabilidad sísmica no se repitió para la mucho más alta presa Tundayme. La categoría de riesgo relevante correspondiente al diseño para un evento de 500 años es “significativo” según la Canadian Dam Association (2013). Usando el enfoque informado por riesgo, una presa con “bajo” riesgo debe diseñarse para un evento de 100 años, mientras que una presa con riesgo “significativo” debe diseñarse para un evento de 1.000 años. Usando el enfoque tradicional, basado en estándares, una presa con riesgo “significativo” debe diseñarse para un evento con un período de retorno de entre 100 y 1.000 años. La interpretación del riesgo “significativo” es que existe un riesgo sólo para una población temporal (“uso temporal de cabaña, pasando por rutas de transporte, participando en actividades recreativas”), la restauración de valores culturales y ambientales o indemnización en especie es “altamente probable”, y habrá pérdidas económicas sólo en “instalaciones recreacionales, lugares temporales de trabajo y rutas de transporte poco utilizados” (Canadian Dam Association, 2013). Debe quedar claro que la categoría de riesgo "significativo" es irrelevante para una presa que se encuentra a 1000 metros aguas arriba del pueblo habitado de Tundayme.

Uso de Relaves no Sulfurosos para la Construcción de la Presa de Relaves

La predicción de que los relaves más gruesos no serán sulfurosos (no generadores de ácido) y que sólo los relaves más finos serán sulfurosos (generadores potenciales de ácido) se basó en un análisis de sólo 21 muestras (Walsh Scientists and Engineers, 2010a). Esto es un conjunto muy pequeño de muestras, especialmente en comparación con el tamaño del cuerpo de mena que se convertirá en relaves. Ninguno de los documentos disponibles indica el tamaño de las muestras de roca. Sin embargo, un procedimiento publicado establece que las mediciones del potencial de neutralización y el potencial de acidez se realizaron en muestras de dos gramos (Skousen et al., 2001). Sobre esa base, 21×2 gramos = 42 gramos representan menos de 10^{-13} (menos de una parte en diez trillones) de los 657 millones de toneladas previstas de relaves mineros (60.000 toneladas por día por 30 años). Además, ninguno de los documentos contiene ninguna medida de la incertidumbre (límites de error) en la predicción de la que el 87% de la mena procesada se convertirá en relaves más gruesos (se supone que no son sulfurosos).



Figura 15. La alta tasa de erosión en el área del proyecto está indicada por la cicatriz de deslizamiento debajo de una torre de transmisión en la orilla norte del río Quimi (ver Figura 11), opuesto de la presa de relavera Quimi. Foto tomada por el autor el 6 de noviembre de 2018.



Figura 16. El dique inicial para la presa de la relavera Quimi se construyó en el borde de la carretera, cuyo otro lado es el río Quimi (ver Fig. 11). Dado que no es posible avanzar la presa más lejos en la dirección hacia abajo, la intención debe ser construir la presa completa utilizando el método aguas arriba (comparar las Figuras 5a-c). Esto es inconsistente con el diseño evaluado por Knight-Pièsold (2007) y ambos Estudios de impacto ambiental (Walsh Scientists and Engineers, 2010b; Cardno, 2014a), los cuales incluyeron la construcción de línea central para la presa de la relavera Quimi. Las presas de relaves construidas por el método aguas arriba son más susceptibles a fallas tanto por terremotos como por inundaciones. Debido a la imposibilidad de instalar capas impermeables (ver Figuras 5a-c, 8), su mayor contenido de agua también las hace más susceptibles a fallas por erosión interna, licuefacción estática y fallas en los cimientos. Foto tomada por el autor el 6 de noviembre de 2018.

No hay garantía, ni siquiera estimación de la probabilidad, de que haya suficiente relaves no sulfurosos para construir la presas. Hay dos posibles respuestas a un futuro descubrimiento de la falta de relaves no sulfurosos para la construcción:

- 1) Los relaves sulfurosos se utilizarán para construir las presas o habrá un cambio en el valor límite que define el contenido de sulfuro que cuenta como “sulfuroso”. Cualquiera de estos cambios implicará la generación de drenaje ácido de mina (DAM) desde la presas no confinados.
- 2) Habrá un cambio en el diseño de la presa para adaptarse a la falta de material de construcción. Por ejemplo, la inclinación del terraplén se hará más empinada o habrá un cambio desde la construcción de línea central a la construcción aguas arriba, lo que requiere menos material de construcción.

Como lo mencionaron Kuipers (2012) y el Independent Expert Engineering Investigation and Review Panel (2015), el “Método de observación” sólo tiene sentido si son formas de adaptarse a las nuevas observaciones.



Figura 17. El dique inicial para la presa de la relavera Quimi tiene una inclinación de 1V:1H (45°). Esto es inconsistente con el diseño evaluado por Knight-Pièsold (2007; ver Figura 10) y ambos Estudios de impacto ambiental, los cuales establecieron que la inclinación sería 1V:2H (26,6°). Una inclinación de 1V:1H se considera el ángulo máximo crítico para prevenir la erosión interna de la presa sin ninguna margen de error (factor de seguridad = 1,0). En contraste, según el Cuerpo de ingenieros del ejército de los EE. UU. (USACE, 2000), “para los diques de arena, una inclinación aguas abajo de 1V en 5H [11,3°] se considera lo suficientemente plana como para evitar daños por infiltración que salen de la pendiente aguas abajo [erosión interna]”. Foto tomada por el autor el 6 de noviembre de 2018.

Riesgos Adicionales de Fallas de las Presas de Relaves

Ninguno de los documentos proporcionados por Ecuacorriente S.A. ni sus consultores ha abordado el riesgo de deslizamientos de tierra, a pesar de que el Ministerio de Ambiente de Ecuador (Walsh Scientists and Engineers, 2011b) les pidió que proporcionaran esta información. El problema es particularmente grave en el valle escarpado del río Tundayme (ver Fig. 12). Desde el punto de vista de la reducción de costos, una de las ventajas de este sitio es que es posible usar las laderas como muros para la relavera Tundayme, en lugar de relavera Quimi, la cual requiere la construcción de muros en tres lados del embalse (Cardno, 2014a; ver Fig. 1). La

principal amenaza de deslizamientos de tierra es que la caída de rocas en el estanque de relaves podría hacer que el agua fluya sobre la parte superior de la presa, lo que casi seguramente destruiría la presa. La alta tasa de erosión en el área del proyecto está indicada por la cicatriz de deslizamiento debajo de una torre de transmisión en la orilla norte del río Quimi, opuesto de la presa de la relavera Quimi (ver Figs. 11 y 15). La cicatriz de deslizamiento también indica la subestimación de la tasa de erosión por parte de los ingenieros que eligieron el sitio para la torre de transmisión que proporciona electricidad para la mina.



Figura 18. El letrero aclara que tanto la relavera Quimi (ver Figuras 1, 16 y 17) como la relavera Tundayme están actualmente en construcción. Esto es inconsistente con el Estudio de impacto ambiental (Cardno, 2014a), el cual enumeró las dos relaveras como alternativas. Foto tomada por el autor el 6 de noviembre de 2018.

