



Revisión del Estudio de Impacto Ambiental para una Nueva Instalación de Co-Disposición de Relaves y Roca Estéril para la Mina Pueblo Viejo de Barrick Gold, República Dominicana

ESCRITO POR
Steven H. Emerman, Ph.D., Malach Consulting

Informe elaborado a petición del ENTRE (Espacio Nacional
por la Transparencia en las Industrias Extractivas),
presentado el 20 de agosto de 2023

Con el auspicio de



EARTHWORKS



MININGWATCH
CANADA

ESCRITO POR

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

PUBLICACIÓN

Espacio Nacional por la Transparencia en las Industrias Extractivas - ENTRE
Observatorio Dominicano de Políticas Públicas - ODPP-UASD

CON EL AUSPICIO DE

MiningWatch Canada
Earthworks

Presentado el 20 de agosto, 2023

FOTO DE PORTADA

El área existente ("El Llagal") para almacenar los desechos de la mina está casi llena.
Fuente: Jan Morrill, Earthworks

El drama que viven desde hace más de una década las comunidades ubicadas dentro de la Reserva Fiscal Montenegro en la provincia Sánchez Ramírez, municipio Cotuí y Distrito Municipal de Zambrana, constituye una realidad que expone de forma continua, en medio de grandes riesgos de desastre humano y ambiental la cotidianidad y la vida de más de 450 familias, todas establecidas en el área de explotación de Barrick Gold PVDC o inmediatamente expuestas a la Presa de Cola El Llagal, incluyendo las que se encuentran en espacios apenas establecidos a 100 metros del muro de la misma.

En un clima de denuncias sistemáticas de protestas y conflictos comunitarios en La Piñita, La Laguna, La Cerca, El Naranjo, Jurungo y Jobo Claro, el Espacio Nacional por la Transparencia de la Industria Extractiva – ENTRE – les ha acompañado y correspondió a su llamado solidario realizado por el Comité Nuevo Renacer, quien solicitó apoyo directo, técnico y científico, para estudiar la realidad que viven y especialmente examinar el proyecto de la minera para construir, muy próximo al relave existente, una nueva Presa de Cola, identificada desde ya como TSF El Naranjo.

La relación de solidaridad entre el Espacio Nacional por la Transparencia de la Industria Extractiva, el Observatorio Dominicano de Políticas Públicas de la UASD y las instituciones especializadas en el seguimiento del extractivismo, la minería, los relaves y el medio ambiente, MiningWatch y Earthworks, posibilitó la contratación del doctor Steven H. Emerman, quien cuenta con una extendida experiencia en la que ha desarrollado más de un centenar de revisiones de estudios de impacto de relaves en todos los continentes, presentando testimonios ante organismos multilaterales, internacionales y gobiernos.

Esta iniciativa del Comité Nuevo Renacer y las comunidades ha tenido como producto el presente informe de la revisión del Estudio de Impacto Ambiental que con la presente publicación ponemos en manos del público para la reflexión crítica y el empoderamiento ciudadano que permita desde la ciencia y la ley conjurar peligros y evitar el desastre.

** El texto dentro de este cuadro fue escrito por el Comité Nuevo Renacer para dar más contexto al siguiente informe escrito por el Dr. Steven H. Emerman.*

Contenidos

RESUMEN BREVE	4
RESUMEN EJECUTIVO	4
PERSPECTIVA GENERAL	8
REVISIÓN DE LA GESTIÓN DE RESIDUOS DE MINA	12
Presas de Relaves vs. Presas de Retención de Agua	12
Drenaje Ácido de Mina	16
Co-Disposición de Roca Estéril y Relaves	18
Relleno del Tajo Abierto	20
Estándar Global de Gestión de Relaves para la Industria Minera	25
PROPUESTA PARA NUEVA INSTALACIÓN DE RESIDUOS DE MINA EN LA MINA PUEBLO VIEJO	27
METODOLOGÍA	31
RESPUESTAS	36
El Estudio de Impacto Ambiental está Incompleto	36
No se ha Considerado Seriamente la Alternativa de Relleno del Tajo Abierto	37
El Análisis de Alternativas no Enfatiza la Seguridad	45
El Diseño de la Nueva Instalación no está Probado	50
Las Consecuencias de Falla han sido Subestimadas	54
No Existe un Plan de Mantenimiento a Largo Plazo de la Instalación	57
CONCLUSIONES EN RESUMEN	59
RECOMENDACIONES	60
SOBRE EL AUTOR	61
REFERENCIAS	61

Resumen Breve

Barrick Gold ha propuesto la construcción de una nueva instalación para la co-disposición de 344,7 millones de toneladas de relaves combinados y 452,7 millones de toneladas de roca estéril potencialmente generadora de ácido (PAG) detrás de una presa con una altura de 157 metros en mina a cielo abierto de oro y plata Pueblo Viejo en la República Dominicana. El Estudio de Impacto Ambiental (EIA) no considera la alternativa de relleno de los tajos abiertos y canteras agotados, aunque tal consideración es requerida por el Estándar Global de Gestión de Relaves para la Industria Minera (EGGRIM) y el relleno podría realizarse en menos del 35 % del costo de una nueva instalación sobre el suelo.

Resumen Ejecutivo

Barrick Gold ha propuesto la construcción de una nueva instalación llamada Naranjo para la co-disposición de 344,7 millones de toneladas de relaves combinados (relaves más productos de precipitación y lodos de tratamiento de agua) y 452,7 millones de toneladas de roca estéril potencialmente generadora de ácido (PAG) de los tajos abiertos Monte Negro y Moore en la mina de oro y plata Pueblo Viejo en la República Dominicana. La nueva instalación complementaría la existente instalación de almacenamiento de relaves (TSF) existente El Llagal, la cual se llenará con residuos de mina en 2027, mientras que la nueva instalación mantendría la producción hasta 2049. Los residuos de mina en la instalación Naranjo estarían confinados por una presa de enrocamiento con núcleo de tierra con una altura de 157 metros (una de las presas de enrocamiento con núcleo de tierra más grandes del mundo) con los relaves en el lado aguas abajo junto a la presa y la roca estéril en el lado aguas arriba. Las consecuencias de la falla de la presa han sido calificadas como Extremas para tanto la instalación El Llagal como la instalación Naranjo, lo que significa que se esperan más de 100 muertes en caso de falla de la presa. Se mantendría una cubierta de agua permanente sobre la roca estéril para evitar la generación de ácido a través del contacto con el oxígeno.

El Estudio de Impacto Ambiental (EIA) para la nueva instalación se finalizó en octubre de 2022 y se hizo público el 25 de junio de 2023. De acuerdo con el EIA, el sitio y la tecnología para la instalación Naranjo se eligieron después de una evaluación inicial de 26 alternativas, seguida de la puntuación de ocho alternativas a través de un análisis de cuentas múltiples que involucró cuentas ambientales, socioeconómicas, técnicas y de costos. El propósito de este informe es determinar si el EIA seleccionó la alternativa más segura y si la alternativa preferida brinda protección adecuada para las personas y el medio ambiente. Para facilitar la lectura por parte de no especialistas, este informe incluye una revisión de temas clave en la gestión de residuos de mina, incluidas las diferencias entre las presas de relaves y las presas de retención de agua, el drenaje ácido de mina, la co-disposición de relaves y roca estéril, el relleno de residuos de mina en tajos abiertos agotados, y el Estándar Global de Gestión de Relaves para la Industria Minera (EGGRIM). El EGGRIM es particularmente relevante ya que, como Compañía Miembro del Consejo Internacional de Minería y Metales (CIMM), Barrick Gold está obligada a implementar completamente el EGGRIM antes del 5 de agosto de 2023 para presas de relaves con consecuencias de falla clasificadas como Muy Altas o Extremas.

El EIA está incompleto en formas que dificultan la revisión por parte del gobierno dominicano o del público dominicano. Algunos documentos clave que se citan en el EIA se enumeran en la bibliografía como todavía “en curso”. Algunas secciones clave, como el análisis de las consecuencias de la falla de la presa, están escritas sólo en inglés, sin traducción al español. El análisis de cuentas múltiples establece sólo las puntuaciones totales para las ocho

alternativas y ha eliminado los apéndices que deberían indicar las puntuaciones con sus justificaciones para las cuatro cuentas y las numerosas subcuentas. De acuerdo con el EGGRIM, el propósito de un análisis de cuentas múltiples es seleccionar la alternativa que (1) minimice los riesgos a las personas y al medio ambiente y (2) minimice el volumen de relaves colocados en las instalaciones sobre el suelo. Dado que los elementos de riesgo (incluidas las consecuencias de falla y la probabilidad de falla) están dispersos en subcuentas dentro de las cuentas ambientales, socioeconómicas y técnicas, es imposible determinar si se ha dado prioridad a la minimización del riesgo. Además, el EGGRIM aclara que el análisis de cuentas múltiples no debe incluir el costo como un factor en la selección de la alternativa preferida. Es una característica estándar de muchos documentos de directrices internacionales sobre presas que la seguridad debe ser el factor determinante y que no debe haber ningún equilibrio entre la seguridad y otros factores. Las varias subcuentas relacionadas con la protección de la vida humana constituyen sólo el 7,5 % de la ponderación de las puntuaciones finales.

Aunque, de acuerdo con el EGGRIM, la minimización del almacenamiento permanente de relaves sobre el suelo es uno de los dos propósitos de un análisis de cuentas múltiples, el EIA no incluye ninguna consideración seria de la alternativa de relleno de residuos de mina en los tajos abiertos o canteras agotados. Muchas jurisdicciones exigen el relleno del tajo abierto (California (EE. UU.), Pensilvania (EE. UU.), Nueva Caledonia) o la maximización del relleno del tajo abierto (Columbia Británica (Canadá)) o un estudio de factibilidad para el relleno del tajo abierto antes de la consideración de una nueva o ampliada instalación de almacenamiento de relaves sobre el suelo (Quebec (Canadá)). Existen numerosos ejemplos de proyectos mineros que han llevado a cabo operaciones simultáneas de relleno y explotación en el mismo tajo abierto. El relleno del tajo abierto se considera una mejor práctica en casi todas las circunstancias, excepto cuando la probabilidad de contaminación de las aguas subterráneas podría reducirse moviendo los relaves a una ubicación sobre el suelo. Para evitar la contaminación de las aguas subterráneas, el sitio para una instalación de relaves sobre el suelo que se prefiere en el EIA no puede considerarse ideal, ya que el EIA expresa preocupaciones con respecto a la alta permeabilidad de los cimientos, la posibilidad de filtraciones excesivas de la instalación de almacenamiento de relaves y la necesidad de medidas paliativas. Barrick Gold tiene al menos ocho proyectos de relleno del tajo abierto, incluidos dos completados, tres en curso y tres planificados. El relleno del tajo abierto en la mina Bullfrog incluso ganó el Premio a la Excelencia en Recuperación de Minas de Nevada (EE. UU.) para 2019. De hecho, el Informe Técnico proporcionado a los inversionistas por Barrick Gold establece que existe un plan para rellenar 163 millones de toneladas de roca estéril PAG en los tajos abiertos, aunque esto no se establece en el EIA.

Este informe estimó la masa de residuos de mina que podría rellenarse en los tajos abiertos, así como el costo del relleno de los tajos abiertos. Con base en las densidades in situ de mineral y roca estéril (2,8 toneladas por metro cúbico) y la extracción proyectada de mineral y roca estéril (196,174 y 516,922 millones de toneladas, respectivamente) durante la vida útil de la mina, el volumen final del tajo fue calculado en 254,6771 millones de metros cúbicos. Con base en la densidad de la roca estéril después de la extracción (2,1 toneladas por metro cúbico), toda la roca estéril podría rellenarse en los tajos abiertos. De los 344,7 millones de toneladas de relaves combinados que se planea descargar en la nueva instalación Naranjo, con base en la densidad (1,24 toneladas por metro cúbico), quedaría espacio suficiente en los tajos abiertos para todos menos 246,0886 millones de toneladas si la roca estéril y los relaves se mezclaron (de modo que los relaves ocuparon el 75 % del espacio poroso de la roca estéril), y todas menos 296,2089 millones de toneladas si la roca estéril y los relaves se separaron por completo. El procesamiento del mineral incluye la mezcla con piedra caliza, por lo que el proyecto incluye la extracción de 474,225 millones de toneladas de piedra caliza de canteras en el sitio, lo que corresponde a un volumen total de cantera de 316,15-175,6389 millones de metros cúbicos, con base en densidades de piedra caliza en el rango de 1,5-2,7 toneladas por metro cúbico (la densidad de la piedra caliza no consta en los documentos disponibles). Por lo tanto, hay suficiente capacidad en los tajos abiertos y canteras para todas las rocas estériles y relaves combinados, excepto en el caso

extremo de no mezcla de roca estéril y relaves y densidad máxima de piedra caliza. Incluso si no se pudieran rellenar todos los relaves, la maximización del relleno de los tajos abiertos y canteras reduciría enormemente el volumen de relaves que sería necesario almacenar en la superficie, de acuerdo con los requisitos del EGGRIM.

Este informe compiló 15 proyectos de relleno del tajo abierto (13 en Canadá y uno en Australia y en Alemania) para los cuales se conocen los costos y la cantidad de material de relleno, lo que da como resultado un costo de relleno medio geométrico de USD 1,20 por tonelada de residuos de mina. Sobre esa base, el costo de relleno de los 797,4 millones de toneladas de residuos de mina que están designados para disposición en la nueva instalación Naranjo sería de USD 957 millones. En cambio, según el EIA, el costo de construcción de la nueva instalación Naranjo sería de USD 2695 millones o USD 3,38 por tonelada de residuos de mina, por lo que el costo de relleno sería menos del 35 % del costo de construcción de una nueva instalación sobre el suelo. Incluso el costo proyectado está subestimado porque no incluye los costos de operación ni monitoreo, inspecciones, mantenimiento y revisiones a largo plazo de la instalación Naranjo luego del cierre de la mina. El costo de la nueva instalación es inusualmente alto, con base en un costo promedio de toda la industria minera para la gestión convencional de relaves de USD 1,20 por tonelada (casi idéntico al costo del relleno) con un rango de USD 0,5-2,50 por tonelada.

La co-disposición de relaves y roca estéril en la misma instalación con una cubierta de agua sobre la roca estéril y sin mezclar los dos tipos de residuos de mina es un diseño inusual. Según el EIA, el diseño está comprobado porque la instalación existente El Llagal ha utilizado con éxito el mismo diseño. El EIA no proporciona ninguna evidencia del éxito de la instalación El Llagal, como informes de inspecciones de seguridad de presa anuales, revisiones de seguridad de presas o informes de una Comisión Independiente de Revisión de Relaves (CIRR), aunque, según el EGGRIM, tales tipos de los informes deben ponerse a disposición del público, al menos en forma resumida. El resumen de tres oraciones en la divulgación pública del 5 de agosto de 2023 no puede considerarse una prueba adecuada de éxito bajo ningún estándar. Sin embargo, aunque el EIA de 2005 para la instalación de relaves El Llagal de Placer Dome indicó que la instalación almacenaría tanto relaves como roca estéril, el Informe Técnico de Barrick Gold a sus inversionistas aclara que la roca estéril ha sido almacenado en el vertedero Hondo, donde está a la espera de ser trasladado a tajo abierto o a la instalación Naranjo, y carece de claridad en cuanto a la cantidad de roca estéril, si es que hay alguna, que se almacena realmente en la instalación El Llagal. La instalación El Llagal posiblemente utiliza un diseño diferente y, por lo tanto, no es análoga a la instalación propuesta Naranjo. Según el conocimiento del autor, la única instalación de almacenamiento de residuos de mina con un diseño similar a la instalación Naranjo es la instalación de almacenamiento de relaves en la Operación de Cobre y Oro Phu Kham en Laos. La evitación de un diseño de este tipo a nivel mundial probablemente se deba a la enorme presa necesaria para confinar tanto los relaves como la roca estéril, lo que podría explicar el alto costo de la instalación propuesta Naranjo. Entre otras discrepancias significativas entre el EIA y el Informe Técnico, el EIA analiza una instalación mucho más grande que la contemplada en el Informe Técnico, lo cual está relacionado con por qué sólo se consideraron sitios particulares para la instalación en el EIA.

De acuerdo con el análisis de las consecuencias de la falla de la presa en el EIA, los relaves derramados fluirán hacia el norte por el río Maguaca hasta la confluencia con el río Yuna y luego continuarán fluyendo hacia el norte por el río Yuna. El análisis calcula sólo los tiempos de llegada de la inundación de relaves, los caudales pico (hasta 38.700 metros cúbicos por segundo, y las profundidades de la inundación de relaves (hasta 22,4 metros), pero ni las consecuencias ambientales ni socioeconómicas, como muertes, contaminación de ríos ni los impactos en la salud humana, la vida acuática, la agricultura, ni la infraestructura. Además, el análisis está limitado por el modelo de computadora, que calculó los tiempos de llegada, los caudales pico, y las profundidades de la inundación de relaves sólo hasta el giro hacia el este del río Yuna, una distancia de 30 kilómetros aguas abajo de la instalación de relaves Naranjo. Sin embargo, con base en un modelo estadístico desarrollado a partir de fallas anteriores en

presas de relaves, con una altura de 157 metros y un almacenamiento de 278 millones de metros cúbicos de relaves combinados, una falla de la instalación de relaves propuesta Naranjo resultará en el transporte de la inundación de relaves por 227 kilómetros durante el evento inicial. Dado que la distancia al mar (bahía Samaná) es de sólo 101 kilómetros, el evento inicial resultará en la deposición de relaves a lo largo de todo el tramo entre la presa de relaves y el mar, lo que ocurrirá en menos de cinco horas. Finalmente, aunque las instalaciones El Llagal y Naranjo estarían separadas por sólo 840 metros y en la misma cuenca en la cabecera del río Maguaca, el análisis de las consecuencias de la falla de la presa no consideró las consecuencias de la falla simultánea de ambas instalaciones de almacenamiento de relaves, aunque tal resultado es ciertamente creíble considerando que el mismo terremoto o evento de precipitación podría causar la falla de ambas instalaciones.

El plan de cierre de la mina incluye un plan para el tratamiento y liberación del agua capturada detrás de la presa hasta el momento en que el agua detrás de la presa alcance los estándares nacionales de calidad de agua antes del tratamiento. El período estimado de tratamiento posterior al cierre es de diez años y no existe un plan o financiamiento para el tratamiento del agua a largo plazo. Aunque la roca estéril PAG requiere una cubierta de agua, no existe un plan para el mantenimiento de una cubierta de agua a perpetuidad. Lo más importante es que, aunque la presa nunca podrá ser desmantelada, no existe un plan ni financiamiento para la inspección, monitoreo, mantenimiento y revisión perpetua de la presa. Sin el mantenimiento perpetuo de la presa, el eventual colapso de la presa con numerosas muertes y con la contaminación de los ríos Maguaca y Yuna a la bahía Samaná debe considerarse inevitable.

La recomendación de este informe es que el EIA debe ser reescrito con especial atención a lo siguiente:

1. Todas las especificaciones relevantes deben estar disponibles en el EIA sin referencias a documentos que no han sido escritos.
2. El EIA completo debe estar disponible en español.
3. Se deberán incluir los anexos que establezcan y justifiquen la puntuación de las cuentas y subcuentas para cada una de las alternativas.
4. El relleno de los tajos abiertos debe considerarse plenamente como una de las alternativas.
5. Se debe proporcionar un balance de masa completo, preciso y consistente para el mineral, los relaves, la roca estéril y la piedra caliza, desde el comienzo hasta el cese planificado de la extracción.
6. La selección del sitio preferido debe basarse en un conocimiento más profundo de los cimientos en cada sitio.
7. El costo no debe ser un factor en la selección de la alternativa preferida.
8. Deben incluirse los informes (tales como inspecciones de seguridad de presas, revisiones de seguridad de presa e informes de CIRR) que justifiquen el éxito de la instalación existente El Llagal.
9. Se debe analizar la experiencia pasada de toda la industria con el diseño de la instalación propuesta.
10. El análisis de las consecuencias de la falla de presa debe considerar la falla simultánea tanto de la instalación existente como de la propuesta.
11. El análisis de las consecuencias de la falla de la presa debe considerar las consecuencias ambientales y socioeconómicas de la falla.
12. El análisis de las consecuencias de la falla de la presa debe considerar todos los impactos que ocurrirán entre las instalaciones y el mar.
13. Debe haber planes y discusiones sobre el financiamiento para el tratamiento de agua a largo plazo y para el monitoreo, la inspección, el mantenimiento y la revisión a largo plazo de las presas de relaves.
14. El EIA revisado debe ser totalmente consistente con el Informe Técnico proporcionado a los inversionistas.

Perspectiva General

Pueblo Viejo Dominicana Jersey 2 Limited, una empresa conjunta con participación mayoritaria de la empresa canadiense Barrick Gold (60 %) y participación minoritaria de la empresa estadounidense Newmont (40 %), ha propuesto la construcción de una nueva instalación llamada Naranjo para el almacenamiento permanente de residuos de mina adicionales generados por la mina de oro y plata Pueblo Viejo en la República Dominicana, donde el mineral se extrae de dos tajos abiertos llamados Monte Negro y Moore (Knight-Piésold Consulting, 2022; Barrick Gold, 2023a) (ver Figs. 1- 3). Los residuos de mina consisten en gran parte en roca estéril, la que es la roca que debe eliminarse para llegar al cuerpo mineralizado, y relaves (también llamadas colas), los que son las partículas de roca mojadas y trituradas del cuerpo mineralizado que quedan después de que se haya eliminado la materia prima de valor. En la actualidad, la roca estéril se almacena en el vertedero de roca estéril Hondo, mientras que los relaves y posiblemente algo de roca estéril se almacenan en la instalación de almacenamiento de relaves (TSF, por sus siglas en inglés) El Llagal (Barrick Gold, 2023a). La instalación existente El Llagal se llenará de relaves en 2027, mientras que la nueva instalación Naranjo mantendría la producción hasta 2049. La propuesta es que Naranjo almacene tanto relaves como roca estéril en la misma instalación (Knight-Piésold Consulting, 2022).

La gestión o el almacenamiento o la disposición de los residuos de mina es un componente crítico de cualquier proyecto minero moderno a gran escala. A nivel mundial, para la extracción de oro, se extraen 2,86 toneladas de roca estéril por cada tonelada de mineral de oro. Considerando una ley de mineral típica de 0,00008 % y tasas típicas de recuperación de concentradora y fundición/refinería, se generan 3.046.349 toneladas de residuos de mina (tanto relaves como roca estéril) por cada tonelada de oro refinado, la que es la mayor relación roca-metal para cualquier producto extraído común. A nivel mundial, la minería de plata genera una cantidad considerablemente menor de residuos, con 2,13 toneladas de roca estéril eliminadas por cada tonelada de mineral y 22.378 toneladas de residuos de mina generados por cada tonelada de plata refinada (Nassar et al., 2022a-b).

La instalación actual El Llagal está cuesta arriba de las comunidades de La Cerca, Las Lagunas y Rayo (ver Fig. 3). Fig. 4a muestra una vista de la presa de relaves en la instalación El Llagal tomada desde Las Lagunas a una distancia de 1135 metros al norte del pie de la presa (comparar con Fig. 3). Fig. 4b muestra una vista de la presa de relaves desde el este, la que muestra la comunidad de Rayo en primer plano a una distancia de 293 metros del pie de la presa (comparar con Fig. 3). Las consecuencias de la falla de la presa de relaves tanto para la instalación existente El Llagal (Barrick Gold, 2022a; UNEP et al., 2023) como para la instalación propuesta Naranjo (Knight-Piésold Consulting, 2022) han sido calificadas como Extremas, las que significa que más de 100 se esperan muertes en caso de falla de la presa (Canadian Dam Association [Asociación Canadiense de Presas], 2013, 2019; ICMM-UNEP-PRI, 2020).

Knight-Piésold Consulting (2022) elaboró un Estudio de Impacto Ambiental (EIA) para la instalación de residuos de mina Naranjo que se finalizó y entregó al gobierno dominicano en octubre de 2022. A su vez, el gobierno dominicano hizo público el EIA el 25 de junio de 2023. El EIA incluye una consideración de 26 combinaciones de posibles sitios y tecnologías para la nueva instalación de almacenamiento de residuos de mina. De las 26 alternativas, 14 fueron eliminadas por selección inicial, luego de lo cual las ocho alternativas restantes fueron sujetas a un análisis de cuentas múltiples que finalmente terminó con la Alternativa C (una instalación para la disposición conjunta de relaves y roca estéril en el Sitio 14 como se muestra en Fig. 3) como la alternativa preferida.

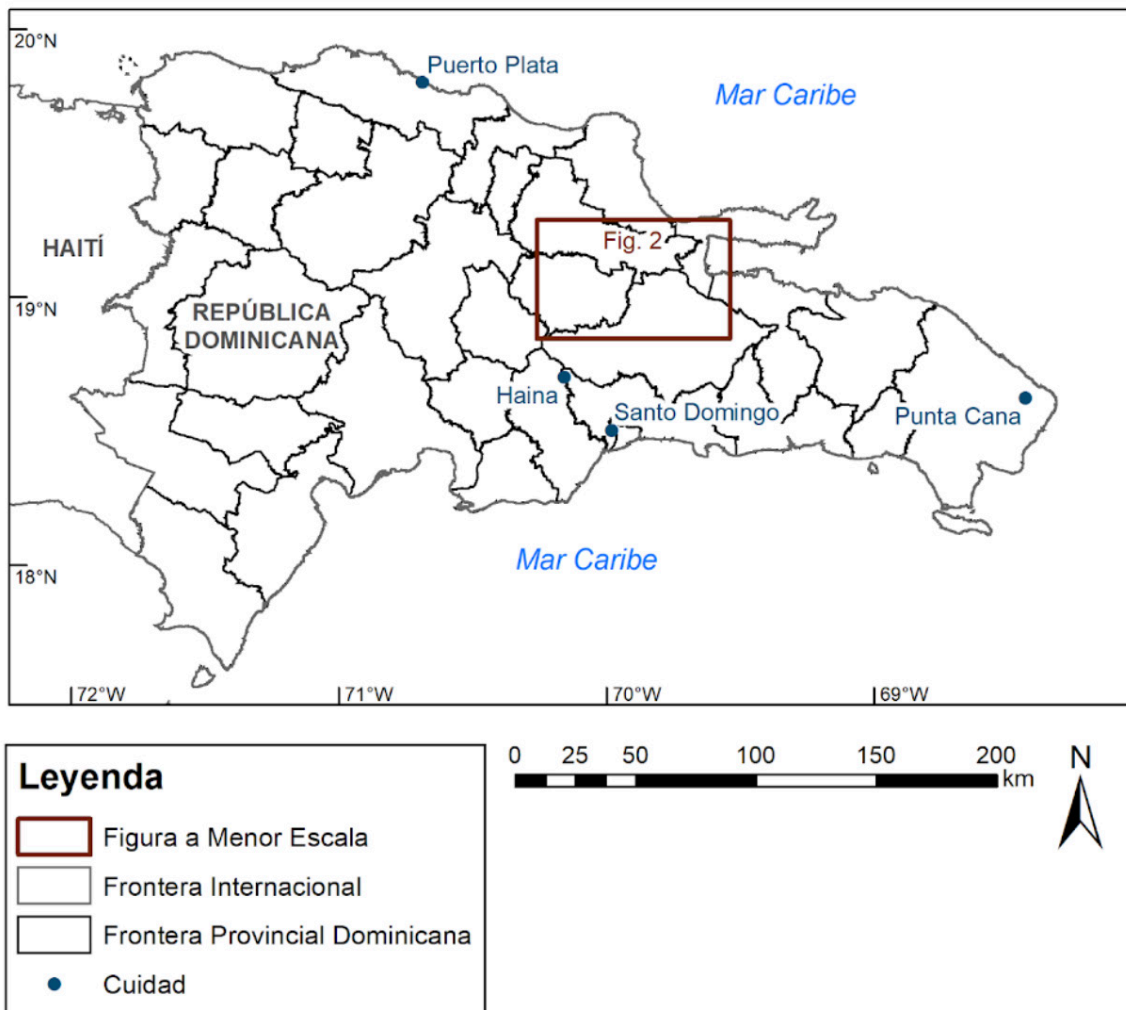


FIGURA 1. Barrick Gold ha propuesto la construcción de una nueva instalación para la co-disposición de relaves mineros y roca estéril en la mina de oro a cielo abierto Pueblo Viejo en la República Dominicana.

El propósito de este informe es responder a las siguientes preguntas:

1. **¿Seleccionó el EIA la alternativa más segura para las personas y el medio ambiente?**
2. **¿La alternativa preferida proporciona una protección adecuada para las personas y el medio ambiente?**

Para facilitar la lectura por parte de no especialistas, este informe incluye una revisión de temas clave en la gestión de residuos de mina, incluidas las diferencias entre las presas de relaves y las presas de retención de agua, el drenaje ácido de mina, la co-disposición de relaves y roca estéril, el relleno de residuos de mina en tajos abiertos agotados, y el Estándar Global de Gestión de Relaves para la Industria Minera (EGGRIM). El EGGRIM es particularmente relevante, ya que, como Compañía Miembro del International Council on Mining & Metals [Consejo Internacional de Minería y Metales] (ICMM, por sus siglas en inglés), Barrick Gold está obligada a implementar completamente el EGGRIM antes del 5 de agosto de 2023 para presas de relaves con consecuencias de falla clasificadas como Muy Altas o Extremas (ICMM, 2021, 2023).

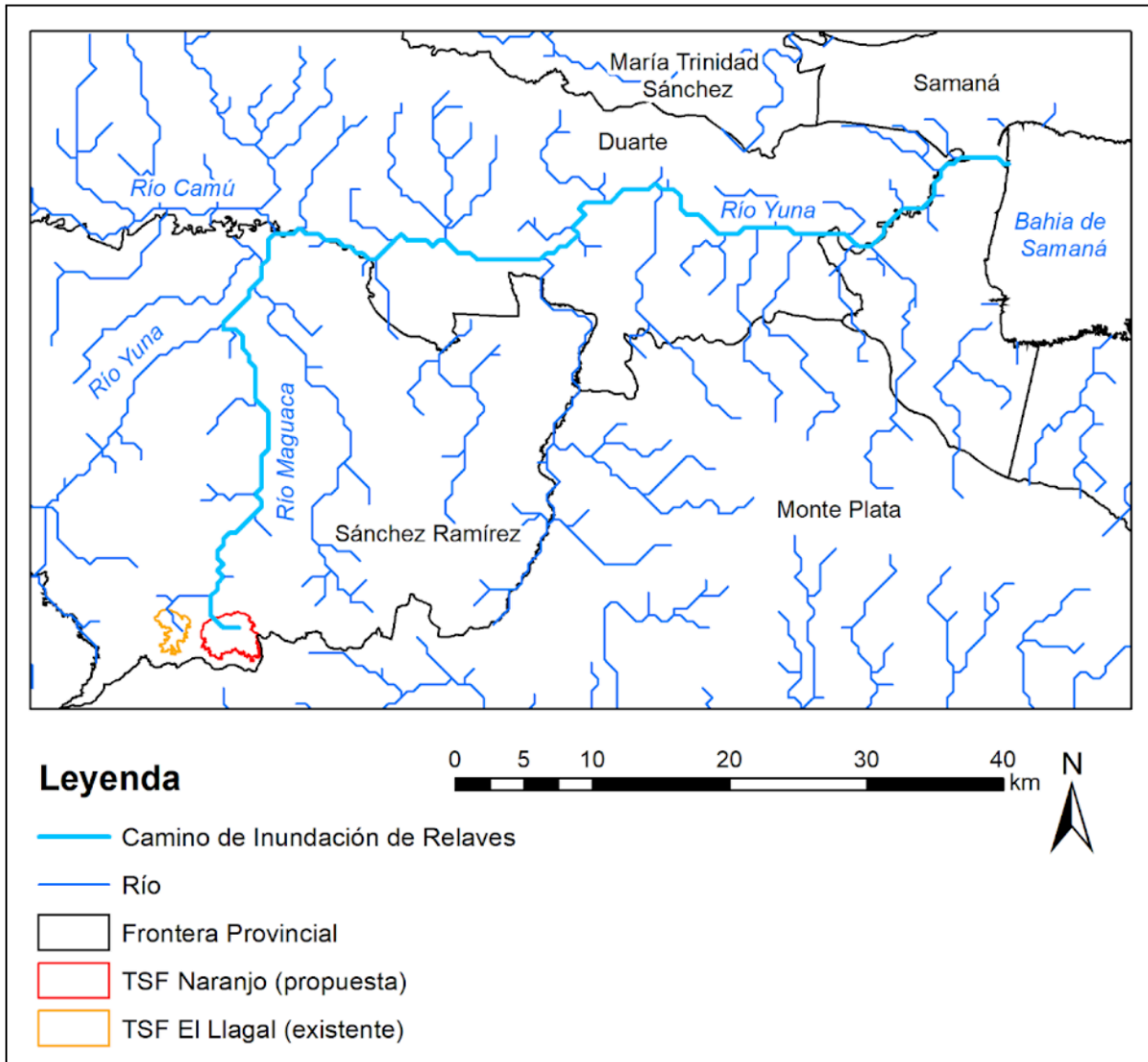


FIGURA 2. Con base en un modelo estadístico desarrollado a partir de fallas anteriores en presas de relaves, con una altura de 157 metros y un almacenamiento de 278 millones de metros cúbicos de relaves, una falla de la TSF (Instalación de Almacenamiento de Relaves) propuesta Naranja en la mina Pueblo Viejo resultará en el transporte de la inundación de relaves por 227 kilómetros durante el evento inicial. Sin embargo, dado que la distancia al mar (bahía Samaná) es de sólo 101 kilómetros, el evento inicial resultará en la deposición de relaves a lo largo de todo el tramo entre la presa de relaves y el mar. Ríos de HydroSHEDS (2023), fronteras provinciales de ESRI (2021) y perímetros de TSF rastreados de Knight-Piésold Consulting (2022). Ver mapa a mayor escala en Fig. 1.