Contradicciones entre Construcción y Diseño

Existen tres contradicciones importantes entre la construcción actual y el diseño de las facilidades de gestión de relaves en la mina Mirador. La primera es que la presa Quimi se está construyendo utilizando el método aguas arriba. El dique inicial para la presa de la relavera Quimi se construyó en el borde de la carretera, cuyo otro lado es el río Quimi (ver Figs. 11 y 16). Dado que no es posible avanzar la presa más lejos en la dirección hacia abajo, la intención debe ser construir la presa completa utilizando el método aguas arriba (comparar las Figuras 5a-c). Esto es inconsistente con el diseño evaluado por Knight-Pièsold (2007) y ambos Estudios de

impacto ambiental (Walsh, 2010b; Cardno, 2014a), los cuales incluyeron la construcción de línea central para la presa de la relavera Quimi. Las presas de relaves construidas por el método aguas arriba son más susceptibles a fallas tanto por terremotos como por inundaciones. Debido a la imposibilidad de instalar capas impermeables (ver Figuras 5a-c, 8), su mayor contenido de agua también las hace más susceptibles a fallas por erosión interna, licuefacción estática y fallas en los cimientos.

La segunda contradicción es que una aplicación simple de trigonometría muestra que el dique inicial de la presa Quimi (ver Fig. 17) tiene una inclinación de 1V:1H (45°). Esto es inconsistente con el diseño evaluado por Knight-Pièsold (2007; ver Figura 10) y ambos Estudios de impacto ambiental, los cuales establecieron que la inclinación sería 1V:2H ($26,6^\circ$). Como se explicó anteriormente, una inclinación de 1V:1H se considera el ángulo máximo crítico para prevenir la erosión interna de la presa sin ninguna margen de error (factor de seguridad = 1,0). En otras palabras, el dique inicial se construyó en el punto de falla, y está en peligro de fallar tan pronto como la relavera se llene de relaves húmedos.



Figura 19a. El desbordamiento de las piscinas de sedimentación para la relavera Tundayme se descarga en una tubería y fluye hacia el río Quimi (ver Figura 11). Foto tomada por el autor el 6 de noviembre de 2018.

La contradicción más sorprendente de todas es que ambas relaveras, Quimi y Tundayme, están actualmente en construcción, aunque según el Estudio de impacto ambiental más reciente

(Cardno, 2014a-b), estas eran simplemente dos alternativas (ver Figuras 1, 11, 16, 17 y 18). Hay al menos tres interpretaciones posibles de la aparición de las dos relaveras:

- 1) La mina procesará 60.000 toneladas de mena por día usando ambas relaveras para almacenar los relaves.
- 2) La mina procesará 90.000 toneladas de mena por día almacenando 60.000 toneladas de relaves húmedos por día en la relavera Tundayme y 30.000 toneladas de relaves húmedos por día en la relavera Quimi.
- 3) La mina procesará 120.000 toneladas de mena por día almacenando 60.000 toneladas de relaves húmedos por día en la relavera Tundayme y 60.000 toneladas de relaves deshidratados por día en la relavera Quimi.

Es imposible decidir cuál interpretación es correcta cuando no hay ninguna conexión aparente entre los diseños y la construcción verdadera. De la misma manera, es imposible determinar si existe la intención de almacenar los relaves húmedos detrás de la presa Quimi, lo que tendría un riesgo inaceptable de falla por erosión interna debido a su pendiente excesivamente pronunciado (ver Fig. 17).



Figura 19b. La tubería desde las piscinas de sedimentación se descarga directamente en el río Quimi. Foto tomada por el autor el 6 de noviembre de 2018.

La relavera Tundayme ni siquiera se está construyendo con el debido respeto por la protección del río Quimi. Se supone que las piscinas de sedimentación impiden que el flujo de agua fangosa del sitio de construcción entre al río Quimi. Sin embargo, el desbordamiento de las piscinas de sedimentación para la relavera Tundayme se descarga en una tubería y fluye hacia el río Quimi (ver Figs. 19a-b). El color gris de la descarga de las piscinas de sedimentación demuestra que las piscinas de sedimentación no funcionan (ver Fig. 19c), el cual también fue observado por Quishpe Lozano et al. (2018). Es muy probable que las piscinas de sedimentación no se hayan construido correctamente, de modo que la escorrentía superficial simplemente fluya sobre la parte superior de las piscinas sin tiempo para la sedimentación de partículas finas.



Figura 19c. El color gris de la descarga de las piscinas de sedimentación demuestra que las piscinas de sedimentación no funcionan (Quishpe Lozano et al., 2018). Foto tomada por el autor el 6 de noviembre de 2018.

DISCUSIÓN

Explicación para las Contradicciones entre Construcción y Diseño

Una posible explicación para el cambio desde la construcción de línea central a la construcción aguas arriba (ver Fig. 16) y el pendiente excesivamente pronunciado del dique inicial (ver Fig. 17) puede encontrarse en una denuncia por el gobierno provincial de Zamora Chinchipe contra Ecuacorriente S.A. Según la denuncia “Aquí se realizaba la extracción de

material pétreo en una porción del río Tundayme [que se muestra arriba]. Al igual que en los ríos Quimi y Waywayme [ver Figuras 2 y 11], la extracción de material pétreo en esta zona no se realiza dentro de ninguna concesión minera para la explotación de áridos y pétreos... Cabe resaltar que en la revisión realizada al Catastro Minero nacional no se registran títulos mineros para la explotación de material pétreo dentro del proyecto Mirador en la zona antes mencionada” (Quishpe Lozano et al., 2018). Una posible explicación para la extracción ilegal de material de construcción de los ríos es la falta de otras fuentes de material de construcción. Se requiere menos material de construcción para construir una presa usando el método de construcción aguas arriba (comparar Figs. 5a y 5c) y para construir un terraplén más empinado.



Figura 20. Según una denuncia por el gobierno provincial de Zamora Chinchipe (Quishpe Lozano et al., 2018), “Aquí se realizaba la extracción de material pétreo en una porción del río Tundayme [que se muestra arriba]. Al igual que en los ríos Quimi y Waywayme [ver Figuras 2 y 11], la extracción de material pétreo en esta zona no se realiza dentro de ninguna concesión minera para la explotación de áridos y pétreos... Cabe resaltar que en la revisión realizada al Catastro Minero nacional no se registran títulos mineros para la explotación de material pétreo dentro del proyecto Mirador en la zona antes mencionada”. Una posible explicación para la extracción ilegal de material de construcción de los ríos es la falta de otras fuentes de material de construcción. Una escasez de material de construcción también podría explicar el cambio de la construcción de línea central a la construcción aguas arriba (ver Figura 16) y el terraplén excesivamente pronunciado del dique inicial (ver Figura 17). Foto tomada por el autor el 6 de noviembre de 2018.

Estos cambios en la construcción como resultado de una escasez de material de construcción son una repetición de la secuencia de eventos que llevaron a la falla de la presa de relaves en la mina Mount Polley. El hecho de no reevaluar la estabilidad de la presa después de que se hicieron los cambios también es parte de la secuencia de eventos. Según el Independent Expert Engineering Investigation and Review Panel (2015), *“It was planned to place the Zone C outslope to an ‘interim’ 1.4H:1V inclination—rather than the design basis 2.0H:1V—as a temporary expedient until mine waste delivery could catch up with construction... But instead of rectifying the interim steep slopes at this time as had been intended, such measures were left to future stages of embankment raising... Rather than adhering to a ‘centreline’ configuration, raise 2 utilized entirely ‘upstream’ construction... These as-built conditions were never reconciled with the Stage 2 stability analyses, which had been predicated on the original design configuration”* [Se planificó colocar la pendiente de la Zona C en una inclinación “interina” de 1,4H:1V, en lugar de la base de diseño 2,0H:1V, como un recurso temporal hasta que la entrega de desechos de la mina pueda alcanzar la construcción ... Pero en lugar de rectificar las pendientes empinadas interinas en este momento como se había previsto, tales medidas se dejaron para futuras etapas de levantamiento de terraplenes... En lugar de adherirse a una configuración de línea central, el levantamiento 2 utilizó una construcción completamente aguas arriba... Estas condiciones de construcción nunca se reconciliaron con los análisis de estabilidad de la Etapa 2, que se habían basado en la configuración de diseño original].