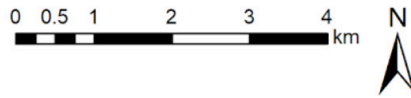
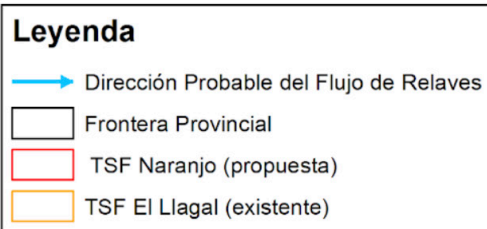
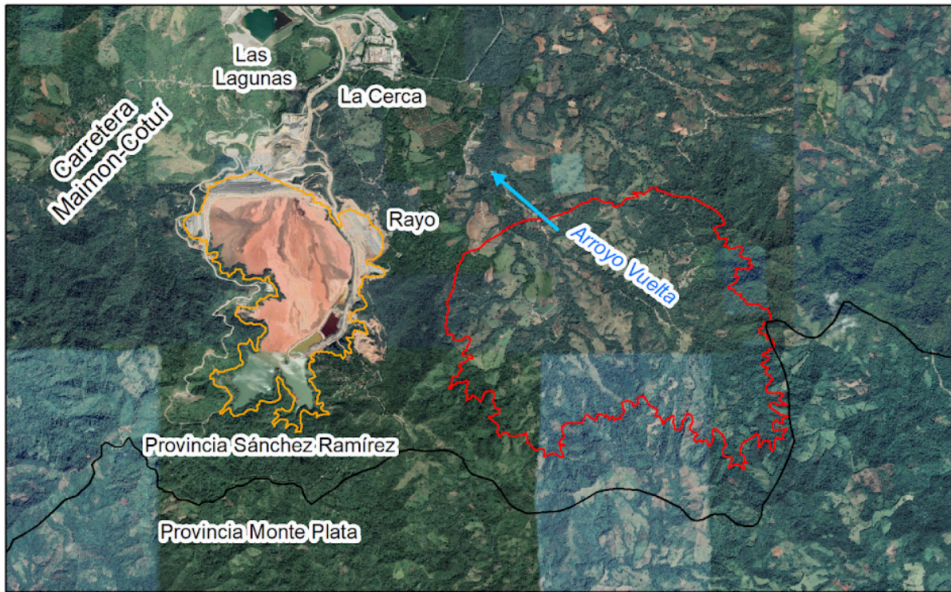


FIGURA 3. El camino probable para el flujo de relaves luego de la falla de la TSF (Instalación de Almacenamiento de Relaves) propuesta Naranjo es el arroyo Vuelta, que fluiría por debajo de la instalación de almacenamiento de relaves. El camino probable llevará los relaves a las comunidades de Las Lagunas y La Cerca, así como a gran parte de la infraestructura de la mina. De manera similar, una falla de la TSF El Llagal existente llevará los relaves a las comunidades de Las Lagunas y La Cerca, además de gran parte de la infraestructura de la mina. Tanto para las instalaciones de almacenamiento de relaves existentes como para las propuestas, las consecuencias se han clasificado como Extremas, lo que significa que se esperan más de 100 muertes como resultado de la falla de la presa. Fronteras provinciales de ESRI (2021) y perímetros de TSF rastreados de Knight-Piésold Consulting (2022). Ver mapa a mayor escala en Fig. 2.



FIGURA 4a. Vista de la presa de relaves existente El Llagal desde la comunidad de Las Lagunas, 1135 metros al norte (ver Fig. 3). Foto tomada por el autor el 12 de julio de 2023.

Revisión de la Gestión de Residuos de Mina

Presas de Relaves vs. Presas de Retención de Agua

La roca estéril a menudo se deposita como un vertedero de roca estéril independiente. Por el contrario, debido a que son húmedos y de grano fino, los relaves requieren confinamiento detrás de una presa. En la gestión de relaves convencional, los relaves húmedos se canalizan a la instalación de almacenamiento de relaves sin deshidratación, de modo que los contenidos de agua estén en el rango de 150-400 %, donde el contenido de agua es la relación entre la masa de agua y la masa de partículas sólidas y secas. La mezcla de relaves y agua luego 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 mineral (ver Fig. 5). Los relaves se pueden dividir en dos tamaños con propiedades físicas muy diferentes, los que son los relaves gruesos o arenas (mayores de 0,075 mm) y los relaves finos o lodos (menores de 0,075 mm). La descarga hidráulica da como resultado la separación de los tamaños de relaves por gravedad. Las arenas más grandes se asientan más cerca de la presa para formar una playa. Los lodos más pequeños y el agua viajan más lejos de la presa para formar un estanque de decantación donde los lodos se asientan lentamente fuera de suspensión. Por lo general, el agua se recupera del estanque de decantación y se vuelve a bombear a la operación minera.



FIGURA 4b. La comunidad de Rayo (casas en primer plano) está a sólo 293 metros de la presa de relaves existente El Llagal (ver Fig. 3). Foto tomada por el autor el 13 de julio de 2023.

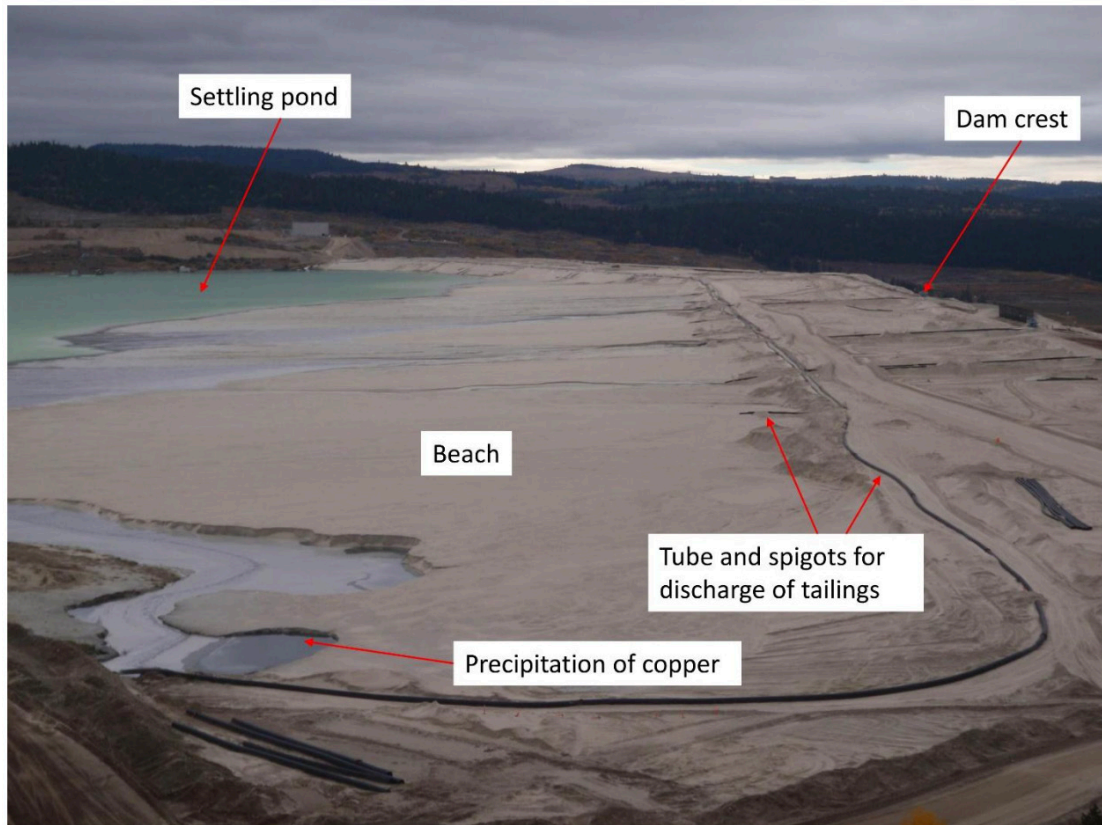


FIGURA 5. En la gestión de relaves convencional, los relaves y el agua de la planta de procesamiento de mineral se descargan hidráulicamente en dirección aguas arriba desde las espigas a lo largo de la cresta de la presa. Los relaves más gruesos se depositan más cerca de la cresta de la presa para formar una playa. Los relaves más finos y el agua viajan más lejos aguas arriba, donde los relaves finos se depositan fuera de la suspensión en el estanque de decantación. La foto es una presa de relaves en la mina Highland Valley Copper en Columbia Británica, Canadá. Foto del autor el 27 de septiembre de 2018.

Aunque las presas de relaves y las presas de retención de agua se construyen con el propósito de restringir el flujo de agua o residuos que contienen agua, son fundamentalmente diferentes tipos de estructuras de ingeniería civil. Este punto importante fue enfatizado en el libro de texto de Vick (1990) titulado *Planning, Design, and Analysis of Tailings Dams* [Planificación, Diseño y Análisis de Presas de Relaves]. De acuerdo con 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].

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 roca estéril, la fracción más gruesa de los relaves, o relleno de roca o tierra que se extrae del sitio de la mina. 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, a medida que se disponga de más material de la operación minera (como roca estéril) para la construcción, y a medida que se disponga de financiación para futuras construcciones. Las implicaciones de la construcción por etapas se resumieron en el SME (Society for Mining, Metallurgy and Exploration [Sociedad de Minería, Metalurgia y Exploración]) *Tailings Management Handbook* [Manual de Gestión de Relaves]. Según Snow (2022), *"The construction of a TSF over an operational period of many years or even decades introduces the potential for discontinuity in construction oversight, quality control, monitoring, and recognition of performance factors that can affect operation and safety"* [La construcción de un TSF durante un período operativo de muchos años o incluso décadas presenta el potencial de discontinuidad en la supervisión de la construcción, el control de calidad, el monitoreo y el reconocimiento de factores de desempeño que pueden afectar la operación y la seguridad].

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 representativa 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. Sin embargo, el Independent Expert Engineering Investigation and Review Panel [Investigación de Ingeniería y Panel de Revisión de Expertos Independientes (2015a) 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 (Canadá).

La discusión anterior contrasta en gran medida las presas de relaves y las presas de retención de agua que están en operación activa. Al final de su vida útil, o cuando ya no es posible inspeccionar y mantener la presa, una presa de retención de agua se desmantela por completo. Una presa de retención de agua no puede simplemente abandonarse o eventualmente fallará en un momento impredecible con consecuencias que son difíciles de predecir. Por otro lado, una presa de relaves no se puede desmantelar a menos que los relaves se puedan mover a otro lugar, como un tajo abierto agotado. Por lo general, se espera que una presa de relaves contenga los relaves, a menudo tóxicos, a perpetuidad, aunque normalmente la inspección, el monitoreo, el mantenimiento y la revisión de la presa cesan en algún momento después del final del proyecto minero.

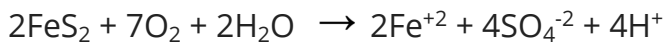
La necesidad de mantenimiento perpetuo de una presa de relaves, así como el realismo de tal perspectiva, se discutió en el documento de orientación [La seguridad ante Todo: Lineamientos para el Manejo Responsable de Relaves](#). De acuerdo con Morrill et al. (2022), "Es imperativo que la reclamación y el cierre de las instalaciones de relaves sea un factor importante en su diseño inicial y ubicación ... Se considera que una obra de relaves está cerrada cuando ha cesado el depósito de relaves y se han completado todas las actividades de cierre, de manera que las instalaciones requieren solamente monitoreo de rutina, inspección y mantenimiento perpetuo o hasta que ya no existan modos creíbles de falla ... Actualmente, no existe tecnología adecuada para garantizar que instalaciones activas de relaves puedan cerrarse de modo para resistir la IMP [Inundación Máxima Probable] o TMC [Terremoto Máximo Creíble] de forma indefinida sin monitoreo, inspección y mantenimiento perpetuo ... En vista de que las empresas operadoras no permanecerán lo suficiente para lograr el monitoreo, la inspección, el mantenimiento y la revisión perpetua, la capacidad de las empresas operadoras para eliminar eventualmente todos los modos creíbles de falla debe ser una consideración clave durante el proceso de concesión de permisos. Si una agencia regulatoria estima que una empresa operadora no podrá ejercer su responsabilidad financiera y de cuidado perpetuo, ni eliminar todos los modos creíbles de falla, no debe aprobar las instalaciones propuestas". El significado de "modo de falla creíble" se analizará más adelante en la subsección "Estándar Global de Gestión de Relaves para la Industria Minera".

En una presentación en una conferencia, Vick (2014a) concluyó que "*System failure probabilities much less than 50/50 are unlikely to be achievable over performance periods greater than 100 years ... system failure probability approaches 1.0 after several hundred years*" [Es poco probable que se puedan lograr probabilidades de falla del sistema mucho menores que 50/50 durante períodos de rendimiento superiores a 100 años ... la probabilidad de falla del sistema se aproxima a 1,0 después de varios cientos de años]. Vick (2014a) continuó, "*For closure, system failure is inevitable ... so closure risk depends solely on failure consequences*" [Para el cierre, la falla del sistema es inevitable ... por lo que el riesgo de cierre depende únicamente de las consecuencias de la falla]. En el documento de conferencia adjunto, Vick (2014b) elaboró, "*Regardless of the return period selected for design events, the cumulative failure probability will approach 1.0 for typical numbers of failure modes and durations. This has major implications. For closure conditions, the likelihood component of risk becomes unimportant and only the consequence component matters ... This counterintuitive result for closure differs so markedly from operating conditions that it bears repeating. In general, reducing failure likelihood during closure—through more stringent design criteria or otherwise—does not materially reduce risk, simply because there are too many opportunities for too many things to go wrong. In a statistical sense, all it can do is to push failure farther out in time. System failure must be accepted as inevitable, leaving reduction of failure consequences as the only effective strategy for risk reduction during closure*" [Independientemente del período de retorno seleccionado para los eventos de diseño, la probabilidad de falla acumulada se acercará a 1,0 para números típicos de modos y duraciones de falla. Esto tiene implicaciones importantes. Para las condiciones de cierre, el componente de probabilidad del riesgo deja de ser importante y solo importa el componente de consecuencia ... Este resultado contrario a la intuición para el cierre difiere tan marcadamente de las condiciones de operación que vale la pena repetirlo. En general, reducir la probabilidad de falla durante el cierre—a través de criterios de diseño más estrictos o de otra manera—no reduce materialmente el riesgo, simplemente porque hay demasiadas oportunidades para que muchas cosas salgan mal. En un sentido estadístico, todo lo que se puede hacer es empujar la falla más lejos en el tiempo. La falla del sistema debe aceptarse como inevitable, dejando la reducción de las consecuencias de la falla como la única estrategia efectiva para la reducción del riesgo durante el cierre]. Cabe señalar que Vick (2014a-b) no abordó explícitamente los problemas de la falta de mantenimiento a largo plazo, sino simplemente la multitud de cosas que podrían salir mal incluso si el mantenimiento se realizara a perpetuidad.

Drenaje Ácido de Mina

La generación de ácido ocurre cuando los minerales de sulfuro debajo de la superficie se excavan y se exponen al oxígeno y al agua en la superficie, de modo que la reacción con el oxígeno y el agua (llamada oxidación) convierte los sulfuros en ácido sulfúrico. La conversión de minerales de sulfuro en ácido sulfúrico se promueve triturando los minerales de sulfuro, lo que aumenta el área de superficie expuesta al oxígeno y al agua, y mediante la disposición permanente sobre el suelo, la que permite un tiempo prolongado durante el cual las reacciones generadoras de ácido pueden ocurrir. La generación de ácido puede ser el resultado de la disposición sobre el suelo de relaves o roca estéril. Los residuos de mina pueden denominarse no generadores de ácido (NAG, por sus siglas en inglés) o potencialmente generadores de ácido (PAG, por sus siglas en inglés), según las concentraciones de minerales de sulfuro, especialmente en comparación con otros minerales, como los minerales de carbonato, que podrían neutralizar la generación de ácido.

La reacción general de generación de ácido se puede escribir como una reacción química balanceada como



o en palabras como

pirita + oxígeno + agua \rightarrow hierro disuelto + ácido sulfúrico

La pirita (sulfuro de hierro) es el mineral de sulfuro más común, pero muchos otros elementos metálicos forman sulfuros, como la calcopirita (sulfuro de cobre o CuFeS_2), la galena (sulfuro de plomo o PbS) y la esfalerita (sulfuro de zinc o ZnS). Basado en la reacción anterior, un subproducto de la generación de ácido es la movilización de metales pesados en forma disuelta. La oxidación de la pirita da como resultado la movilización del hierro disuelto. Sin embargo, la mayoría de los minerales de sulfuro incluyen una variedad de otros metales pesados que pueden sustituir al metal primario (como los sustitutos del hierro en el mineral pirita), de modo que la oxidación de la pirita puede resultar en la movilización de una amplia gama de otros metales pesados.

El drenaje ácido de mina (AMD, por sus siglas en inglés) se produce cuando los metales disueltos y el ácido sulfúrico se introducen en las aguas superficiales o subterráneas, lo que puede tener un impacto perjudicial en el suministro público de agua y la vida acuática. Si bien Barrick Gold (2023a) utiliza la expresión "drenaje ácido de roca" (ARD, por sus siglas en inglés), es más común referirse a AMD cuando la acidez ambiental resulta de la actividad minera y referirse a ARD cuando la acidez ambiental resulta de procesos naturales o actividades humanas que no están relacionadas con la minería, como la construcción de carreteras. El drenaje ácido de mina puede inducir una retroalimentación positiva en el sentido de que la carga aguas abajo de metales disueltos puede exceder en gran medida los metales disueltos que resultan de la oxidación de los minerales de sulfuro expuestos. Los sedimentos de las corrientes normalmente incluyen minerales arcillosos, cuyas superficies tienen sitios cargados negativamente que se unen a cationes (iones cargados positivamente). La mayoría de los metales disueltos son cationes, aunque hay algunas excepciones, como el arsénico (en realidad, un metaloide), el molibdeno y el uranio, que se encuentran en forma disuelta como oxoaniones (iones poliatómicos con carga negativa que incluyen oxígeno). Cuando el agua ácida interactúa con estos sedimentos de la corriente, los cationes de hidrógeno en el agua desplazan a otros cationes (como los cationes metálicos) de los sitios cargados negativamente en los sedimentos de la corriente, de modo que los metales ya no se fijan en el sedimento, sino que se movilizan en la columna de corriente como metales disueltos. Los lechos de las corrientes también pueden incluir relaves de episodios anteriores de minería que tienen

metales pesados adheridos a los sitios de superficie. Como se mencionó anteriormente, estos metales pesados pueden ser movilizados por la introducción de nuevo drenaje ácido de mina en las corrientes o por otros aumentos antropogénicos en la acidez de las corrientes. Por esta razón, los relaves mineros en los lechos de las corrientes a menudo se denominan “bomba de tiempo química”. La literatura sobre el drenaje ácido de mina y sus impactos en la salud humana y el medio ambiente es amplia y un buen punto de partida es Maest et al. (2005).

Se ha desarrollado una amplia gama de herramientas para la mitigación de drenaje ácido de mina que resulta de minería que involucra la excavación de minerales de sulfuro. Por ejemplo, las cubiertas de suelo o arcilla en las instalaciones de almacenamiento de relaves pueden minimizar el contacto de los relaves con el oxígeno y la lluvia, mientras que los canales de desvío de aguas pluviales alrededor de las instalaciones pueden minimizar el contacto con el agua superficial. La piedra caliza triturada se puede mezclar con los residuos de mina para neutralizar cualquier acidez que se genera. Se pueden colocar revestimientos impermeables debajo de las instalaciones de almacenamiento de relaves para evitar la filtración a las aguas subterráneas. Los pozos se pueden colocar alrededor de las instalaciones de almacenamiento de relaves para la captura y el tratamiento de cualquier drenaje ácido de mina que haya escapado a las aguas subterráneas. De hecho, la mayoría de las herramientas anteriores se deben usar en cualquier sitio minero que lleve a cabo excavaciones de minerales de sulfuro y no se debe depender de una sola herramienta, como un revestimiento. Los métodos adicionales para la mitigación del drenaje ácido de mina se discutirán en las siguientes subsecciones sobre “Co-disposición de Roca Estéril y Relaves” y “Relleno del Tajo Abierto”.

Cabe señalar que, aunque una cubierta de agua sobre los residuos de mina PAG puede evitar la reacción de los minerales de sulfuro con el oxígeno, las cubiertas de agua en las instalaciones de almacenamiento de relaves sobre el suelo ya no se consideran una mejor práctica debido a su impacto perjudicial en la estabilidad física de la instalación. El panel que investigó la falla de la instalación de almacenamiento de relaves Mount Polley en la Columbia Británica (Canadá) en 2014 concluyó que *“The goal of BAT [Best Available Technology] for tailings management is to assure physical stability of the tailings deposit. This is achieved by preventing release of impoundment contents, independent of the integrity of any containment structures. In accomplishing this objective, BAT has three components that derive from first principles of soil mechanics: 1. Eliminate surface water from the impoundment ... In short, the most serious chemical stability problem concerns tailings that contain sulfide minerals, particularly in metal and coal mining. In the presence of oxygen, these sulfides react to produce acid that then mobilizes a variety of metals in solution. There are a number of ways to arrest this reaction, and one is to saturate the tailings so that water replaces oxygen in the void spaces. This saturation is most conveniently achieved by maintaining water over the surface of the tailings. Hence, so-called water covers have sometimes been adopted for reactive tailings during operation and for closure. It can be quickly recognized that water covers run counter to the BAT principles ... But the Mount Polley failure shows why physical stability must remain foremost and cannot be compromised. Although the tailings released at Mount Polley were not highly reactive, it is sobering to contemplate the chemical effects had they been. No method for achieving chemical stability can succeed without first ensuring physical stability: chemical stability requires above all else that the tailings stay in one place”* [El objetivo de MTD [Mejor Tecnología Disponible] para el manejo de relaves es asegurar la estabilidad física del depósito de relaves. Esto se logra evitando la liberación del contenido del embalse, independientemente de la integridad de cualquier estructura de contención. Para lograr este objetivo, MTD tiene tres componentes que se derivan de los primeros principios de la mecánica de suelos: 1. Eliminar el agua superficial del embalse ... En resumen, el problema de estabilidad química más serio se refiere a los relaves que contienen minerales de sulfuro, particularmente en la minería de metales y carbón. En presencia de oxígeno, estos sulfuros reaccionan para producir ácido que luego moviliza una variedad de metales en solución. Hay varias formas de detener esta reacción, y una es saturar los relaves para que el agua reemplace el oxígeno en los espacios vacíos. Esta saturación se logra más convenientemente manteniendo agua sobre la superficie de los relaves. Por lo tanto, a veces se han adoptado las denominadas cubiertas de agua

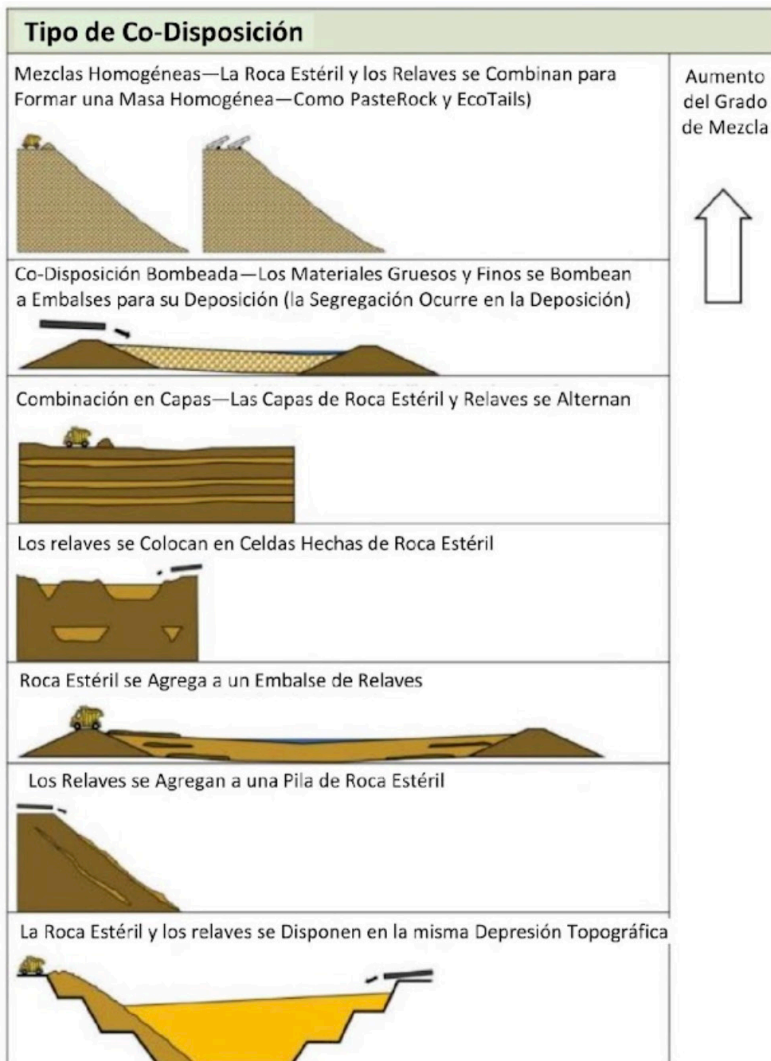
para relaves reactivos durante la operación y el cierre. Se puede reconocer rápidamente que las cubiertas de agua van en contra de los principios MTD ... Pero la falla de Mount Polley muestra por qué la estabilidad física debe seguir siendo lo más importante y no puede verse comprometida. Aunque los relaves liberados en Mount Polley no fueron altamente reactivos, es aleccionador contemplar los efectos químicos si lo hubieran sido. Ningún método para lograr la estabilidad química puede tener éxito sin antes asegurar la estabilidad física: la estabilidad química requiere, sobre todo, que los relaves permanezcan en un solo lugar] (Independent Expert Engineering Investigation and Review Panel [Investigación de Ingeniería y Panel de Revisión de Expertos Independientes], 2015a). Las revisiones posteriores a la legislación minera en Columbia Británica coincidieron por escrito, *"Physical stability is of paramount importance, and options that require a compromise to physical stability should be discarded"* [La estabilidad física es de suma importancia, y las opciones que requieren un compromiso con la estabilidad física deben descartarse] (Ministry of Energy and Mines [Ministerio de Energía y Minas], 2016).

Los planes para mantener cubiertas de agua permanentes sobre los residuos de mina reactivos después del cierre de la mina para evitar la reacción de los minerales de sulfuro con el oxígeno a perpetuidad deben considerarse especialmente problemáticos. Independent Expert Engineering Investigation and Review Panel (2015b) definió una *"active tailings dam"* [presa de relaves activa] como *"a tailings dam whose impoundment contains surface water"* ["una presa de relaves cuyo embalse contiene agua superficial], incluso para instalaciones de almacenamiento de relaves que ya no reciben relaves. Independent Expert Engineering Investigation and Review Panel (2015a) continuó, *"BAT principles should be applied to closure of active impoundments so that they are progressively removed from the inventory by attrition. Where applicable, alternatives to water covers should be aggressively pursued"* [Los principios MTD deben aplicarse al cierre de embalses activos para que se eliminen progresivamente del inventario por desgaste. Cuando corresponda, se deben perseguir agresivamente alternativas a las cubiertas de agua]. El SME Tailings Management Handbook coincidió además por escrito, *"Where tailings subaqueous disposal is employed behind constructed dams, the dam safety liability associated with maintaining the tailings in a flooded condition also remains ... A dam that retains a large water pond is inherently less safe than an embankment that does not. There are no case records of impoundments designed for perpetual submergence behind constructed dams that have been perpetually submerged. So, there is no demonstrated precedent for the legacy of permanent submergence being constructed today. We have only just started the clock* [Cuando se emplea la disposición subacuática de relaves detrás de presas construidas, el pasivo por la seguridad de la presa asociada con el mantenimiento de los relaves en una condición inundada también se mantiene ... Una presa que retiene un gran estanque de agua es intrínsecamente menos segura que un terraplén que no lo hace. No hay registros de casos de embalses diseñados para sumersión perpetua detrás de presas construidas que han estado sumergidas perpetuamente. Por lo tanto, no existe un precedente demostrado para el legado de sumersión permanente que se está construyendo hoy. Nosotros acabamos de comenzar el reloj] (Andrews et al., 2022).

Co-Disposición de Roca Estéril y Relaves

Aunque la roca estéril y los relaves normalmente se almacenan en instalaciones separadas, la co-disposición de la roca estéril y los relaves puede ser otra tecnología para la reducción del drenaje ácido de mina (Wilson, 2001; Wickland et al., 2006; Ulrich y Coffin, 2015; Wickland y Longo, 2017; Painchaud et al., 2022). Dado que los relaves suelen tener un grano mucho más fino que la roca estéril, los relaves pueden llenar los espacios de poros entre las partículas de la roca estéril. Los relaves de grano fino normalmente tienen una permeabilidad mucho menor que la roca estéril, por lo que la incapacidad del agua para drenar desde la mezcla puede mantenerla en un estado saturado, evitando así el contacto entre las partículas de roca y el oxígeno. Incluso cuando la mezcla no está saturada, el oxígeno tendrá una tasa de difusión más baja a través de los relaves de grano fino que a través del aire. La prevención de la generación de ácido también puede ocurrir si los residuos NAG se pueden usar para encapsular los

residuos PAG (en cuyo caso, o los relaves o la roca estéril podrían ser NAG o PAG). Otras ventajas de la co-disposición son la mayor resistencia al corte que la roca estéril puede agregar a los relaves y el menor volumen y huella de una mezcla de relaves y roca estéril.



Adaptado de Wickland et al. 2006

Figura 9.3 Las Formas de Co-Disposición

FIGURA 6. El diseño de la TSF propuesta Naranjo es muy similar al diagrama inferior en el que la pared de la depresión topográfica se reemplaza por una presa construida en el lado derecho (ver Fig. 8). El único otro ejemplo conocido por el autor es la Operación de Cobre y Oro Phu Kham en Laos (ver Fig. 15). Figura de Wickland (2022) con superposición de etiquetas en español.

Fig. 6 muestra un sistema de clasificación para la co-disposición de relaves y roca estéril del SME Tailings Management Handbook (Wickland, 2022). Las diversas tecnologías para la co-disposición se clasifican de arriba a abajo, desde el mayor hasta el menor grado de mezcla. La mayor mezcla ocurre cuando la roca estéril y los relaves se mezclan por completo para formar una masa homogénea, lo que debería minimizar el volumen de residuos de mina y maximizar la protección contra la generación de ácido a través del contacto con el oxígeno (ver Fig. 6). Se produce algo menos de mezcla cuando la roca estéril y los relaves se bombean juntos a una instalación de almacenamiento. Algún grado de segregación por tamaño de partícula (por lo tanto, separando la roca estéril y los relaves) ocurrirá en el punto de depósito (ver Fig. 6). Se produce una menor mezcla, pero manteniendo de alguna manera la resistencia al corte adicional de la roca estéril, cuando los relaves y la roca estéril se depositan en capas alternas, o cuando los relaves se depositan en celdas construidas con roca estéril (ver Fig. 6). Se produce incluso menos mezcla cuando se agrega roca estéril a una instalación de almacenamiento de relaves o cuando se agregan relaves a un vertedero de roca estéril (ver Fig. 6).

La categoría final muestra la adición de roca estéril y relaves desde lados opuestos de una depresión topográfica (ver la parte inferior de Fig. 6). La depresión topográfica podría ser un tajo abierto agotado, siendo la mina de oro Kidston en Australia (Gowan et al., 2010) un ejemplo. Que se produzca alguna mezcla cuando se descargan dos corrientes de residuos desde lados opuestos de una depresión depende de la mecánica de interacción de las corrientes de residuos. Sin embargo, la descarga de dos flujos de residuos desde lados opuestos de una depresión aún conserva la posibilidad de encapsular por completo y final un tipo de residuos de mina por otro. La ventaja real de la deposición de residuos de mina potencialmente reactivos en una depresión topográfica o en un tajo abierto agotado es que, si los residuos se depositan debajo del nivel freático, una cubierta de agua podría evitar permanentemente el contacto con el oxígeno sin un impacto perjudicial en la estabilidad física, como ocurriría para una instalación sobre el suelo para el almacenamiento de residuos de mina. Esta ventaja se desarrolla con más detalle en la siguiente subsección.

Relleno del Tajo Abierto

El peor resultado posible para cualquier instalación de almacenamiento de relaves sobre el suelo es la falla catastrófica de la instalación, a menudo con muertes y con la liberación a gran escala de materiales tóxicos en el medio ambiente. La naturaleza típicamente permanente de estas instalaciones significa que la amenaza del peor resultado posible nunca termina. Este resultado se puede evitar por completo rellenando los residuos de mina en tajos abiertos agotados o en obras mineras subterráneas agotadas, en lugar de construir instalaciones permanentes sobre el suelo. La roca estéril y los lodos de tratamiento de agua también se pueden rellenar en tajos abiertos agotados o en obras mineras subterráneas agotadas (Johnson y Carroll, 2007), aunque con menor prioridad (debido al menor riesgo de fallas catastróficas).

El segundo peor resultado posible para cualquier instalación de almacenamiento sobre el suelo, ya sea de relaves o roca estéril, es la liberación de drenaje ácido de mina al medio ambiente. Como se mencionó anteriormente, en los proyectos de relleno del tajo abierto, los residuos de mina generalmente se colocan debajo del nivel freático, lo que, si se cubre dentro de un marco de tiempo adecuado, evita la oxidación de los sulfuros. Una cubierta seca impermeable colocada sobre los residuos de mina rellenados (sin el riesgo de erosión de la cubierta de una instalación sobre el suelo) también puede prevenir la oxidación de sulfuros (Arcadis, 2015). En el caso de la mina de oro y plata Marlin en Guatemala, los relaves no sulfurosos filtrados se rellenaron en el tajo abierto, lo que evitó la oxidación de las paredes del tajo sulfurosas (Montana Exploradora de Guatemala, S.A., 2012).

Además de la prevención de fallas catastróficas de las instalaciones de relaves sobre el suelo y los costos a largo plazo de prevenir dichas fallas, así como los riesgos y costos de la prevención del drenaje ácido de mina, el relleno del tajo abierto puede facilitar el regreso de la superficie a su estado previo a la minería con menor riesgo de enajenación permanente de la tierra de un propósito útil o natural. El relleno del tajo abierto también reduce el riesgo de filtración de agua de mina contaminada a cuerpos de agua superficiales o ecosistemas acuáticos. En la misma línea, el relleno del tajo abierto tiene más opciones y más seguras opciones para el aislamiento físico y químico permanente de materiales peligrosos. El relleno del tajo abierto puede incluso mejorar la estabilidad física y química del tajo y estabilizar las paredes del tajo.

Por las razones anteriores, el relleno máximo de relaves mineros o en obras mineras subterráneas o en tajos abiertos se considera actualmente como una mejor práctica (Mudd et al., 2011; Independent Expert Engineering Investigation and Review Panel, 2015a; Morrill et al., 2022). De acuerdo con Independent Expert Engineering Investigation

and Review Panel (2015a), “The overarching goal of BAT is to reduce the number of tailings dams subject to failure. This can be achieved most directly by storing the majority of the tailings below ground—in mined-out pits for surface mining operations or as backfill for underground mines” [El objetivo general de MTD es reducir la cantidad de presas de relaves sujetas a fallas. Esto se puede lograr más directamente almacenando la mayoría de los relaves bajo tierra, en tajos agotados para operaciones de minería a cielo abierto o como relleno para minas subterráneas]. De hecho, Barrick Gold ha sido líder en la industria para relleno del tajo abierto con dos proyectos terminados, tres proyectos en curso y tres más proyectos planeados (ver Tabla 1). El relleno del tajo abierto de la mina Bullfrog en Nevada (EE. UU.) recibió el premio Nevada Excellence in Mine Reclamation Award [Excelencia en Recuperación de Minas de Nevada] en 2019 (Nevada Division of Minerals [División de Minerales de Nevada], 2021).