Probabilidad de Falla de las Presas de Relaves Mirador

Ahora es apropiado considerar rigurosamente las probabilidades de falla de las presas Tundayme y Quimi. Knight-Pièsold (2007) determinó que la probabilidad de falla del diseño original de la presa Quimi por licuefacción sísmica fue de 0,21% en un año dado y 6,13% durante la vida del proyecto. (Siempre se debe recordar que el riesgo de falla no termina después de que finaliza el proyecto, sino que continúa a perpetuidad.) Emerman (2016) calculó que, si el diseño original de la presa Quimi se usara para construir la presa Tundayme con cambios sólo en las alturas de la presa y los relaves, la probabilidad de falla anual sería de $17,03 \times 0,21\% = 3,59\%$, para una probabilidad de falla durante los 30 años de vida del proyecto de 66,56%. Sin embargo, se realizaron los siguientes cambios que aumentan la probabilidad de falla de la presa Tundayme:

- 1) La inclinación de diseño del terraplén se empinó desde 1V:2H a 1V:1,5H.
- 2) El sitio se trasladó desde el valle de Quimi (7% pendiente abajo hacia el río Quimi) hasta el valle de Tundayme (13% pendiente abajo hacia el río Quimi).
- 3) La relavera Tundayme se encuentra en una cuenca más grande (con inundaciones más grandes) y la inundación de diseño se ha cambiado desde la Inundación máxima probable a la inundación de 500 años.
- 4) No parece haber ningún compromiso para construir de acuerdo con el diseño, especialmente ningún compromiso para usar el método de construcción de línea central. Es importante señalar que el método de construcción aguas arriba es más susceptible a todas las causas de falla de la presa.

Los cambios en la presa Quimi (cambio desde la construcción de línea central a la construcción aguas arriba, empinamiento de la inclinación del terraplén desde 1V:2H a 1V:1H) también aumentan la probabilidad de falla de la presa Quimi. Sobre la base anterior, las probabilidades de falla de ambas presas son tan altas que deben considerarse como inevitables.

Consecuencias de la Falla de las Presas de Relaves

Finalmente, es apropiado reconsiderar las consecuencias de la falla de la presa (ver Fig. 2) en base al aumento de la altura y el volumen de almacenamiento de la presa. Larrauri y Lall (2018) publicaron un modelo estadístico para predecir la oleada inicial después de la falla basándose en el historial de fallas en las presas de relaves. De acuerdo con este modelo, el mejor predictor de la oleada inicial es el factor de presa H_f , definido como

$$H_f = H \left(\frac{V_F}{V_T} \right) V_F \quad (3)$$

donde H es la altura de la presa (metros), V_T es el volumen confinado total de relaves y agua (millones de metros cúbicos), y V_F es el volumen del derrame (millones de metros cúbicos). El volumen del derrame y la oleada inicial D_{max} (kilómetros) se pueden predecir como

$$V_F = 0.332 \times V_T^{0.95} \quad (4)$$

$$D_{max} = 3.04 \times H_f^{0.545} \quad (5)$$

Insertando $H = 260$ metros y $V_T = 390.097$ millones de metros cúbicos (para la presa Tundayme; Cardno (2014a)) en las Ecs. (3)-(5) produce $V_F = 94$ millones de metros cúbicos y un valor de D_{max} de poco menos de 350 kilómetros. Aunque el valor predicho de la oleada inicial puede parecer increíblemente grande, el cálculo ilustra la dificultad de predecir las consecuencias de la falla de la presa Tundayme a partir del historial de las consecuencias de las fallas de las presas de relaves. El mayor derrame de relaves en la historia se debió a la falla de la presa Fundão en Brasil en 2015, el cual derramó 32 millones de metros cúbicos de agua y relaves (Larrauri y Lall, 2018). Con una altura de 90 metros, la presa Fundão también fue la presa de relaves más alta que jamás haya fallado (Larrauri y Lall, 2018). Incluso esa presa con una H y V_F más pequeña que la presa Tundayme resultó en una D_{max} medida de 657 kilómetros (Larrauri y Lall, 2018). La oleada inicial se incrementó claramente por el derrame de los relaves en un río, el cual también ocurriría en caso de una falla de la presa Tundayme.

Sobre la base del cálculo anterior, la asignación de la categoría de peligro MUY ALTA por Knight-Pièsold (2007) también debe reconsiderarse. La falla de las presas de relaves en la mina Mirador afectaría no sólo la mina y el pueblo aguas abajo de Tundayme, sino una parte significativa de las cabeceras del río Amazonas. Usando el sistema de clasificación de la Canadian Dam Association (2013), la única categoría de riesgo más alta que MUY ALTA es EXTREMA. Esta categoría de riesgo incluye las muertes probables de más de 100 personas, la gran pérdida de hábitat crítico de peces y la imposibilidad de restauración o compensación en especie. Para resumir esta discusión, la falla de las presas de relaves en la mina Mirador es inevitable y las consecuencias serán extremas.

CONCLUSIONES

Las principales conclusiones de este informe se resumen a continuación:

- 1) Los criterios de diseño de capacidad para resistir una inundación de 500 años y un terremoto de 500 años son inadecuados para las presas de relaves, por las cuales la falla resultaría en la pérdida de vidas humanas y en daños ambientales extensos.
- 2) La suposición de que los relaves más gruesos no serán sulfurosos no se puede confiar en la construcción de presas de relaves a partir de los mismos relaves.
- 3) No se ha realizado ninguna evaluación de los riesgos planteados por los deslizamientos de tierra o la alta tasa de erosión en el área del proyecto minero.
- 4) Contrario al diseño, la presa Quimi se está construyendo utilizando el método de construcción aguas arriba, el cual es más susceptible a todas las causas de falla de las presas de relaves.
- 5) Contrario al diseño, la presa Quimi tiene una inclinación de terraplén de 1V:1H, la cual es el ángulo crítico máximo para la prevención de falla por erosión interna. Desde este punto de vista, la presa es susceptible a la falla tan pronto como la relavera se llene con relaves húmedos.
- 6) Contrario al diseño, ambas alternativas de la presa Quimi y la presa Tundayme están actualmente en construcción.
- 7) La falla de las presas de relaves en la mina Mirador es inevitable y las consecuencias serán extremas.

RECOMENDACIONES

La recomendación de este informe es que debería haber una moratoria inmediata en la construcción adicional de la mina Mirador. La moratoria debe ser seguida por la convocación de un panel independiente de expertos internacionales que evaluarán el diseño y la construcción de las facilidades gestión de relaves Mirador. Este panel debe proporcionado con información plena completa y completa desde Ecuacorriente S.A., sin la cual es imposible hacer recomendaciones específicas. Este panel sería similar a los paneles de expertos independientes que evaluaron las fallas de las presas de relaves Mount Polley (Independent Expert Engineering Investigation and Review Panel, 2015) y Fundão (Fundão Tailings Dam Review Panel [Panel de revisión de la presa de relaves Fundão], 2016). Al contrario a los paneles de expertos previos, se recomienda que este panel se convoque antes del desastre y no después.

EXPRESIONES DE GRATITUD

Agradezco a Ing. Evelyne Blondeel de E-Tech International su asistencia durante la visita al sitio de la mina.

SOBRE EL AUTOR

El Dr. Steven H. Emerman tiene un *Bachelor of Science* (B.S.) en Matemáticas de la Universidad Estatal de Ohio, un Máster (M.A.) en Geofísica de la Universidad de Princeton, y es Doctor (Ph.D.) en Geofísica por la Universidad de Cornell. El Dr. Emerman tiene 31 años de experiencia en la enseñanza de hidrología y geofísica y tiene 66 publicaciones revisadas por expertos en estas áreas. El Dr. Emerman es el propietario de Malach Consulting, que se especializa en evaluar los impactos ambientales de la minería para las empresas mineras, así como para agencias gubernamentales y no gubernamentales.

REFERENCIAS

- AMEC Earth & Environmental, 2004. Preliminary Mine Closure and Reclamation Plan, Mirador Project, Ecuador [Plan Preliminar de Cierre y Reclamación de Mina, Proyecto Mirador, Ecuador].
- Canadian Dam Association [Asociación Canadiense de Presas], 2013. Dam safety guidelines 2007 (2013 edition) [Directrices de seguridad de presas 2007 (edición 2013)], 88 p.
- Campaña, J., L. Valenzuela, y A. Figueroa, 2015. The Quillayes sand tailings dam in Chile—design and operation [La presa de relaves de arena Quillayes en Chile—diseño y operación]: Proceedings Tailings and Mine Waste 2015 Vancouver, BC, 14 p. Disponible en línea en: <https://open.library.ubc.ca/cIRcle/collections/59368/items/1.0320846>
- Cardno, 2014a. Actualización del Estudio de Impacto y Plan de Manejo Ambiental, para la Fase de Beneficio de Minerales Metálicos (cobre), Ampliación de 30 kt por día a 60 kt por día del Proyecto Minero Mirador, Concesión Minera “Mirador 1 (acumulada)”: Informe a Ecuacorriente S.A., 1206 p. con 6 anexos (1125 p.).
- Cardno, 2014b. Actualización del Estudio de Impacto y Plan de Manejo Ambiental, para la Fase de Explotación a Cielo Abierto de Minerales Metálicos (cobre), Ampliación de 30 kt por día a 60 kt por día del Proyecto Minero Mirador, Concesión Minera “Mirador 1 (acumulada)”: Informe a Ecuacorriente S.A., 1130 p. con 6 anexos (1182 p.).
- Connors, S.R., E.L. Hadley, M. Hansen, y S.H. Emerman, 2016. Reassessment of a tailings flow slide calculator [Reevaluación de una calculadora de deslizamiento de flujo de relaves]: Geological Society of America Abstracts with Programs, v. 48, no. 7. Disponible en línea en: <https://gsa.confex.com/gsa/2016AM/webprogram/Paper281555.html>
- Davies, M.P., 2002. Tailings impoundment failures—Are geotechnical engineers listening? [Fallas de confinamiento de relaves—¿Los ingenieros geotécnicos están prestando atención?]: Geotechnical News, Noviembre de 2002, pp. 31-36.
- Emerman, S.H., 2014. Prediction of transport of mine tailings following failure of an earthen dam on the Rio Quimi, Ecuador [Predicción del transporte de relaves mineros luego de la falla de una presa de tierra en el río Quimi, Ecuador]: Informe a E-Tech International, 7 p.
- Emerman, S.H., 2015. Predicción de transporte de relaves mineros en la carga suspendida posterior a una falla de una represa de tierra para relaves en el Río Quimi en la mina Mirador, Ecuador: Informe a E-Tech International, p. Disponible en línea en: <https://static1.squarespace.com/static/52d71403e4b06286127a1d48/t/564a18c0e4b0f19ea571949/1447696576435/Espanol-Emmerman-Mine-Tailing-Transport111515.pdf>
- Emerman, S.H., 2016. Effect of scaling on the safety of earthen dams—Application to a proposed expansion of the Mirador Mine, Ecuador [Efecto del escalamiento en la seguridad de las presas de tierra—Aplicación a una expansión propuesta de la mina Mirador, Ecuador]: Informe a E-Tech International, 11 p.
- European Commission [Comisión Europea], 2009. Reference document on best available techniques for management of tailings and waste-rock in mining activities [Documento de referencia sobre las mejores técnicas disponibles para la gestión de relaves y escomobros en actividades mineras], 557 p. Disponible en línea en: http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/bref/mmr_adopted_0109.pdf
- FEMA (Federal Emergency Management Agency [Agencia Federal de Gestión de Emergencias]), 2005. Federal guidelines for dam safety—Earthquake analyses and design of dams [Directrices federales para la seguridad de presas—análisis de terremotos y

- diseño de presas]: FEMA-65, 75 p. Disponible en línea en: <https://www.ferc.gov/industries/hydropower/safety/guidelines/fema-65.pdf>
- FEMA (Federal Emergency Management Agency [Agencia Federal de Gestión de Emergencias]), 2012. Summary of existing guidelines for hydrologic safety of dams [Resumen de las directrices existentes para la seguridad hidrológica de las presas]: FEMA P-919, 474 p. Disponible en línea en: https://www.fema.gov/media-library-data/20130726-1849-25045-1538/01_hydrosafetydam_intro.pdf
- FEMA (Federal Emergency Management Agency [Agencia Federal de Gestión de Emergencias]), 2013. Selecting and accommodating inflow design floods for dams [Selección y acomodación de inundaciones de diseño de entrada para presas]: FEMA-94, 38 p. Disponible en línea en: https://www.fema.gov/media-library-data/1386108128706-02191a433d6a703f8dbdd68cde574a0a/Selecting_and_Accommodating_Inflow_Design_Floods_for_Dams.PDF
- Fisher, W.D., T.K. Camp, y V.K. Krzhizhanovskaya, 2017. Anomaly detection in earth dam and levee passive seismic data using support vector machines and automatic feature selection [Detección de anomalías en datos sísmicos pasivos de presa de tierra y dique utilizando máquinas de vectores de apoyo y selección automática de características: Journal of Computational Science, v. 20, pp. 143-153.
- Fourie, A.B., J.H. Palma, G. Villavicencio y R. Espinace, 2013. Risk minimisation in construction of upstream tailings storage facilities based on in-situ testing [Minimización del riesgo basado en pruebas in situ durante la construcción de instalaciones de almacenamiento de relaves mediante el método aguas arriba]: Proceedings of the 18th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, Paris 2013, pp. 1471-1474.
- Holtz, R.D., W.D. Kovacs, y T.C. Sheahan, 2011. An introduction to geotechnical engineering [Una introducción a la ingeniería geotécnica], 2nd ed.: Pearson, 863 p.
- Imprensa Nacional [Prensa Nacional], 2018. Resolução N° 4, de 15 de fevereiro de 2019 [Resolución N° 4, de 15 de febrero de 2019]. Disponible en línea en: http://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/kujrw0tzc2mb/content/id/63799094/do1-2019-02-18-resolucao-n-4-de-15-de-fevereiro-de-2019-63799056
- Independent Expert Engineering Investigation and Review Panel [Investigación de Ingeniería y Panel de Revisión de Expertos Independientes], 2015. Report on Mount Polley Tailings Storage Facility breach [Informe sobre la brecha de la Instalación de almacenamiento de relaves Mount Polley]: Informe a Ministry of Energy and Mines and Soda Creek Indian Band [Ministerio de Energía y Minas y Tribu India Soda Creek], 156 p. Disponible en línea en: <https://www.mountpolleyreviewpanel.ca/sites/default/files/report/ReportonMountPolleyTailingsStorageFacilityBreach.pdf>
- Jeyapalan, J.K., J.M. Duncan, y H.B. Seed, 1983. Analyses of flow failures of mine tailings dams [Análisis de fallas de flujo de presas de relaves mineros]: Journal of Geotechnical Engineering, v. 109(2), pp. 150-171.
- Klohn Crippen Berger, 2017. Study of tailings management technologies [Estudio de tecnologías de gestión de relaves]: Informe a Mine Environment Neutral Drainage (MEND) Program [Programa de drenaje neutral del medio minero], Informe MEND 2.50.1, 164 p. Disponible en línea en: http://mend-nedem.org/wp-content/uploads/2.50.1Tailings_Management_TechnologiesL.pdf