TABLA 1. Proyectos de relleno del tajo abierto de Barrick Gold

MINE	LOCATION	COMPLETION DATE
Richmond Hills ¹	Dakota del Sur (EE. UU.)	1995
Bullfrog ²	Nevada (EE. UU.)	2000 ³
Cortez Hills ⁴	Nevada (EE. UU.)	en curso
Phoenix ⁴	Nevada (EE. UU.)	en curso
Turquoise Ridge ⁴	Nevada (EE. UU.)	en curso
Golden Sunlight ⁵	Montana (EE.UU.)	planificado
Kibali Gold ⁶	República Democrática del Congo	planificado
Pueblo Viejo ⁷	República Dominicana	planificado

¹ MEND (1995)

² Barrick Gold (2018)

³ Relleno adicional fue realizado en 2017.

⁴ Barrick Gold (2021a)

⁵ Barrick Gold (2021b)

⁶ Barrick Gold (2022b)

⁷ Barrick Gold (2023a)

MEND (1995) revisó la práctica del relleno del tajo abierto con 12 estudios de caso detallados. Veinte años después, Arcadis (2015) actualizó la revisión con 12 estudios de caso adicionales (incluidos tres estudios de caso que se actualizaron desde la revisión anterior). El SME *Tailings Management Handbook* agregó tres estudios de caso detallados adicionales (Aparicio, 2022; Esford y Donald, 2022; McCann, 2022), incluidos dos que no se habían considerado en las revisiones anteriores. Las revisiones anteriores consideraron sólo estudios de caso en los que los residuos de mina se rellenaron en un tajo abierto agotado. Sin embargo, también hay casos en los que el relleno de residuos de mina en un tajo abierto ha ocurrido al mismo tiempo que la minería continúa en otra parte del tajo. De hecho, el relleno del tajo abierto simultáneo es bastante común en la minería de áridos y en la minería de carbón a cielo abierto en el medio oeste de los EE. UU., así como cada vez más común en la minería de oro y metales bases. El relleno y la minería simultáneos se facilitan en la industria de los áridos debido a la proporción mucho más alta de mineral a roca estéril que la común en la minería de metales bases (D. Bieber, com. pers.). El relleno y la minería simultáneos en minas de carbón a cielo abierto reducen los costos al reducir las distancias de transporte. Además, recuperar tajos de minas de carbón dentro de 2-3 anchos de tajo desde el frente de excavación activo reduce el tiempo de recuperación y facilita la liberación incremental de bonos de recuperación (J. Petrea, com. pers.). Las regulaciones para la extracción de antracita en Pensilvania (EE. UU.) han fomentado el relleno y la extracción simultáneos durante más de 75 años. De acuerdo con el Anthracite Strip Mining and Conservation Act [Ley de Conservación y Minería de

Cielo Abierto de Antracita], "*Whenever reasonable and practicable, the department shall require backfilling as the open pit mining progresses*" [Siempre que sea razonable y factible, el departamento requerirá el relleno a medida que avance la minería a cielo abierto] (Pennsylvania Legislature [Legislatura de Pensilvania], 1947). El relleno y la minería simultáneos también son comunes en las minas de arenas minerales en Australia Occidental y Sudáfrica (International Institute for Environment and Development [Instituto Internacional para el Medio Ambiente y el Desarrollo], 2002), así como en las minas de arenas petrolíferas de Alberta (Canadá), en las que se construyen instalaciones de almacenamiento de relaves con presas de relaves dentro de los tajos abiertos en operación (con consecuencias muy reducidas en caso de falla de la presa de relaves) (K. Chovan, com. pers.) Ejemplos de minas de metal base a cielo abierto con relleno y minería simultáneos incluyen la mina de cobre Old Tintaya en Perú (X. Ochoa, com. pers.) y casi todas las minas de níquel en Nueva Caledonia (Dufayard et al., 2020).

El relleno del abierto está contraindicado sólo en tres circunstancias (Arcadis, 2015). A veces, el agotamiento de un tajo abierto es seguido por la apertura de obras mineras subterráneas debajo del tajo. En ese caso, el relleno del tajo abierto puede ser demasiado peligroso para la estabilidad de la mina subterránea. Por otro lado, la mina de oro y plata Marlin pudo rellenar el tajo abierto con relaves filtrados y compactados al sellar el contacto entre el tajo abierto y la mina subterránea subyacente con una barrera de lechada (Montana Exploradora de Guatemala, S.A., 2012). La segunda contraindicación es que, en algunas circunstancias, se podría lograr una mayor estabilidad física y química mediante el almacenamiento sobre el suelo de los residuos de mina. Por ejemplo, la base y las paredes de un tajo abierto podrían estar muy fracturadas (quizás como resultado de voladura), por lo que la contaminación del agua subterránea podría ser menos probable si los residuos de mina se almacenan en la superficie sobre un suelo de baja permeabilidad. Otro ejemplo es que, sin relleno, el tajo agotado podría desarrollar un lago de tajo. Una ventaja de un lago de tajo es que actúa como un sumidero hidráulico con toda el agua subterránea fluyendo hacia el tajo, evitando así la filtración de agua contaminada fuera del tajo. En ese caso, si hubiera un fuerte gradiente hidráulico preexistente, el relleno completo del tajo podría resultar en un flujo rápido de agua subterránea a través del tajo, lo que facilitaría la filtración de contaminantes fuera del tajo. Incluso en esas circunstancias, el relleno parcial del tajo justo por encima del nivel freático puede retener el tajo como un sumidero hidráulico sin los impactos perjudiciales (como los impactos en la vida silvestre) de un lago de tajo potencialmente contaminado (Johnson y Carroll, 2007). Desde un punto de vista financiero, la tercera contraindicación es que el relleno del tajo podría evitar la extracción futura de mineral adicional que podría estar presente debajo del tajo. Sin embargo, la mera posibilidad de mineral adicional (que podría ser económicamente explotable en algún momento futuro) tendría que equilibrarse con todos los beneficios mencionados anteriormente del relleno a cielo abierto. Esos beneficios pueden ser sociales, ambientales y económicos.

Si bien el relleno puede ser más económico que las alternativas en algunos casos, puede haber un alto costo asociado con el relleno del tajo abierto. Aun así, el costo del relleno del tajo abierto debe equilibrarse con el costo de construcción, operación y cierre de una instalación de almacenamiento de relaves. El costo del mantenimiento a largo plazo de una instalación de almacenamiento de relaves después del cese de un proyecto minero también se debe considerar y no se debe transferir al gobierno ni a las comunidades aguas abajo. Los proyectos de relleno menos costosos han permitido que un lodo de relaves fluya por gravedad directamente desde la planta de procesamiento de mineral hacia un tajo abierto agotado, como en la mina de oro Marymia en Australia Occidental (Arcadis, 2015). El transporte de material siempre tiene un costo, pero se pueden generar ahorros significativos si nunca se retira la roca estéril del tajo abierto, lo cual es común en las minas de níquel en Nueva Caledonia (Dufayard et al., 2020). Dependiendo de las propiedades del tajo y de los residuos de mina, se puede requerir una ingeniería significativa para obtener el aislamiento físico y químico adecuado de los residuos de mina dentro del tajo. Finalmente, puede ser necesario construir instalaciones temporales de almacenamiento de residuos en la superficie antes de que los residuos de mina puedan volver a rellenarse en el tajo.

Aparentemente, sólo hay tres jurisdicciones que han ordenado el relleno de los tajos abiertos, las que son California y Pensilvania en los EE. UU., así como Nueva Caledonia. California (EE. UU.) ha exigido el relleno de minas metálicas a cielo abierto en la mayor medida posible desde 2003 (Department of Conservation [Departamento de Conservación], 2003, 2007). California Code of Regulations [Código de Regulaciones] (CCR) §3704.1(a) states, *"An open pit excavation created by surface mining activities for the production of metallic minerals shall be backfilled to achieve not less than the original surface elevation, unless the circumstances under subsection (h) are determined by the lead agency to exist"* [Una excavación a cielo abierto creada por actividades de minería de superficie para la producción de minerales metálicos deberá ser rellenada para lograr no menos de la elevación de la superficie original, a menos que la agencia principal determine que existen las circunstancias bajo la subsección (h)] (Department of Conservation, 2003). CCR §3704.1(h) then explains, *"The requirement to backfill an open pit excavation to the surface pursuant to this section using materials mined on site shall not apply if there remains on the mined lands at the conclusion of mining activities, in the form of overburden piles, waste rock piles, and processed or leached ore piles, an insufficient volume of materials to completely backfill the open pit excavation to the surface, and where, in addition, none of the mined materials has been removed from the mined lands in violation of the approved reclamation plan. In such case, the open pit excavation shall be backfilled ...to an elevation that utilizes all of the available material remaining as overburden, waste rock, and processed or leached ore"* [El requisito de rellenar una excavación a cielo abierto hasta la superficie de conformidad con esta sección utilizando materiales extraídos en el sitio no se aplicará si quedan en los terrenos minados al concluir las actividades mineras, en forma de pilas de sobrecarga, pilas de roca estéril y pilas de mineral procesado o lixiviado, un volumen insuficiente de materiales para rellenar completamente la excavación a cielo abierto hasta la superficie, y donde, además, ninguno de los materiales extraídos ha sido removido de los terrenos minados en violación del plan de recuperación aprobado. En tal caso, la excavación a cielo abierto deberá ser rellenada ... hasta una altura que utilice todo el material disponible restante como sobrecarga, roca estéril y mineral procesado o lixiviado]" (Department of Conservation, 2003).

El énfasis en la legislación de Nueva Caledonia no está en llenar el tajo abierto, sino en no dejar materiales de desecho fuera del tajo. De acuerdo con Dufayard et al. (2020), *"The mines of New Caledonia are subject to the highest environmental standards and regulations ... The disturbance area is restricted to the ultimate pit limits, and all mining activity must stay in this confined area"* [Las minas de Nueva Caledonia están sujetas a los más altos estándares y regulaciones ambientales ... El área de perturbación está restringida a los límites finales del tajo, y toda la actividad minera debe permanecer en esta área confinada]. Finalmente, el estado de Pensilvania (EE. UU.) requiere relleno del tajo abierto para las minas de antracita (Pennsylvania Legislature, 1947). Además, actualmente existe una legislación pendiente que requeriría el relleno del tajo abierto en el estado de Nevada (EE. UU.). Según el proyecto de ley propuesto AB313, *"If an open pit will be excavated below the pre-mining water table, a plan for reclamation must, except as otherwise provided in subsection 2, provide for the backfilling of the open pit to a level where no pit lake will form and no seasonal or permanent wetland will exist"* [Si se va a excavar un tajo abierto por debajo del nivel freático previo a la extracción, un plan de recuperación debe, excepto que se disponga lo contrario en la subsección 2, prever el relleno del tajo abierto hasta un nivel en el que no se forme ningún lago de tajo y no existirá ningún humedal estacional o permanente] (Nevada Legislature [Legislatura de Nevada], 2023). Las dos excepciones son *"clear and convincing evidence that backfilling the open pit is technically not possible without indefinite long-term management to avoid groundwater degradation"* [evidencia clara y convincente de que el relleno del tajo abierto no es técnicamente posible sin una gestión indefinida a largo plazo para evitar la degradación de las aguas subterráneas] o *"a preponderance of the evidence, that backfilling the open pit would result in undue hardship on the operator because the plan for the mining operation would be unprofitable"* [una preponderancia de la evidencia, que el relleno del tajo abierto resultaría en una dificultad indebida para el operador porque el plan para la operación minera no sería rentable] (Nevada Legislature, 2023).

En algunos casos, una agencia reguladora ha requerido el relleno del tajo abierto para una mina en particular, como en la mina de uranio Ranger en el Territorio del Norte, Australia (Mudd et al., 2011). En otros casos, el relleno del tajo

abierto se ha convertido en una práctica estándar esperada por las agencias reguladoras, por ejemplo, en minas de uranio en Saskatchewan, Canadá (Arcadis, 2015) o, como ya se mencionó, en minas de áridos, en minas de carbón de superficie en el medio oeste de EE. UU., en minas de arenas minerales en Australia Occidental y Sudáfrica, y en minas de arenas petrolíferas en Alberta, Canadá. Además de las expectativas de relleno del tajo abierto en ciertos tipos de minas en las provincias de Alberta y Saskatchewan, el énfasis en Canadá ha estado en la consideración seria del relleno del tajo abierto antes de considerar la expansión de una instalación de almacenamiento de relaves existente o la construcción de una nueva instalación de almacenamiento de relaves. De acuerdo con la legislación minera en la Columbia Británica, "In-pit or underground backfill should be maximized" [Se debe maximizar el relleno en el tajo o en el subterráneo (Ministry of Energy and Mines, 2016).

La Sección 232.3 de la Ley de Minería de Quebec (Canadá) de 2013 requiere que *"the rehabilitation and restoration plan shall contain...in the case of an open-pit mine, a backfill feasibility study"* [el plan de rehabilitación y restauración deberá contener... en el caso de una mina a cielo abierto, un estudio de factibilidad de relleno] (LégisQuébec, 2020). La Guide de préparation du plan de réaménagement et de restauration des sites miniers au Québec [Guía para preparar el plan de rehabilitación y restauración de sitios mineros en Quebec] explica además que *"Dans le cas d'une exploitation à ciel ouvert, le plan de restauration doit comporter une analyse coûts-avantages sur la possibilité de remblaiement de la fosse. Les fosses peuvent être remblayées avec des matériaux meubles, des substances minérales, des résidus miniers ou des stériles miniers. Cependant, pour être acceptable au point de vue environnemental, des validations quant à la stabilité chimique et physique à court et à long terme sont alors requises ... Dans certains cas, lorsque le MERN juge que les conditions s'y prêtent et si l'analyse démontre l'impossibilité de procéder au remblayage de la fosse, toutes les voies d'accès doivent être condamnées ..."* [En el caso de minería a cielo abierto, el plan de restauración debe incluir un análisis de costo-beneficio sobre la posibilidad de rellenar el tajo. Los tajos se pueden rellenar con materiales sueltos, sustancias minerales, relaves mineros o roca estéril de mina. Sin embargo, para ser aceptable desde el punto de vista ambiental, se requieren validaciones en cuanto a la estabilidad química y física a corto y largo plazo ... En algunos casos, cuando el MERN considere que las condiciones son idóneas y si del análisis resulta que es imposible rellenar el tajo, se deberán sellar todas las vías de acceso] (Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles [Ministerio de Energía y Recursos Naturales], 2017). En otras palabras, el gobierno de Quebec no exige el relleno de los tajos abiertos, pero exige un estudio de factibilidad, incluido un análisis de costos y beneficios.

Desde la aprobación de la Ley de Minería de Quebec de 2013, una serie de planes para grandes proyectos de minería a cielo abierto en Quebec han incluido al menos un relleno parcial. La expansión propuesta de la mina de oro Canadian Malartic implicaría el relleno de 165-200 millones de toneladas de roca estéril y alrededor de 100 millones de toneladas de relaves producidos durante 2022-2028 (Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, 2018), o aproximadamente toda la roca estéril y relaves que se generarían después de 2021 (BAPE, 2016). La mina de grafito propuesta Matawinie de Nouveau Monde rellenaría 43 millones de toneladas o el 40 % de todos los residuos de mina (Nouveau Monde Graphite, 2018; BAPE, 2020). La mina propuesta Dumont de Royal Nickel rellenaría 114 millones de toneladas de roca estéril (Royal Nickel Corporation, 2013a-b; Canadian Environmental Assessment Agency [Agencia Canadiense de Evaluación Ambiental], 2015). Es importante que cada uno de los proyectos anteriores involucre algún grado de relleno y minería simultáneos en el mismo tajo. En cada caso, la discusión entre las empresas mineras y las agencias reguladoras provinciales ha sido la demanda de la Provincia a las empresas a considerar el relleno de una mayor proporción de los residuos de mina (BAPE, 2009, 2014, 2016, 2020). Parte de la importancia de los muchos proyectos de relleno del tajo abierto en Quebec es que las discusiones disponibles públicamente entre la Provincia y las empresas mineras han abierto una ventana al costo del relleno del tajo abierto, lo que se discutirá más adelante en la sección "Metodología".

Estándar Global de Gestión de Relaves para la Industria Minera

El Estándar Global de Gestión de Relaves para la Industria Minera (EGGRIM) fue lanzado el 5 de agosto de 2020, en respuesta a la falla catastrófica de una presa de relaves en Brumadinho, Brasil, en enero de 2019, la que resultó en 270 muertes, incluidos 258 trabajadores mineros (ICMM-UNEP-PRI, 2020). Aunque los tres autores oficiales fueron el International Council on Mining & Metals [Consejo Internacional de Minería y Metales] (ICMM, por sus siglas en inglés), el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y Principles for Responsible Investment [Principios para la Inversión Responsable] (PRI, por sus siglas en inglés), un libro de dos de los autores del borrador del estándar (Hopkins y Kemp, 2021) aclaró que los aportes del PNUMA y PRI al EGGRIM fueron mínimos. Además, los diversos documentos de seguimiento (como ICMM (2021)) fueron escritos sólo por ICMM, sin la participación de UNEP o PRI. Por lo tanto, el EGGRIM debe considerarse como la posición oficial de la industria minera. Ya se mencionó que las Empresas Miembros del ICMM, que incluyen a la empresa canadiense Barrick Gold, así como a la empresa estadounidense Newmont, propietaria minoritaria de la mina Pueblo Viejo, están obligadas a implementar completamente el EGGRIM antes del 5 de agosto de 2023, para presas de relaves con consecuencias de falla calificadas como Muy Altas o Extremas (ICMM, 2021, 2023). Las Asociaciones Miembros relevantes ICMM incluyen el Canada Mining Innovation Council [Consejo de Innovación Minera de Canadá], la Mining Association of Canada [Asociación Minera de Canadá], la National Mining Association [Asociación Nacional de Minería] con sede en EE. UU., la Prospectors and Developers Association of Canada [Asociación de Prospectores y Desarrolladores de Canadá], la Society for Mining, Metallurgy, and Exploration [Sociedad de Minería, Metalurgia y Exploración] con sede en EE. UU. y el World Gold Council [Consejo Mundial del Oro] (ICMM, 2023).