- Knight-Pièsold, 2007. Rio Quimi Tailings Management Facility Feasibility Study for 27,000 tpd mine production [Estudio de viabilidad de la Instalación de Gestión de Relaves Río Quimi para 27,000 tpd de producción minera]. Ref. No. VA201-78/09-2, 111 p.
- Kuipers, J., 2012. Evaluation of the stability of the Mirador Project Tailings Management Facility and an estimation of financial assurance requirements for the Mirador Copper Project, Ecuador [Evaluación de la estabilidad de la instalación de gestión de relaves del Proyecto Mirador y una estimación de los requisitos de garantía financiera para el Proyecto de cobre Mirador, Ecuador]: Informe a E-Tech International, 20 p.
- Larrauri, P.C. and Lall, U., 2018. Tailings dams failures—Updated statistical model for discharge volume and runout [Fallas de presas de relaves— Modelo estadístico actualizado para volumen de descarga y oleada]: *Environments*, v. 5. Disponible en línea en: doi:10.3390/environments5020028.
- Fundão Tailings Dam Review Panel [Panel de revisión de la presa de relaves Fundão], 2016. Report on the immediate causes of the failure of the Fundão Dam [Informe sobre las causas inmediatas de la falla de la presa Fundão]: Informe a Cleary Gottlieb Steen & Hamilton, LLP, 88 p. Disponible en línea en: <http://fundaoinvestigation.com/wp-content/uploads/general/PR/en/FinalReport.pdf>
- Le Poudre, D.C. (SNC Lavalin), 2015. Examples, statistics and failure modes of tailings dams and consequence of failure [Ejemplos, estadísticas y modos de falla de presas de relaves y consecuencias de las fallas], Presentación Power Point, 42 diapositivas. Disponible en línea en: <https://www.esaa.org/wp-content/uploads/2015/10/15-LePoudre.pdf>
- NWS-HDSC (National Weather Service – Hydrometeorological Design Studies Center [Servicio Nacional de Meteorología – Centro de Estudios de Diseño Hidrometeorológico], 2017. Current NWS Probable Maximum Precipitation (PMP) Documents [Documentos de Precipitación Máxima Probable (PMP) de SNM Actuales]. Disponible en línea en: <http://www.nws.noaa.gov/oh/hdsc/studies/pmp.html>
- Quishpe Lozano, S., E.G. Peña Otaneda, M.R. Vargas Santi, y M. Santi Gualinga, 2018. Denuncia contra EcuCorriente S.A.: Fiscalía General del Estado – Ecuador, Documento No. FGE-GD-2018-005305-EXT, 13 p.
- Skousen, J., J. Simmons, y P. Ziemkiewicz, 2001. The use of acid-base accounting to predict post-mining drainage quality [El uso de la contabilidad ácido-base para predecir la calidad del drenaje posterior a la minería]: *Proceedings, America Society of Mining and Reclamation*, pp. 437-447. Disponible en línea en: <https://www.asmr.us/Portals/0/Documents/Conference-Proceedings/2001/0437-Skousen.pdf>
- TailPro Consulting, 2018. Conventional Impoundment Storage – The Current Techniques [Almacenamiento de Contención Convencional – Las Técnicas Actuales]. Disponible en línea en: <http://tailings.info/disposal/conventional.htm>
- USACE (U.S. Army Corps of Engineers [Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos]), 2000. Design and construction of levees [Diseño y construcción de diques]: Manual No. 1110-2-1913, 164p. Disponiclé en línea en: https://www.publications.usace.army.mil/Portals/76/Publications/EngineerManuals/EM_1110-2-1913.pdf
- USACE-HEC (U.S. Army Corps of Engineers – Hydrologic Engineering Center [Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos – Centro de Ingeniería Hidrológica]), 2003. Application of paleohydrology to Corps flood frequency analysis [Aplicación de la

- paleohidrología al análisis de frecuencia de inundaciones del Cuerpo]: RD-47, 34 p.
Disponible en línea en:
<http://www.hec.usace.army.mil/publications/ResearchDocuments/RD-47.pdf>
- Vick, S.G., 1990. Planning, design, and analysis of tailings dams [Planificación, diseño y análisis de presas de relaves]: BiTech Publishers, Vancouver, Canadá, 369 p.
- WMO (World Meteorological Organization [Organización Meteorológica Mundial]), 2009. Manual on estimation of probable maximum precipitation [Manual de estimación de precipitación máxima probable]: WMO-No. 1045, 257 p. Disponible en línea en:
<http://www.wmo.int/pages/prog/hwarp/publications/PMP/WMO%201045%20en.pdf>
- Walsh Scientists and Engineers [Científicos y Ingenieros Walsh], 2010a. Estudio de Impacto Ambiental para la Fase de Explotación a Cielo Abierto del Proyecto minero de cobre Mirador—Áreas mineras Mirador 1 - Mirador 2—Ecuacorriente S.A. (ECSA): Walsh Número de Proyecto EC155-13, 748 p.
- Walsh Scientists and Engineers [Científicos e Ingenieros Walsh], 2010b. Estudio de Impacto Ambiental para la Fase de Beneficio del Proyecto minero de cobre Mirador—Áreas mineras Mirador 1 - Mirador 2—Ecuacorriente S.A. (ECSA): Walsh Número de Proyecto EC155-14, 772 p.
- Walsh Scientists and Engineers [Científicos e Ingenieros Walsh], 2011a. Plan de manejo ambiental: Walsh Número de Proyecto EC155-14, 92 p.
- Walsh Scientists and Engineers [Científicos e Ingenieros Walsh], 2011b. Respuesta observaciones del Estudio de Impacto Ambiental para la Fase de Beneficio del Proyecto minero de cobre Mirador: Walsh Número de Proyecto EC155-14, 110 p.
- World Mine Tailings Failures [Fallas de Relaves Mineros del Mundo], 2018. World Mine Tailings Failures—from 1915 [Fallas de Relaves Mineros del Mundo—desde 1915]. Disponible en línea en: <https://worldminetailingsfailures.org/>

Anexo 2: Lista preliminar de las comunidades afectadas por los impactos ambientales, de seguridad, y otros impactos sociales de la Mina Mirador.

	NOMBRE LOCAL	NOMBRE: OPEN STREETMAP PLACES DATABASE	PROVINCIA	CANTÓN	PARROQUIA	Latitud	Longitud
1	Tundayme (cabecera parroquial)	Tundayme	Zamora Chinchipe	El Pangui	Tundayme		
2	Churuwia y Etsa		Zamora Chinchipe	El Pangui	Tundayme		
3	Valle del Quimi¹ 3 Km. al sur del proyecto Mirador		Zamora Chinchipe	El Pangui	Tundayme	-3,53794° o 3° 32' 17" sur	-78,45634° o 78° 27' 23" oeste
4	El Quimi		Zamora Chinchipe	El Pangui	Tundayme	-3,58672° o 3° 35' 12" sur	-78,51496° o 78° 30' 54" oeste
5	Machinaza Alto		Zamora Chinchipe	El Pangui	Tundayme		
	Yanua Kim		Zamora Chinchipe	El Pangui	Tundayme		
6	Chuchumbletza	Chuchum-bletza	Zamora Chinchipe	El Pangui	El Güismi		
7	San Carlos Numpai,		Zamora Chinchipe	El Pangui	Tundayme		
8	Remolino 2 Chuchumbletza						
9	Machinias (Remolino 1)						
10	Bomboiza Gualaquiza-Morona S.		Zamora Chinchipe	Gualaquiza	Bomboiza		
11	Shiram Enta						
12	Campana Entsa	Campana-ka Entsa					
13	Narváez						
14	Ayantás						
15	Piunts-San José						
16	Proveeduría	Proveeduría					
17	Unión de Bomboiza Zamora	Unión de los dos ríos?					

¹<https://mapcarta.com/es/19867240#:~:text=Valle%20del%20Quimi%20es%20una,norte%20de%20Proyecto%20Minero%20Mirador.>

	NOMBRE LOCAL	NOMBRE: OPEN STREETMAP PLACES DATABASE	PROVINCIA	CANTÓN	PARROQUIA	Latitud	Longitud
18	Comunidad Arenal	Arenal					
19	Yantsas San Luis						
20	El Tiink		Morona Santiago				
21	Yukutais						
22	Asau	Asao	Morona Santiago				
23	Centro Shuar Wapis						
24	Fincas poblaciones mestizas aguas abajo de Asau hasta centro Pupú						
25	Pupú						
26	Tsunsum						
27	Upundios						
28	Parroquia San Carlos de Limón	San Carlos de Limón	Morona Santiago	San Juan Bosco	San Carlos de Limón		
29	Nankints,						
30	Comunidad 27 de Febrero						
31	Akarunts						
32	Poblaciones mestizas de Akarunts hasta la comunidad La Victoria						
33	La Victoria						
34	Shuar Ampam						
35	Ampakai						
36	Mayapis						
37	Yunkumas – Barrio Tarq.						
38	La Unión						
39	Yukiantza						
40	Kuankus						
41	Centro Shuar Kapisun						
42	Centro Shuar Suritiak						

	NOMBRE LOCAL	NOMBRE: OPEN STREETMAP PLACES DATABASE	PROVINCIA	CANTÓN	PARROQUIA	Latitud	Longitud
43	Centro Shuar Pandam						
44	Centro Shuar Nantip						
45	Centro Shuar Kim						
46	Centro Shuar Kushapuk						
47	Ciudad Santiago – Tiwintza						
48	Centro Shuar Mayaik						
49	Centro Shuar Kaputna						
50	Centro Shuar Peñas						
51	Centro Shuar Jempekat (Unión de Yaupi Santiago)						
53	Centros Shuar del Perú a orillas del Río Santiago						

Anexo 3: Ecuacorriente Resources Mirador Project, Ecuador. Mine Reclamation and Closure, Financial Assurance Cost Estimate. Informe preparado por James Kuipers, PE, 2012, para E-Tech International (en inglés).

Ecuacorriente Resources Mirador Project, Ecuador

Mine Reclamation and Closure

Financial Assurance Cost Estimate

James R. Kuipers, P.E.
February 10, 2012

The Mirador Copper Project is proposed as an open pit mining and conventional grinding and flotation plant processing a copper porphyry deposit to produce a copper sulfide concentrate. The project is located in southeast Ecuador, approximately 400 km south of Quito and 300km from the coast on the east side of the Andes Mountains, at an elevation of 800 to 1,400 m above sea level.

This review is based on information identified in the *Preliminary Mine Closure and Reclamation Plan, Mirador Project, Ecuador*, AMEC Earth & Environmental, December 15, 2004 and acreage information contained in the 2011 Exploitation and Beneficiation EIAs.

AMEC estimated an “Indicative Closure Cost” of US\$55,000,000 for mine reclamation and closure which included direct closure costs, indirect closure costs, and post-closure costs. The cost estimate, which was not a detailed estimate due to limited information on actual reclamation and closure designs and costs at the time, is shown in Table 1 under the heading AMEC 2004. AMEC did not provide a technical basis for the costs used in the estimate.

The Exploitation and Beneficiation EIAs and other supporting documents for the project, such as for the Rio Quimi TMF, similarly only provide very limited conceptual reclamation and closure plans and provide no cost estimates for carrying out such plans. The EIAs did contain information on surface area for the various mine features which are shown in Table 1 under the heading Surface Area.

I have estimated costs for mine reclamation as shown in Table 1 under the heading Kuipers 2012. The costs shown are consistent with those derived for US located copper porphyry mines containing acid drainage generating materials and in close proximity to water resources. Examples of mine cost estimates which have been used in this estimate include that of the Chino and Tyrone Mines in New Mexico, the Morenci and Bagdad Mines in Arizona, and the Continental Mine in Montana. The costs are also consistent with US Federal Reclamation and Closure Guidance issued by the US Environmental Protection Agency (EPA), US Forest Service, and US Bureau of Land Management. The costs are intended to estimate financial assurance costs which represent the cost of the regulatory agency conducting the reclamation and closure activities in the event the company does not do so. The author regularly reviews such estimates conducted by other agencies and routinely conducts such estimates for the EPA.

Direct Closure Costs

Open Pit

Reclamation and closure measures for open pits range from no earthmoving and revegetation accompanied by only fencing, to some earthmoving and revegetation on benches, to partial and in some cases complete backfilling. In many cases the partial or complete backfilling is required to prevent formation of a pit lake, and in other cases backfilling is used to bury or isolate particularly problematic (e.g. acid drainage forming) waste rock. Backfilling may result in inundation of the waste materials below the groundwater table (decreasing acid generation but potentially increasing solubility of metalloids such as arsenic or selenium) or it may be above the water table. No present modern mine site in the US is known to be permitted to allow a pit lake with adverse water quality to form primarily due to wildlife (e.g. bird death) issues associated with some pit lakes.

The AMEC 2004 estimate did not address open pit reclamation at the Mirador Project. However, it is clear from the descriptions in the EIA and other documents that an acidic pit lake is likely to form and also result in pollution being discharged from the open pit via groundwater and possibly surface water. At a minimum it is proposed for conceptual purposes that the cost of preventing a pit lake to form (partial backfill with pit pump sump with pit water to treatment) be included in the estimate. Costs for this activity can range from less than \$1.0M to greater than \$10M. A value of \$5M was used in the Kuipers 2012 estimate.

Waste Rock Dumps

Reclamation and closure methods for waste rock piles typically involve regrading to from 2:1 to 3:1 (horizontal:vertical) slopes, covering with up to 1.0 m of topsoil or growth medium and revegetation consistent with the proposed post-mining land use. In the event of water quality issues source control measures such as engineered covers (e.g. covers with synthetic liners or engineered features such as capillary breaks) may be used together with thicker covers (ranging from three to ten or more feet). In many cases encapsulation of acid generating and potentially acid generating materials within waste rock dumps may be part of source control measures. These measures typically are not included in reclamation and closure plans because they are incorporated as part of mine operations. Another measure recently introduced is lining of waste rock features which similarly are not included in reclamation and closure plans because the lining, which is done to accomplish collection of any seepage from the waste rock feature, is done prior to waste rock placement. In some cases waste rock features causing water contamination may be removed and used as underground or open pit backfill or otherwise are located in a suitable repository.