Los aspectos clave del EGGRIM son el énfasis en la seguridad y la transparencia. El primer párrafo del Preámbulo del EGGRIM establece, El Estándar Global sobre Gestión de Relaves (en adelante el Estándar), pretende alcanzar el objetivo final de cero daño en las personas y en el medioambiente, y tolerancia cero para fatalidades humanas. Exige a los operadores que asuman la responsabilidad y prioricen la seguridad de sus instalaciones de relaves, a lo largo de todas las fases del ciclo de vida del proyecto, incluso cierre y post cierre. También exige la divulgación de la información pertinente como respaldo de la rendición de cuentas frente al público”.

La seguridad se promueve a través de la aplicación rigurosa de un análisis de cuentas múltiples (llamado análisis de alternativas multicriterio en el EGGRIM) que tiene sólo dos propósitos, minimizar el riesgo para las personas y el medio ambiente y minimizar el volumen de relaves y agua almacenada en las instalaciones sobre el suelo. El Requisito 3.2 del EGGRIM establece, “Para las nuevas instalaciones de relaves, el operador deberá utilizar la base de conocimientos y adoptar un análisis de alternativas multicriterio para todos los sitios de emplazamiento, tecnologías y estrategias factibles para su gestión. El objetivo de este análisis será: (i) seleccionar una alternativa que minimice los riesgos a las personas y al ambiente durante todo el ciclo de vida de la instalación de relaves, y (ii) minimizar el volumen de relaves y agua colocados en instalaciones de relaves exteriores” (ICMM-UNEP-PRI, 2020).

El SME Tailings Management Handbook aclara que el Requisito 3.2, así como otros requisitos, requieren inequívocamente la consideración seria de relleno del tajo abierto o del subterráneo. De acuerdo con el SME Tailings Management Handbook, “[Requirement 3.2] inherently indicates that operators should be seeking to place tailings in mined-out pits or underground workings. Further, Requirement 6.6 ... indicates that operators should ‘include new and emerging technologies and approaches and use the evolving knowledge in the refinement of the design, construction and operation of the tailings facility.’ Recognition is growing that for certain geologic and hydrogeologic conditions, in-pit TSFs represent best available technologies (BATs), and the inherent geotechnical stability of the tailings solids below grade is a major motivator for greater consideration of the in-pit tailings management design option” [[El Requisito 3.2] indica inherentemente que los operadores deben tratar de colocar relaves en tajos agotados u obras mineras subterráneas agotadas. Además,

el Requisito 6.6 ... indica que los operadores deben “incluir tecnologías y enfoques nuevos y emergentes y aplicar los cambios en el conocimiento para perfeccionar el diseño, la construcción y la operación de las instalaciones de relaves”. Cada vez se reconoce más que, para ciertas condiciones geológicas e hidrogeológicas, las TSF en el tajo representan las mejores tecnologías disponibles (MTD), y la estabilidad geotécnica inherente de los sólidos de relaves por debajo del nivel es un motivador importante para una mayor consideración de la opción de diseño de gestión de relaves en el tajo] (Gabora y Fuller, 2022). Cabe señalar que el Requisito 3.2, que requiere un análisis de cuentas múltiples para “minimizar el volumen de relaves y agua colocados en instalaciones de relaves exteriores” también aboga por evitar cubiertas de agua permanentes en las instalaciones de almacenamiento de relaves.

El EGGRIM explica además que el análisis de alternativas “debe considerar objetiva y rigurosamente todas las opciones y emplazamientos disponibles para la disposición de desechos mineros. Debe evaluar todos los aspectos de cada alternativa de disposición a lo largo del ciclo de vida del proyecto (es decir, desde la construcción hasta la operación, el cierre y, por último, el monitoreo y mantenimiento a largo plazo). El análisis también debe incluir todos los aspectos del proyecto que puedan exacerbar los impactos asociados con cada alternativa posible. La evaluación deberá considerar los aspectos ambientales, técnicos y socioeconómicos de cada alternativa durante todo el ciclo de vida del Proyecto” (ICMM-UNEP-PRI, 2020). El punto importante es que el costo no es uno de los “aspectos” (también llamados una de las “cuentas” en un análisis de cuentas múltiples) que debe ser considerado, lo cual es consistente con la primacía de la seguridad en el EGGRIM. El uso de la palabra “económico” en todo el EGGRIM aclara que se refiere a la economía local, no a la economía de la empresa minera. Por ejemplo, el Requisito 2.1 establece que los operadores deben “elaborar y documentar el conocimiento sobre el contexto social, económico y ambiental de la instalación de relaves, acorde con las mejores prácticas internacionales” (ICMM-UNEP-PRI, 2020).

Los elementos de transparencia están recogidos en el Principio 15 del EGGRIM, lo que obliga a las empresas a “hacer pública y permitir el acceso a la información sobre instalaciones de relaves para respaldar la rendición de cuentas (accountability) al público general” (ICMM-UNEP-PRI, 2020). De acuerdo con el Requisito 15.1, “Para cada instalación de relaves existente y de conformidad con el Principio 21 de los UNGP [Principios Rectores de la ONU sobre las Empresas y los Derechos Humanos], el operador deberá publicar y actualizar, al menos, una vez al año, la siguiente información: ... 6. Un resumen de los hallazgos importantes de las revisiones de desempeño anuales y de la RSP [Revisión de Seguridad de Presas] ... Estas divulgaciones se harán de manera directa, a menos que estén sujetas a limitaciones impuestas por las autoridades reguladoras” (ICMM-UNEP-PRI, 2020). El requisito 15.2 es más amplio y establece que los operadores deben “responder de manera sistemática y oportuna a las solicitudes de información de las partes interesadas y afectadas, y proveer de material informativo importante para la seguridad pública y la integridad de una instalación de relaves” (ICMM-UNEP-PRI, 2020).

El componente final del EGGRIM que es particularmente relevante para este informe es el concepto de un “modo de falla creíble”. De acuerdo con el EGGRIM, “El término ‘modo de falla creíble’ no está asociado con la probabilidad de que ocurra un evento” (ICMM-UNEP-PRI, 2020). Por lo tanto, un modo de falla creíble es “una secuencia de eventos físicamente posibles que podría provocar una falla de la presa de relaves” (Morrill et al., 2020), no importa cuán improbable. Uno de los requisitos de La seguridad ante Todo: Lineamientos para el Manejo Responsable de Relaves es que “las instalaciones de relaves deben ser monitoreadas, inspeccionadas, mantenidas y revisadas de forma perpetua o hasta que no queden modos creíbles (o físicamente posibles) de falla”. No hay muchas maneras de eliminar todos los modos de falla físicamente posibles de una instalación sobre el suelo, aparte de mover los relaves a una ubicación baja del suelo, como un tajo abierto agotado.

Propuesta para Nueva Instalación de Residuos de Mina en la Mina Pueblo Viejo

Aunque toda la roca estéril que se extrae de los tajos abiertos es potencialmente generadora de ácido (PAG), los relaves no son generadores de ácido (NAG) porque los minerales de sulfuro se oxidan durante el procesamiento del mineral. Los relaves combinados (también llamados los relaves mezclados) incluyen las partículas trituradas de mineral que quedan después del procesamiento del mineral, los productos de precipitación que se producen durante el procesamiento y el lodo del tratamiento del agua. Incluso después de la extracción de la materia prima de valor, la masa de relaves combinados supera con creces la masa de mineral, con una proporción de 1,47 toneladas de relaves combinados por cada tonelada de mineral. La piedra caliza se extrae de canteras en el sitio minero para su uso en el procesamiento del mineral. La única roca estéril NAG es la piedra caliza que se considera inadecuada para el procesamiento del mineral (Knight-Piésold Consulting, 2022; Barrick Gold, 2023a).

Durante la vida útil de la mina, se extraerán de los tajos abiertos 196,174 millones de toneladas de mineral y 516,922 millones de toneladas de roca estéril (ver Fig. 7a). La piedra caliza extraída de las canteras incluirá 292,798 millones de toneladas de piedra caliza de calidad (aptas para el procesamiento del mineral) y 181,427 millones de toneladas de piedra caliza de desecho para un total de 474,225 millones de toneladas de piedra caliza (ver Fig. 7a). La propuesta de expansión de la mina contempla el almacenamiento permanente de 344,7 millones de toneladas de relaves combinados y 452,7 millones de toneladas de roca estéril PAG en una nueva instalación (ver Fig. 7b). La roca estéril ya extraída se encuentra actualmente almacenada en el vertedero de roca estéril Hondo. Una cantidad no especificada de roca estéril del vertedero Hondo será trasladada a la nueva instalación Naranjo. No hay ningún plan para mover ninguno de los relaves que actualmente se encuentran almacenados en la instalación El Llagal (Knight-Piésold Consulting, 2022; Barrick Gold, 2023a). La cuestión de cuánta roca estéril, si es que hay alguna, también se almacena en la instalación El Llagal se analizará en la sección “Respuestas”.

La instalación propuesta de Naranjo almacenaría tanto relaves combinados como roca estéril detrás de una presa de enrocamiento con núcleo de tierra con una altura de 157 metros y una longitud de cresta de 3800 metros. Según Barrick Gold (2023a), esta sería una de las presas de enrocamiento con núcleo de tierra más grandes jamás construidas. Los relaves se almacenarían en el lado de aguas abajo contra la presa, mientras que la roca estéril se almacenaría en el lado de aguas arriba (ver Fig. 8). Por lo tanto, no habría mezcla de relaves y roca estéril, excepto por la mezcla que ocurrió incidentalmente en la interfaz entre los dos tipos de residuos de mina. De acuerdo con el EIA, “La roca estéril PAG será almacenada en un estado permanentemente sumergido para mitigar la producción de drenaje ácido de roca a partir de la roca estéril alta en sulfuro” (Knight-Piésold Consulting, 2022). El EIA enfatiza aún más la permanencia de la cubierta de agua por escrito, “El nivel freático se debe mantener por encima de la roca estéril contenida en la TSF luego del cierre”. La cubierta de agua permanente surgirá de la precipitación, la escorrentía superficial hacia la instalación y el agua que se envía desde la planta de procesamiento de mineral con los relaves. El plan es mantener la parte superior de los relaves a una altura mayor que la parte superior de la roca estéril, de modo que el exceso de agua fluya hacia la roca estéril (ver Fig. 8). El Informe Técnico a inversionistas afirma, “Permanent pond covering of the facility will be minimized” [Se minimizará la cobertura permanente de estanques de la instalación], lo que reconoce tanto el plan de una cubierta de agua permanente como el riesgo que implica una cubierta de agua permanente.

Tabla 16-4 Cronograma de Minería y Procesamiento de VDM

	VDM	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Minería – Tajos												
Mineral Extraído (kt)	196,174	14,394	8,124	1,411	4,316	8,930	8,148	7,486	7,701	13,811	13,211	13,880
Roca Estéril Extraída (kt)	516,922	16,721	5,725	30,408	43,412	36,371	22,584	17,853	27,396	48,317	44,145	26,063
Total Extraído – Tajos (kt)	713,096	31,115	13,849	31,819	47,728	45,301	30,733	25,339	35,097	62,127	57,355	39,943
Minería – Canteras												
Caliza de Calidad (kt)	292,798	14,562	17,093	19,193	19,596	19,982	15,013	9,902	14,077	16,095	15,649	13,931
Caliza de Desecho (kt)	181,427	12,282	3,448	12,478	10,123	4,917	1,515	6,614	2,504	557	1,028	3,064
Total Extraído de Canteras (kt)	474,225	26,844	20,540	31,670	29,720	24,899	16,528	16,515	16,581	16,652	16,678	16,995
Total Volvido a Manejar (kt)	625,371	19,303	24,337	24,713	24,034	20,742	32,088	37,195	37,576	19,049	23,392	33,194
Total Movido (kt)	1,812,693	77,262	58,726	88,203	101,482	90,942	79,348	79,049	89,255	97,828	97,425	90,132

FIGURA 7a. Durante la vida útil de la mina (LOM), se extraerán 196,174 millones de toneladas de mineral y 516,922 millones de toneladas de roca estéril potencialmente generadora de ácido (PAG) de los tajos abiertos de la mina Pueblo Viejo. La operación minera incluirá la extracción de 474,225 millones de toneladas de piedra caliza de canteras en el sitio de la mina (ver Tabla 2). Porción de figura de Barrick Gold (2023a) con superposición de etiquetas en español.

Tabla 18-3 Base de Diseño del Volumen de Almacenamiento

Componente	Cantidad (Mt)	Densidad (t/m ³)	Volumen de Almacenamiento (Mm ³)
Relaves Combinados	344.7	1.24	278
Roca Estéril PAG	452.7	2.1	215
Volumen Total Estimado de Almacenamiento de Desechos Requerido	-	-	493
Volumen de Almacenamiento adoptado para el Diseño de PFS	-	-	500

FIGURA 7b. La instalación de almacenamiento de relaves (TSF) propuesta Naranjo está diseñada para almacenar 344,7 millones de toneladas de relaves combinados y 452,7 millones de toneladas de roca estéril potencialmente generadora de ácido (PAG). Figura de Barrick Gold (2023a) con superposición de etiquetas en español.

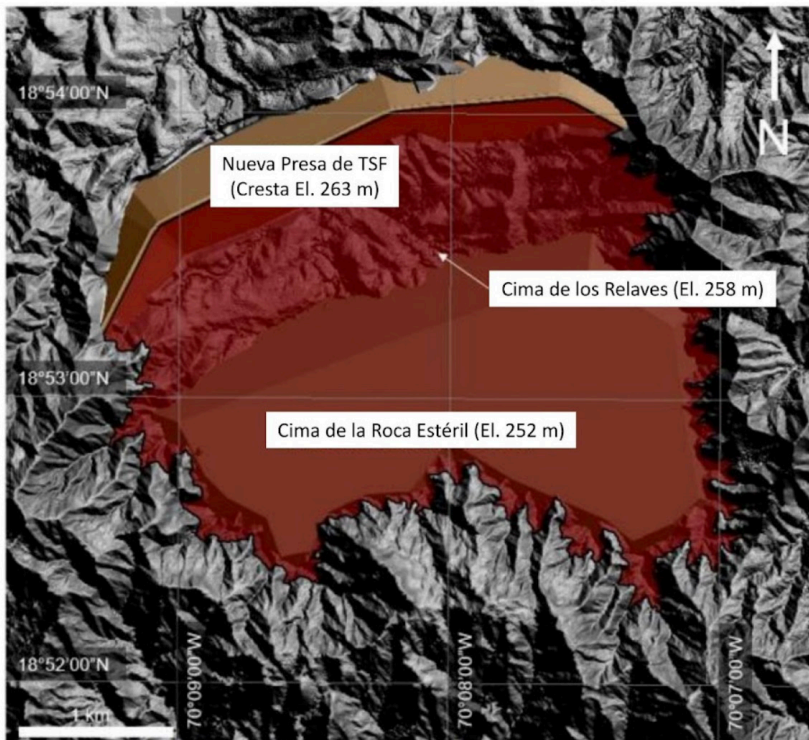


Figura 3-1. Diseño del nuevo TSF propuesto que muestra la elevación máxima de la cresta de la presa de 263 m, la ubicación de la roca estéril y la elevación final de la superficie de relaves.

FIGURA 8. El diseño de la TSF propuesta Naranjo incluye el almacenamiento de relaves en el lado aguas abajo (junto a la presa) y roca estéril potencialmente generadora de ácido (PAG) en el lado aguas arriba. La roca estéril tendría una cubierta de agua permanente para evitar el contacto de la roca estéril con el oxígeno. Como un tipo de instalación con co-disposición de relaves y roca estéril, el diseño es muy similar al diagrama inferior de Fig. 6 en el que la pared de la depresión topográfica se reemplaza por una presa construida en el lado derecho. El único otro ejemplo conocido por el autor es la Operación de Cobre y Oro Phu Kham en Laos (ver Fig. 15). Aunque el EIA establece que la TSF existente El Llagal es otro ejemplo del mismo diseño, el Informe Técnico para los inversionistas aclara que la roca estéril ha sido almacenado en el vertedero Hondo, donde está a la espera de ser trasladado a tajo abierto o a la instalación Naranjo, y carece de claridad en cuanto a la cantidad de roca estéril, si es que hay alguna, que se almacena realmente en la instalación El Llagal. Figura de Barrick Gold (2023a) con superposición de etiquetas en español.

Las ocho alternativas que se consideraron en el EIA incluyen seis alternativas (A-F) que involucran el almacenamiento de relaves y roca estéril en la misma instalación, pero en diferentes sitios (ver Fig. 9). La Alternativa F involucra el uso de sitios múltiples sin un solo sitio lo suficientemente grande para acomodar todos los residuos de mina (ver Fig. 9). Las alternativas G y H involucran la filtración de los relaves hasta un contenido de agua típicamente de alrededor del 15 % y el almacenamiento de los relaves filtrados y la roca estéril en instalaciones separadas (ver Fig. 9). En la Alternativa H, la roca estéril PAG se almacenaría en un estado drenado, mientras que en la Alternativa G, se almacenaría en un estado permanentemente sumergido en un sitio diferente (ver Fig. 9).

Tabla 2.1: Análisis de conteo múltiple. Resultado general del Caso Base

	Codisposición de relaves y roca estéril PAG						Pila de relaves filtrados e instalación separada de almacenamiento de roca estéril PAG	
	Alternativa A	Alternativa B	Alternativa C	Alternativa D	Alternativa E	Alternativa F	Alternativa G	Alternativa H
	Sitio 10	Sitio 7	Sitio 14	Sitio 21	Sitio 22	Múltiples sitios	Sitio 18 + Sitio 17 PAG drenado	Sitio 18 + Sitio 17 PAG sumergido
Medioambiente	2	3	1	7	8	5	6	4
Socioeconómico	5	4	1	6	8	7	2	3
Técnico	5	1	2	3	4	6	7	8
Costo del proyecto	7	1	4	5	2	3	6	8
Calificación general	5	1	2	4	8	7	3	6
Puntuación ponderada	2.86	3.65	3.57	2.99	2.81	2.81	3.09	2.82
% Diferencia (desde el más alto)	21.5%	0.0%	2.2%	17.9%	23%	23.0%	15.3%	22.6%

NOTAS:

- 1) Fuente: Informe de evaluación de alternativas de Golder.
- 2) 1 = ALTA CALIFICACIÓN; 8 = BAJA CALIFICACIÓN.

FIGURA 9. El EIA incluye un análisis de cuentas múltiples que evalúa ocho alternativas para el almacenamiento de relaves y roca estéril en términos de factores ambientales, socioeconómicos, técnicos y de costo, lo que finalmente resultó en la selección de la Alternativa C preferida. De acuerdo con el Estándar Global de Gestión de Relaves para la Industria Minera (EGGRIM), el propósito de un análisis de múltiples cuentas es minimizar los riesgos para las personas y el medio ambiente y minimizar el volumen de relaves y agua depositada en las instalaciones de relaves sobre el suelo. Por el contrario, la minimización del almacenamiento de relaves sobre el suelo a través del relleno de los relaves en las canteras y los tajos abiertos agotados no se consideró seriamente como una alternativa. Además, los costos de las alternativas no deberían haber sido un factor en la elección de la alternativa preferida. Los apéndices que mostrarían cómo se puntuó cada alternativa en términos de factores ambientales, socioeconómicos, técnicos y de costo se eliminaron del EIA, por lo que el gobierno dominicano o el público dominicano no pueden evaluar la puntuación de las alternativas. Figura de Knight-Piésold Consulting (2022).

El análisis de alternativas en el EIA reconoció el riesgo que implica una cobertura de agua permanente. Con respecto a las Alternativas G y H, el EIA escribió, "El objetivo del cierre de la pila de relaves filtrados y la WRSF [Instalación de Almacenamiento de Roca Estéril, con siglas en inglés] drenada sería crear depósitos de residuos mineros permanentemente drenados y geotécnicamente estables que viertan escorrentía limpia de tormenta. Esto proporcionaría un menor nivel de riesgo (en comparación con relaves y roca estéril inundados permanentemente detrás de grandes presas)" (Knight-Piésold Consulting, 2022). Al comparar las Alternativas G y H, el EIA escribió, "Una instalación de roca estéril PAG inundada, como se incluye en la Alternativa H, ofrecería un mejor control de la generación de ácido que la instalación drenada en la Alternativa G. Por otro lado, la Alternativa H requiere de un espejo de agua permanente de agua detrás de las presas, lo que compensa el beneficio potencial de seguridad aguas abajo de la Alternativa G" (Knight-Piésold Consulting, 2022).

El análisis de cuentas múltiples en el EIA incluyó cuentas ambientales, socioeconómicas y técnicas, así como una cuenta relacionada con el costo del proyecto (ver Fig. 9). Cada una de las cuentas estuvo compuesta por subcuentas, con 15 subcuentas para la cuenta ambiental, 15 subcuentas para la cuenta socioeconómica, 14 subcuentas para la cuenta técnica y ocho subcuentas para la cuenta de costos. No se asignaron dos subcuentas adicionales a ninguna cuenta. Aunque la Alternativa B recibió la puntuación más alta (3,65) ponderada en todas las cuentas, la Alternativa C con una puntuación levemente más baja fue elegida como la alternativa preferida (ver Fig. 9). Se proporcionará más información sobre el análisis de cuentas múltiples y otros aspectos de la propuesta para una nueva instalación de residuos de mina en la sección "Respuestas".

Metodología

Con base en las secciones anteriores, el objetivo de este informe se puede subdividir en responder a las siguientes preguntas:

1. ¿El EIA está completo con suficiente información para una evaluación completa por parte del gobierno dominicano y el público dominicano?
2. ¿El EIA consideró adecuadamente la alternativa de relleno de los tajos abiertos agotados y las canteras agotadas?
3. ¿Resultó el análisis de alternativas en el EIA en la elección de la alternativa más segura?
4. ¿Se ha probado adecuadamente el diseño de la instalación propuesta Naranjo?
5. ¿El EIA incluye un análisis adecuado de las consecuencias de la falla de la presa?
6. ¿El EIA incluye un plan adecuado para el mantenimiento a largo plazo de la instalación de Naranjo después del cierre de la mina?

Las preguntas se abordaron en gran medida mediante la comparación del EIA (Knight-Piésold Consulting, 2022) y el Informe Técnico (Barrick Gold, 2023a) que se proporcionó a los inversionistas con documentos de orientación reconocidos internacionalmente, especialmente el Estándar Global de Gestión de Relaves para la Industria Minera (EGGRIM) (ICMM-UNEP-PRI, 2020). Hubo algunas discrepancias en la información provista en el EIA y el Informe Técnico. En cada caso, los valores dados en el Informe Técnico se utilizaron para el análisis de este informe bajo el supuesto de que estaban más actualizados. Las discrepancias significativas, tanto cualitativas como cuantitativas, se analizan en la sección "Respuestas". Aunque el EIA es en realidad una compilación de Knight-Piésold Consulting de muchos informes escritos por muchas empresas de consultoría, para simplificar, todas las referencias al EIA se hacen a Knight-Piésold Consulting sin especificar el autor real de cada sección. El autor visitó los sitios de la instalación existente El Llagal y la instalación propuesta Naranjo, así como las comunidades circundantes y las corrientes aguas abajo, el 12 y 13 de julio de 2023.

Con respecto a la segunda pregunta, este informe incluye un plan de alto nivel para el relleno de tajos abiertos agotados y canteras agotadas en ausencia de tal plan en el EIA o el Informe Técnico. Las principales consideraciones fueron la masa de residuos de mina que se podría rellenar en las canteras y los tajos abiertos, así como el costo del relleno para compararlo con el costo de construcción, operación y cierre de una nueva instalación de almacenamiento de residuos de mina sobre el suelo. El volumen final de los tajos abiertos se determinó con base en las masas de mineral y roca estéril extraídos durante la vida del proyecto (ver Fig. 7a) junto con la densidad in situ del mineral (ver Fig. 10a) y la densidad in situ de la roca estéril (ver Fig. 10b). Aunque Fig. 10a tomada del Informe Técnico (Barrick Gold, 2023a) establece la "*specific gravity of ore*" [gravedad específica del mineral] como 2,80 con unidades de t/m^3 (toneladas por metro cúbico), la gravedad específica es la relación entre la densidad del mineral a la densidad del agua, por lo que es un número adimensional. Sin embargo, debe quedar claro en Fig. 10a que la densidad del mineral es de 2,8 toneladas por metro cúbico. De manera similar, Fig. 10b del EIA (Knight-Piésold Consulting, 2022) establece la gravedad específica de la roca estéril como 2,80 (un número adimensional) y la densidad de la roca estéril como 2,1 toneladas por metro cúbico, lo que es un uso confuso de las palabras "*specific gravity*" [gravedad específica] y "*density*" [densidad]. La mejor interpretación de Fig. 10b es que la densidad in situ de la roca estéril es de 2,8 toneladas por metro cúbico, mientras que la densidad excavada es de 2,1 toneladas por metro cúbico, los que serían valores típicos. Con base en las densidades in situ y excavadas, la porosidad de la roca estéril excavada es de 0,25. El rango de volúmenes de las canteras agotadas se determinó a partir de la masa de piedra caliza excavada durante la vida del proyecto (ver Fig. 7a). No se indicó la densidad in situ de piedra caliza, pero puede

oscilar entre 1,5 y 2,71 toneladas por metro cúbico, dependiendo de la porosidad in situ (Oates, 2010). Aunque no se indica, la distinción entre “*quality limestone*” [piedra caliza de calidad] y “*waste limestone*” [piedra caliza de desecho] (ver Fig. 7a) probablemente refleja el contenido de arcilla, no la porosidad de la piedra caliza.

Tabla 17-2 Criterios de Diseño de Procesos de la Parte Inicial

Descripción	Unidad	Existente	Fase 1 (Z1)	Fase 2 (Z2)	Fase 3
Tamaño Máximo de Terrón F100	mm	1,050			
Ley del Mineral - Oro (Promedia)	g/t Au	3.90	3.88	2.70	2.50
Ley del Mineral - Plata (Promedia)	g/t Ag	22.62	22.50	15.66	14.50
Ley del Mineral - Azufre	% S	8.37	8.92	8.0	9.25
Ley del mineral - Sulfuro de Azufre	% S ₂	6.70	7.14	6.4	7.4
Contenido de Humedad	%	5.0	5.0	5.0	5.0
Gravedad Específica del Mineral	t/m ³	2.80	2.80	2.80	2.80

FIGURA 10a. La densidad del mineral es de 2,80 toneladas por metro cúbico (ver Tabla 2). La gravedad específica del mineral tiene el mismo valor numérico, pero la gravedad específica es la relación entre la densidad del mineral y la densidad del agua, por lo que es un número adimensional. Porción de figura de Barrick Gold (2023a) con superposición de etiquetas en español.

Se asumió que las masas de relaves combinados y roca estéril que podrían potencialmente rellenarse eran las mismas que las masas designadas para almacenamiento permanente en la instalación Naranjo (ver Fig. 7b). Por lo tanto, el volumen de residuos de mina se comparó con los volúmenes de tajo abierto y de cantera con base en las masas y densidades de relaves combinados y roca estéril excavada (ver Fig. 7b). Los parámetros para los cálculos de relleno de tajo abierto y cantera se resumen en Tabla 2. Los volúmenes de los residuos de mina y el espacio disponible se compararon asumiendo que no hubo mezcla de relaves y roca estéril o que hubo una mezcla completa. La ausencia de mezcla significó que ningún relave llenó los espacios de poro entre las partículas de roca estéril. La mezcla total significó que los relaves rellenaron el 75 % de la porosidad de la roca estéril, lo que se asumió en un proyecto de relleno del tajo abierto detallado en BAPE (2016).

Tabla 1.3: Características del Material PAG

Descripción	Unidad	Cantidad
Gravedad específica (SG)	-	2.800
Densidad	t/m ³	2.100
Contenido de humedad (Max/Min)	%m/m	7/0
Ángulo de reposo	Grados	35
Resistencia a la compresión no confinada	MPa	50 a 120
Índice de abrasión	-	0.51 a 0.62

FUENTE:

PUEBLO VIEJO – FEBRERO 2022, TRANSFERENCIA DE MATERIAL PAG A TSF (PUEBLO VIEJO - FEBRUARY 2022, PAG WASTE TRANSFER TO TSF – DOCUMENT FOR EIA PURPOSES)

FIGURA 10b. La mejor interpretación de la figura arriba es que la densidad de la roca estéril potencialmente generadora de ácido (PAG) es de 2,8 toneladas por metro cúbico in situ y de 2,1 toneladas por metro cúbico después de la extracción (comparar con Fig. 7b y ver Tabla 2). Figura de Knight-Piésold Consulting (2022).

Tabla 2. Parámetros para cálculos de relleno de los tajos abiertos y las canteras

	Masa (Mt)	Densidad (t/m ³)	Volumen (Mm ³)
Materiales In Situ			
Mineral (tajo)	196,174 ¹	2,8 ²	70,06214
Roca estéril PAG (tajo)	516,922 ¹	2,8 ³	184,615
Caliza (cantera)	474,225 ¹	1,5 – 2,7 ⁴	316,15 – 175,63
Volumen del tajo = 254.6771 Mm ³			
Volumen del tajo + volumen de la cantera = 430,316 – 570,8271 Mm ³			
Materiales Procesados⁵			
Relaves combinados	344,7	1,24	277,9839
Roca estéril PAG	452,7	2,1	215,5714
Volumen total de residuos de mina = 493,5553 Mm ³			

¹ Ver Fig 7a.² Ver Fig 10a.³ Ver Fig 10b.⁴ Oates (2010)⁵ Ver Fig 7b.**Tabla 6-1 Resumen de Producción Pasada de Pueblo Viejo**

Año	Total Extraído (Mt)*	Mineral Extraído		Mineral Procesado			Recuperación		Recuperado	
		(Mt)	(g/t Au)	(Mt)	(g/t Au)	(g/t Ag)	(% Au)	(% Ag)	(Moz. Au)	(Moz. Ag)
2010	2.3	0.6	2	0	0	0	0	0	0	0
2011	17.4	11.3	3.7	0	0	0	0	0	0	0
2012	16.1	10.8	4	0.7	5.1	40.1	93	48	0.1	0.5
2013	15.3	11.2	3.6	4.4	6.1	42.4	93	35	0.8	2.1
2014	35.1	17.8	3.8	6.7	5.5	31.7	93	56	1.1	3.9
2015	37.9	18.4	3.4	6.9	4.9	34	87	33	1	2.5
2016	38.8	18.6	3.1	7.5	5.3	22	91	63	1.2	3.4
2017	39.1	22.5	3.1	8	4.6	23.3	92	75	1.1	4.5
2018	40.1	15.7	2.8	8.4	4.0	25.3	89	74	1	5
2019	41.2	13.5	2.8	8.6	3.9	19.3	90	59	1	3.2
2020	33.8	10.2	2.6	8.8	3.6	20.2	89	48	0.9	2.7
2021	41.1	13.3	2.4	9.1	3.2	17.3	88	48	0.8	2.4
2022	32.9	11.4	2.2	9.4	2.7	14.4	87	50	0.7	2.2
TOTAL	391.1	175.3	3.1	78.5	4.2	23.7	90	55	9.7	32.4

* Excluye minería de piedra caliza.

Los totales pueden no coincidir debido al redondeo.

Todos los totales sobre una base del 100%

FIGURA 11. Se informa que la instalación de El Llagal estaba almacenando 126 millones de metros cúbicos de relaves a octubre de 2022 (Barrick Gold, 2022a). Asumiendo que el valor anterior se refiere a relaves combinados, que los relaves combinados tienen una densidad de 1,24 toneladas por metro cúbico (ver Fig. 7b), que 1,46 toneladas de relaves combinados corresponden a una tonelada de mineral (Knight-Piésold Consulting, 2022), y que la densidad del mineral es de 2,8 toneladas por metro cúbico (ver Fig. 10a), los relaves en la instalación El Llagal corresponderían a 107,01 millones de toneladas de mineral o 38,22 millones de metros cúbicos de volumen del tajo. No está claro cómo conciliar los resultados anteriores con los 175,3 millones de toneladas de mineral que se excavaron entre 2010 y 2022 o los 78,5 millones de toneladas de mineral que se procesaron durante el mismo período. La masa de material extraído total (excluida la piedra caliza) de 391,1 millones de toneladas debería corresponder a 312,6 millones de toneladas de roca estéril (después de restar los 78,5 millones de toneladas de mineral procesado) o 215,8 millones de toneladas de roca estéril (después de restar los 175,3 millones de toneladas de mineral extraído). Figura de Barrick Gold (2023a) con superposición de etiquetas españolas.

Las masas de relaves y roca estéril que podrían rellenarse en la mina Pueblo Viejo deben considerarse aproximaciones (o puntos de partida para cálculos más exactos) porque las masas de mineral, roca estéril y piedra caliza proyectadas para excavación durante la vida útil de la mina comienzan en 2023 (ver Fig. 7a). Es bastante difícil determinar cuánto volumen de tajos y canteras ha sido creado la minería antes de 2023. Se informa que la instalación El Llagal estaba almacenando 126 millones de metros cúbicos de relaves a octubre de 2022 (Barrick Gold, 2022a). La empresa minera también reportó la información contradictoria de que *"the current tailings stored at El Llagal TSF stands at 100.1 Mm³ at end of June 2023"* [los relaves actuales almacenados en el TSF El Llagal asciende a 100,1 Mm³ a finales de junio de 2023] (Barrick Gold, 2023b). Asumiendo que el valor más alto es más preciso y que se refiere a relaves combinados, que los relaves combinados tienen una densidad de 1,24 toneladas por metro cúbico (ver Fig. 7b), que 1,46 toneladas de relaves combinados corresponden a una tonelada de mineral (Knight-Piésold Consulting, 2022), y que la densidad del mineral es de 2,8 toneladas por metro cúbico (ver Fig. 10a), los relaves en la instalación El Llagal corresponderían a 107,01 millones de toneladas de mineral o 38,22 millones de metros cúbicos del volumen del tajo que fue creado por la extracción de mineral. No está claro cómo conciliar los resultados anteriores con los 175,3 millones de toneladas de mineral que se excavaron entre 2010 y 2022 o los 78,5 millones de toneladas de mineral que se procesaron durante el mismo período (ver Fig. 11). La masa de material extraído total (excluida la piedra caliza) de 391,1 millones de toneladas debería corresponder a 312,6 millones de toneladas de roca estéril (después de restar los 78,5 millones de toneladas de mineral procesado) o 215,8 millones de toneladas de roca estéril (después de restar los 175,3 millones de toneladas de mineral extraído) (ver Fig. 11). Sin embargo, no hay información disponible sobre la cantidad de roca estéril que ya se ha rellenado, si es que se ha rellenado alguna. De la misma manera, no hay información sobre cuánta piedra caliza se extrajo antes de 2023 o cuánta piedra caliza de desecho ya se ha rellenado en las canteras. Al final, se decidió que sólo se abordaría la siguiente pregunta: ¿Cuánto de los residuos de mina designados para la instalación Naranja (ver Fig. 7b) podría rellenarse en el volumen de los tajos y de las canteras creado a partir de 2023? Como se mencionó, con más información se podría afinar la pregunta para comparar los volúmenes finales de los tajos y canteras con el total de residuos de mina generados por la mina desde el inicio de la explotación.