The AMEC 2004 estimate was \$3.0M for waste rock dump reclamation and closure consisting of regrading to 2.5:1 slopes, adding a source control cap (compacted soil and/or geomembrane) and revegetation. On a reclaimed area basis the estimate was the equivalent of \$11,364/hectare. This represents the low end of waste rock reclamation costs and would likely

not address resloping and revegetation activities, much less installation of a geomembrane cap which could be expected to cost \$150,000/hectare alone. A total cost of \$185,250/hectare was estimated by Kuipers based on typical US costs for the activities described resulting in an estimate of \$49M.

Tailings Management Facility

Reclamation and closure measures typically involve regrading to from 2:1 to 3:1 (horizontal:vertical) slopes, covering with up to 1.0m of topsoil or growth medium and revegetation consistent with the proposed post-mining land use. In the event of water quality issues source control measures such as engineered covers (e.g. covers with synthetic liners and/or features such as capillary breaks) may be used together with thicker covers. Tailings features may require continuous operation result in significant interim (emergency) costs to maintain the safety of the structure, control water levels, and prevent the release of tailings.

The AMEC 2004 estimate assumed the TMF would be maintained as a permanent facility and not reclaimed, therefore no cost was included in the estimate. The Beneficiation EIA suggests that some regrading, cover placement and revegetation would be performed. Considering that the tailings will likely be acid generating it is likely that a source control cover, similar in requirement to that of the waste rock dump cover, would be needed to control infiltration into the TMF. A total cost of \$185,250/hectare was estimated by Kuipers based on typical US costs for the activities described resulting in an estimate of \$39M.

Surface Facilities

The AMEC 2004 estimate was \$7.0M for surface facilities on about 102 hectares as identified in the EIAs. On a reclaimed area basis the estimate was the equivalent of \$68,600/hectare. Surface facility costs are highly variable so a more conservative estimate of \$123,500/hectare was estimated by Kuipers based on typical US costs for the activities described resulting in an estimate of \$13M.

Post-Closure Costs

The AMEC 2004 estimate did not estimate acid drainage treatment plant construction costs. It did estimate acid drainage treatment plant operation costs at \$1M/yr, environmental monitoring costs at \$100K/yr, and maintenance costs at \$200K/yr. The AMEC costs were based on a 30 year period.

The Kuipers 2012 estimate includes \$25,000,000 for water treatment plant construction. In the event of bankruptcy it is doubtful that the treatment plant would have been built or that it might need to be replaced. Based on experience at other sites where acid drainage treatment has been necessary, Kuipers 2012 increases the costs to \$2M/yr. In addition, Kuipers 2012 uses increased costs of \$250K/yr for environmental monitoring and \$500K/yr for site maintenance based on experience and costs at other sites for those activities. In addition, Kuipers 2012 cost

estimate is based on a 100 year period which has been the standard in the US (the US Bureau of Land Management now uses 500 years as the period).

Indirect Costs

The AMEC 2004 estimate includes indirect costs for engineering, procurement and construction management (EPCM), other site related costs, and a contingency equal to 15% of direct and indirect closure costs only. This results in an indirect cost estimate of \$5.5M or 11% of the estimated direct costs.

The Kuipers 2012 estimate is based on typical costs recognized as indirect costs by US regulatory authorities that include mobilization and demobilization, EPCM, contractor profit, agency oversight costs, bond and insurance costs. These costs typically are at least 40% and may be greater than 50% of the estimated direct costs. Kuipers 2012 uses 40% resulting in indirect costs of \$162M.

Total Costs

In comparison to the AMEC 2004 estimate of \$55M, the Kuipers 2012 estimate for reclamation and closure of the Mirador mine is \$568M. The Kuipers 2012 estimate reflects both the acid generating nature of the site and modern financial assurance reclamation and closure practice typical to US Federal regulatory agencies. The Kuipers 2012 estimate for Mirador, while showing a very high potential liability, is consistent with costs estimated for similar acid-generating copper porphyry mine facilities in the US and elsewhere for financial assurance purposes.

Table 1 - Mirador Project Closure Cost Estimate

Area	Surface, Hectares	AMEC 2004		Kuipers 2012	
		Assumption	Cost (US\$)	Assumption	Cost (US\$)
Direct Closure Costs					
Open Pit	120	no action	\$0	prevent lake formation	\$5,000,000
Waste Rock Dumps	264	regrade 2.5:1, cap, reveg	\$3,000,000	same as AMEC	\$48,906,000
Tailings Management Facility	210	maintain as permanent facility	\$0	regrade, cap, reveg	\$38,902,500
Surface Facilities	102	remove equipment and buildings	\$7,000,000	same as AMEC	\$12,597,000
Subtotal Direct Closure Costs			\$10,000,000		\$105,405,500
Post-Closure Costs					
Acid Drainage Treatment Plant Construction		not included			\$25,000,000
Acid Drainage Treatment Plant Operation		30 years @ \$1M/yr	\$30,000,000		\$200,000,000
Environmental Monitoring		30 years @ \$100K/yr	\$3,000,000		\$25,000,000
Maintenance		30 years @ \$200K/yr	\$6,000,000		\$50,000,000
Subtotal Post-Closure Costs			\$39,000,000		\$300,000,000
Indirect Costs					
EPCM		Applied to Direct Closure Costs Only	\$1,500,000		
Other Costs			\$2,000,000		
Contingency		15% of Direct and Indirect Costs	\$2,025,000		
Subtotal - Indirect Costs			\$5,525,000		\$162,162,200
Indirect Costs, % of Closure and Post-Closure			11%		40%
Total Closure Costs (rounded)					
			\$55,000,000		\$568,000,000

Anexo 4: Carta de la Asamblea Nacional al Ministerio de Energía y Recursos Naturales no Renovables. Asunto: Solicitud de Información. Oficio Nro. AN-QLS-2022-0030-O. 2022.

Oficio Nro. AN-QLS-2022-0030-O

Quito, D.M., 17 de febrero de 2022

Asunto: SOLICITUD DE INFORMACIÓN

Señor Ingeniero

Juan Carlos Bermeo Calderon

Ministro de Energía y Recursos Naturales No Renovables

MINISTERIO DE ENERGÍA Y RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES

En su Despacho

De mi consideración:

En mi calidad de Asambleísta Nacional para el período 2021 – 2025, le expreso mi cordial saludo, así mismo y conforme a lo dispuesto en la Constitución de la República del Ecuador, en el numeral 9 del artículo 120 y el artículo 18 numeral 2, concordante con los artículos 74, 75 y 110 numeral 3 de la Ley Orgánica de la Función Legislativa en concordancia con los artículos 22 y 23 de la Ley Orgánica de Transparencia y Acceso a la Información Pública y en atención al requerimiento llegado a mi despacho por parte de Acción Ecológica suscrita por la presidenta Ivonne Yánez. Solicito se entregue de forma urgente copias certificadas y foliadas a mi despacho de los siguientes documentos, con respecto al proyecto de minería a gran escala Mirador, que se desarrolla en la provincia de Zamora Chinchipe, cantón El Pangui, parroquias Tundayme y El Gúismi:

1. Información de Sustento del Oficio N° ECSA-HSE-2019-104, de 3 de mayo de 2019, mediante el cual ECSA solicitó a la Coordinación Zonal de Minería Sur el alcance a la emisión de factibilidad de la relavera Tundayme y sus instalaciones optimizadas, adjuntando el Informe “DESCRIPCIÓN DE RELAVERA TUNDAYME Y OPTIMIZACIÓN DE LAS INSTALACIONES, PROYECTO MIRADOR, PRODUCCIÓN 60000 TONELADAS POR DÍA”, de mayo de 2019. De manera particular, la entrega de los siguientes documentos:
 - Memoria con la descripción de la Relavera Tundayme y optimización de las instalaciones (impreso y digital).
 - ANEXO 1. Planos Relavera Tundayme.
 - ANEXO 2. Planos Túnel Temporal de Desvío Dique de Arranque.
 - ANEXO 3. Planos Infraestructuras de desvío de Aguas Limpias del Río Tundayme
 - ANEXO 4. Planos de Infraestructuras de Drenaje de Agua de la Relavera Tundayme
 - ANEXO 5. Estudios de Geotecnia (CD)
 - ANEXO 6. Planos de Dique Principal - Relavera Tundayme
 - ANEXO 7. Planos Canal Interceptor Acceso # 12 - Relavera Tundayme
 - ANEXO 8. Planos del Dique de Rebose del Túnel de desvío de Aguas Limpias del Río Tundayme
 - ANEXO 9. Estudios (CD).
2. Información de sustento del Informe técnico Nro. 0141-CRMZ-2018, de 21 de febrero de 2018; emitido por la Coordinación Regional de Minas Zamora de la Agencia de Regulación y Control Minero, con asunto: VERIFICACIÓN DE INFORMACIÓN TÉCNICA ANÁLISIS DE PLANOS DEL PROYECTO MINERO MIRADOR (Cia. ECUACORRIENTE S.A.). DE LAS OBRAS

Oficio Nro. AN-QLS-2022-0030-O

Quito, D.M., 17 de febrero de 2022

CONDICIONADAS EN LA LICENCIA AMBIENTAL FASE DE EXPLOTACIÓN DE MINERALES METÁLICOS. Solicitamos la entrega de los Informes Técnicos de sustento del Análisis de la Información Presentada de las Obras Condicionadas en la Licencia Ambiental Fase Explotación de Minerales, y de los Anexos de Información Técnica y Memorandos, detallados a continuación:

OBRA	OFICIO	INFORME TÉCNICO	FECHA INFORME
ESCOMBRERA NORESTE (Sur)	ARCOM-Z-CR-2017-0002-OF	No. 03-DTSCT-Z-2017	01 – enero - 2017
CANALES DE DESVÍO DE AGUAS ESCOMBRERA	ARCOM-Z-CR-2016-1694-OF	No. 855-DTSCT-Z-2016	08 – noviembre - 2016
DIQUE Y EMBALCE DE DRENAJE ÁCIDO	ARCOM-Z-CR-2018-0222-OF	INFORME TÉCNICO No-085-CRMZ-2018	28 de enero de 2018
PLANTA DE MEZCLA DE EXPLOSIVOS	ARCOM-Z-CR-2017-0476-OF	MEMO: ARCOM-CGCM-2017-1381-ME	28 – septiembre - 2017
CANALES DE CONTROL DE INUNDACIONES DE EMBALSES DE AGUAS ÁCIDAS	ESTÁ OBRA ESTA INCLUIDO EN EL DRENAJE DE AGUA ÁCIDA	INFORME TÉCNICO No-085-CRMZ-2018	28 de enero de 2018
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA ÁCIDA	ESTA OBRA FORMA PLANTA ES PARTE DE LA PLANTA DE BENEFICIO	INFORME TÉCNICO No-1062-DTSCT-Z-2016	27 de diciembre de 2016
PISCINAS DE SEDIMENTACIÓN	ARCOM-Z-CR-2017-1032-OF	ARCOM-CGRCM-2017-0972-MM	14 – junio - 2017
MURO DE CONTENCIÓN DE LA ESCOMBRERA	ESTA OBRA FORMA PARTE DE LA ESCOMBRERA	No. 03-DTSCT-Z-2017	01 – enero - 2017
POZOS DE REVISIÓN DE LOS DIQUES	ES OBRA FORMA PARTE DEL DIQUE DE DRENAJE ÁCIDO	INFORME TÉCNICO No-085-CRMZ-2018	28 de enero de 2018
PLATAFORMAS DE LA PLANTA DE TRITURACIÓN DE MINA Y ROCA ESTÉRIL	ARCOM-Z-CR-2017-0002-OF	No. 01-DTSCT-Z-2017	03 – enero - 2017

Oficio Nro. AN-QLS-2022-0030-O

Quito, D.M., 17 de febrero de 2022

ANEXOS - INFORMES TÉCNICOS Y MEMORANDOS

- No. 03-DTSCT Z -2017.
 - NO. 855-DTSCT Z -2016
 - INFORME TECNICO N0-085- CRMZ-2018
 - ARCOM-CGCM-2017-1381-ME
 - INFORME TECNICO No-1062- DTSCT-Z-2016.
 - No. 01-DTSCT Z-2017
 - ARCOM-CGCM-2017-0972-ME
3. Información de sustento del Informe Técnico Nro. 0137-CRM7.-2018, de 21 de febrero de 2018; emitido por la Coordinación Regional de Minas Zamora de la Agencia de Regulación y Control Minero, con asunto: VERIFICACIÓN DE INFORMACIÓN TÉCNICA Y ANÁLISIS DE PLANOS DE LA RELAVERA TUNDAYME Y SUS INSTALACIONES DEL PROYECTO MINERO MIRADOR (Cia. ECUACORRIENTE S.A). La información de sustento de este Informe es similar a la del Informe técnico Nro. 0141-CRMZ-2018, por lo que ratificamos nuestra solicitud expresa de acceso a la información pública señalada en el numeral anterior.
4. Información de sustento del Informe Técnico Nro. 0156-CGRMZ-2018, de 27 de noviembre de 2018, emitido por la Coordinación Regional de Minas Zamora de la Agencia de Regulación y Control Minero, con asunto: ANÁLISIS DE INFORMACIÓN TÉCNICA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA ÁCIDA DE FILTRACIONES DEL DIQUE DE LA RELAVERA TUDAYME (BENEFICIO). Solicitamos la entrega de la Información presentada por PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA ÁCIDA DE AGUA DE FILTRACIONES DEL DIQUE DE LA RELAVERA TUNDAYME, 3.1 PLANOS PRESENTADOS:

ANEXO 01

- Implantación general de la planta de Tratamiento de Drenaje Ácido (1 piano).
- Diagrama de flujo del proceso.
- Implantación de la planta de tratamiento de agua ácida.
- Sistema de provisión de agua y tubería de drenaje (1).
- Sistema de provisión de agua y tubería de drenaje (2).
- Corte de la estación de procesamiento.
- Sección longitudinal del dique (2 pianos).

ANEXO 02.

- Implantación general diques de aguas de infiltraciones.

ANEXO 03.

- Calculo de filtración de la estación de tratamiento de aguas ácidas del depósito de relaves

Oficio Nro. AN-QLS-2022-0030-O

Quito, D.M., 17 de febrero de 2022

ANEXO 04.

- Plan de manejo ambiental para la fase de beneficio incluye plan de contingencias (ICD).

Con sentimientos de distinguida consideración.

Atentamente,

Documento firmado electrónicamente

Sr. Salvador Quishpe Lozano
ASAMBLEÍSTA

Copia:

Señor Abogado
Edy Alquímedes Jadan Sarango
Asesor Nivel 2

Señor Magíster
Angel Virgilio Medina Lozano
Coordinador General de Relaciones Interinstitucionales