Una fuente adicional de incertidumbre en los cálculos de relleno es la discrepancia en el mismo documento (Barrick Gold, 2023a) entre los 516,922 millones de toneladas de roca estéril que se extraerán de los tajos abiertos a partir de 2023 (ver Fig. 7a) y los 452,7 millones de toneladas de roca estéril que se designan para almacenamiento en la instalación Naranja (ver Fig. 7b). Dado que la instalación Naranja no estaría lista para recibir roca estéril hasta el 2025 (Barrick Gold, 2023a), presumiblemente se almacenarían al menos dos años de roca estéril (2023-2024) en el vertedero de roca estéril existente Hondo. Sin embargo, el plan es extraer sólo 22,446 millones de toneladas de roca estéril durante 2023-2024 (ver Fig. 7a), por lo que la demora aún no resuelve la discrepancia. En cualquier caso, el plan es transferir eventualmente toda la roca estéril en el vertedero Hondo a la instalación Naranja o de regreso a los tajos abiertos. Finalmente, a falta de más información, se decidió aceptar para el cálculo del volumen del tajo los 516,922 millones de toneladas de roca estéril extraídas de los tajos abiertos (ver Fig. 7a) y aceptar los 452,7 millones de toneladas de roca estéril designada para la instalación Naranja (ver Fig. 7b) como la masa de roca estéril que potencialmente podría ser rellenada (ver Tabla 2). Nuevamente, el cálculo de relleno en este informe debe verse como un punto de partida que debe refinarse una vez que esté disponible un conjunto de datos completo y consistente.

El costo unitario del relleno del tajo abierto (por tonelada de residuo de mina seco) se determinó con base en 15 planes de relleno del tajo abierto que estaban disponibles públicamente y que incluían los costos. Los planes eran una combinación de proyectos de relleno propuestos, en curso y completados. En algunos casos, el costo era una estimación previa a la implementación sin información disponible sobre el costo real. De los 15 planes de relleno, 13 estaban en Canadá y ocho en Quebec. La preponderancia de las estimaciones de costos disponibles públicamente de Quebec es el resultado de la legislación minera en Quebec, la que requiere un estudio de factibilidad para el relleno del tajo abierto con una comparación de costos y beneficios. Los costos expresados en CAD se convirtieron

a USD usando 1 CAD = 0,76 USD, mientras que los precios expresados en euros se convirtieron usando 1 euro = 1,19 USD. Los planes de relleno de roca estéril que se basaban en el volumen se convirtieron en masa utilizando una densidad aparente de 1,84 toneladas por metro cúbico para roca estéril excavada y compactada (Porter y Bleiwas, 2003). Un plan de relleno de agua y relaves con un volumen y contenido de sólidos establecidos se convirtió en masa de relaves secos utilizando una densidad de partículas de 3,0 toneladas por metro cúbico.

De manera similar, con respecto a la quinta pregunta, este informe incluye un análisis de alto nivel de las consecuencias de la falla de la presa en ausencia de un análisis adecuado en el EIA. Las consecuencias de la falla se abordaron utilizando el modelo estadístico más reciente de fallas pasadas de presas de relaves (Larrauri y Lall, 2018). El modelo estadístico predice la escorrentía inicial de relaves después de la falla de la presa. La escorrentía inicial es la distancia cubierta por los relaves debido a la liberación de energía potencial gravitacional a medida que los relaves caen del depósito de relaves. Después del cese de la escorrentía inicial, los procesos fluviales normales podrían transportar los relaves aguas abajo indefinidamente hasta que los relaves lleguen a un lago importante o al océano. Cuando la escorrentía inicial llega a un río importante, como sucedería en la falla de la presa de relaves de la mina Pueblo Viejo, puede ser difícil separar la escorrentía inicial de los procesos fluviales normales posteriores. Por ejemplo, la falla de la presa de relaves en la mina Samarco en Minas Gerais, Brasil, derramó relaves en el río Doce, por lo que la escorrentía inicial se extendió 637 kilómetros hasta el Océano Atlántico (Larrauri y Lall, 2018).

Según (Larrauri y Lall, 2018), el mejor predictor de la escorrentía inicial de relaves liberados es el factor de presa H_f , definido como

$$H_f = H \left(\frac{V_F}{V_T} \right) V_F \quad (1)$$

donde H es la altura de la presa (metros), V_T es el volumen total de relaves y agua encerrados (millones de metros cúbicos) y V_F es el volumen del derrame (millones de metros cúbicos). Las predicciones más probables para el volumen del derrame y la escorrentía inicial D_{max} (kilómetros) son entonces

$$V_F = 0.332 \times V_T^{0.95} \quad (2)$$

$$D_{max} = 3.04 \times H_f^{0.545} \quad (3)$$

Cabe señalar que las Ecs. (2) - (3) expresan las consecuencias más probables de la falla de la presa. En particular, la consecuencia más probable es que la falla de la presa resultará en la liberación de aproximadamente un tercio de los relaves almacenados (ver Ec. (2)). Sin embargo, el peor escenario es que la falla de la presa resultará en la liberación del 100 % de los relaves almacenados, para lo cual hay ejemplos (Larrauri y Lall, 2018). Por lo tanto, la escorrentía del peor escenario ($V_F = V_T$) debe calcularse utilizando la Ec. (3) con

$$H_f = H V_T \quad (4)$$

Respuestas

El Estudio de Impacto Ambiental está Incompleto

El EIA está incompleto en tres aspectos significativos que impiden una revisión adecuada por parte del gobierno dominicano o del público dominicano, asumiendo que el gobierno y el público tengan la misma información. La primera forma importante es que muchas de las especificaciones para la instalación propuesta Naranja se pueden encontrar sólo en documentos que no han sido escritos, lo que significa que estas especificaciones no se pueden encontrar en ninguna parte. Por ejemplo, de acuerdo con el EIA, “Los criterios de diseño de la TSF se discuten más adelante en la Sección 5.1, y podrán consultarse en mayor detalle en el Informe de bases de diseño (BGC, en curso [a]) ... En el informe de las bases de diseño de la nueva TSF (BGC, en curso [a]) y la actualización completa de datos hidrometeorológicos (BGC, 31 de enero de 2018) se encuentran datos detallados de precipitación y evaporación, así como discusiones sobre estaciones climáticas, períodos de registro y síntesis/análisis de datos ... Otros detalles referentes a los criterios de diseño del Nuevo TSF se proporcionan en un documento aparte (BGC, BGC en curso [a]) ... Los criterios de diseño de estabilidad física se enumeran en un documento aparte (BGC, en curso [a]) ... Durante la operación de almacenaje de colas y roca estéril, se ha contemplado almacenamiento para una PMP de 72 horas (1050 mm), asumiendo que el aliviadero de emergencia se construirá cuando lo indique el plan de respuesta ante el desencadenante de la acción (TARP, en inglés) (BGC, BGC en curso [a])” (Knight-Piésold Consulting, 2022).

El documento citado figura en la bibliografía del EIA en español como el siguiente documento en idioma inglés: BGC Engineering Inc. (en curso [a]). TSF3 Expansion Design Basis Report (Borrador) [Informe]. Preparado para Pueblo Viejo Dominicana Jersey 2 Limited (PV).

Para facilitar la lectura, una traducción completa al español de la referencia anterior sería: BGC Engineering Inc. (en curso [a]). Informe de Base de Diseño de Expansión de TSF3 (Borrador) [Informe]. Preparado para Pueblo Viejo Dominicana Jersey 2 Limited (PV).

Como otro ejemplo, la “Tabla 5-1. Resumen de los criterios de diseño de la TSF” enumera “Ataguías” como “en curso” sin referencia a ningún otro documento en particular. The final example is that “Anexo A: Descripción del proyecto y sus fases” incluye siete dibujos con la advertencia de que “este dibujo debe leerse en conjunto con el informe de BGC titulado ‘Diseño Conceptual de la Nueva Instalación de Almacenamiento de Colas’, Borrador - en curso, de fecha 18 de mayo de 2022” (Knight-Piésold Consulting, 2022). Los dos documentos incompletos BGC parecen ser documentos diferentes con títulos diferentes. El EIA no da ninguna indicación sobre cómo encontrar el borrador del informe del 18 de mayo de 2022, o si el documento se ha actualizado desde entonces. En este informe no se ha intentado documentar todas las instancias de referencias en el EIA a documentos que no se han escrito o que no están disponibles por otros motivos.

La segunda forma significativa en la que el EIA está incompleto es que secciones sustanciales del EIA están escritas en inglés sin traducción al español. Muchas de las figuras, tablas y mapas están disponibles sólo en inglés. Algunas de las secciones más importantes de todas son las secciones que analizan las consecuencias de la falla de la presa de relaves propuesta. Dos ejemplos son las secciones tituladas “Ruptura de Presa e Inundación” en “Anexo A: Descripción del proyecto y sus fases” y la sección titulada “Metodología del Estudio Preliminar de Ruptura de Presas e Inundación” en “Anexo B: Análisis de alternativas”. En los ejemplos anteriores, la única información disponible en

español es el título de la sección y el resto está completamente en inglés. Como ejemplo final, las tablas C1-C9 en “Anexo B: Análisis de alternativas”, las que recopilan las características de las distintas alternativas, están escritas únicamente en inglés sin traducción al español. Es bastante preocupante que, como mínimo, el gobierno dominicano no haya solicitado a la empresa minera que produzca un EIA en el idioma nacional.

La tercera forma significativa en la que el EIA está incompleto es que proporciona sólo las puntuaciones ponderadas totales de cada una de las alternativas (ver Fig. 9) sin información sobre cómo se calificó cada una de las cuentas y subcuentas por separado. De acuerdo con “Anexo B: Análisis de alternativas” del EIA, “La Tabla 6.2-2 (Apéndice A) presenta un resumen de la evaluación de preselección realizada utilizando los criterios de la Tabla 6.2-1 ... La Tabla 6.2-4 (Apéndice A) presenta un resumen de la evaluación de preselección de la Fase 2 completada utilizando los criterios de la Tabla 6.2-3 ... Las tablas detalladas del MAA [Análisis de Alternativas Multicriterio] se presentan en el Apéndice A” (Knight-Piésold Consulting, 2022). La única información sobre el Apéndice A crítico es la página del título con el título “APÉNDICE A Tablas del Análisis de Alternativas Multicriterio - Apéndice A-1 – Tablas 6.2-2 y 6.2-4 - Apéndice A-2 – Tablas A-1 a A-6” (Knight-Piésold Consulting, 2022) con el resto de la sección eliminada. De hecho, el índice de “Anexo B: Análisis de alternativas” enumera seis apéndices (A-F) con la advertencia (en todas mayúsculas) “APÉNDICES (NO SON INCLUIDOS EN ESTA VERSIÓN)” (Knight-Piésold Consulting, 2022). Sin los apéndices que faltan, es imposible que el gobierno dominicano y el público dominicano evalúen si las cuentas y subcuentas se calificaron correctamente. La importancia de las puntuaciones separadas se analiza con más detalle en las subsecciones “El Análisis de Alternativas no Enfatiza la Seguridad” y “El Diseño de la Nueva Instalación no está Probado” en este informe.

No se ha Considerado Seriamente la Alternativa de Relleno del Tajo Abierto

El EIA considera brevemente la alternativa de “Almacenamiento de relaves en un tajo abierto”, pero descarta la alternativa con la frase “El Plan de la Mina Pueblo Viejo dedica los tajos abiertos a almacenar roca PAG, por lo que los tajos no están disponibles para el almacenamiento de relaves” (Knight-Piésold Consulting, 2022). El EIA proporciona más explicaciones por escrito, “Se espera que los tajos se llenen con agua en el período posterior al cierre de la Mina, inundando cualquier relleno; la roca PAG es reactiva mientras que los relaves no lo son; la inmersión de PAG en los tajos llenos con agua es más efectiva para reducir el agua afectada después del cierre que el uso de los tajos para el almacenamiento de relaves” (Knight-Piésold Consulting, 2022). No hay otra consideración de la opción de relleno del tajo abierto en todo el EIA. Tampoco se considera ningún otro medio para reducir el almacenamiento de relaves sobre el suelo, a pesar de que, según el EGGRIM, la reducción del volumen de relaves almacenados sobre el suelo es uno de los dos propósitos del análisis de cuentas múltiples.

La explicación anterior en el EIA de evitar el relleno de relaves es generalmente consistente con la práctica de la industria. Aun así, el riesgo de drenaje ácido de mina de la roca estéril PAG que se almacena sobre el suelo debe equilibrarse con el riesgo de colapso de los relaves húmedos de grano fino que se almacenan sobre el suelo. Por lo tanto, debe ser fundamental para el EIA considerar cómo minimizar la roca estéril que debe almacenarse sobre el suelo, así como los relaves que se almacenan sobre el suelo. Por el contrario, el EIA no explica cómo llegó a la masa o volumen de roca estéril que debe almacenarse sobre el suelo, aunque esos valores son factores críticos de por qué sólo se pueden elegir ciertos sitios y por qué la alternativa de múltiples sitios fue considerado y descartado (ver Fig. 9). El EIA y el Informe Técnico no están de acuerdo en el volumen requerido de roca estéril que debe almacenarse

en la instalación Naranjo. Según el EIA (Knight-Piésold Consulting, 2022), el volumen requerido de roca estéril es de 277 millones de metros cúbicos, mientras que el Informe Técnico (Barrick Gold, 2023a) establece un volumen requerido de 215 millones de metros cúbicos (comparar Figs. 7b y 12). De manera similar, según el EIA (Knight-Piésold Consulting, 2022), el volumen requerido de relaves combinados es de 368 millones de metros cúbicos, mientras que el Informe Técnico (Barrick Gold, 2023a) establece un volumen requerido de 278 millones de metros cúbicos (comparar Figs. 7b y 12). Así, el EIA analiza una instalación mucho más grande que la contemplada en el Informe Técnico. Al igual que con los documentos y referencias que faltan, en este informe no se intentó catalogar todas las discrepancias entre el EIA y el Informe Técnico.

Tabla 5-4. Resumen de datos de la presa definitiva y el embalse de la nueva TSF.

Cota de coronación definitiva (m)	263
Altura definitiva de la presa de colas (m) ¹	157
Longitud de coronación definitiva de la presa de colas (m)	4030
Cota de coronación de la presa inicial (m)	166
Altura de la presa inicial (m)	60
Longitud de coronación de la presa inicial (m)	2540
Capacidad de almacenamiento de desechos según diseño - Colas mezcladas (Mm ³)	368
Capacidad de almacenamiento de desechos según diseño - Roca estéril (Mm ³)	277
Capacidad de almacenamiento de desechos según diseño - Colas mezcladas y roca estéril (Mm ³)	645
Almacenamiento de volumen de crecida requerido (Mm ³)	8.1
Laguna operativa estimada (Mm ³)	7.0
Almacenamiento total de agua (Mm ³)	15.1
Volumen de almacenamiento total (Mm ³)	660

Nota:

3. La altura de la presa se mide desde la cota de coronación hasta el pie aguas abajo.

FIGURA 12. El EIA y el Informe Técnico no están de acuerdo en los volúmenes requeridos de roca estéril y relaves que deben almacenarse en la instalación Naranjo. Según el EIA, el volumen requerido de roca estéril es de 277 millones de metros cúbicos, mientras que el Informe Técnico proveniente a los inversionistas establece un volumen requerido de 215 millones de metros cúbicos (comparar con Fig. 7a). Según el EIA, el volumen requerido de relaves combinados (o mezclados) es de 368 millones de metros cúbicos, mientras que el Informe Técnico establece un volumen requerido de 278 millones de metros cúbicos (comparar con Fig. 7a). Así, el EIA analiza una instalación mucho mayor que la contemplada en el Informe Técnico. Figura de Knight-Piésold Consulting (2022).

En contraste parcial con el EIA, hay una discusión considerablemente mayor con respecto a los planes para el relleno del tajo abierto en el Informe Técnico. Por esta razón, la mina Pueblo Viejo se incluye como un proyecto de relleno del tajo abierto de Barrick Gold en Tabla 1. Actualmente, la roca estéril extraída de los tajos abiertos se almacena en el vertedero de roca estéril Hondo. El plan es rellenar parte de esta roca estéril y transferir el resto de la roca estéril a la instalación propuesta Naranjo. De acuerdo con el Informe Técnico, *"The PAG waste material deposited in Hondo is intended to be rehandled into completed pit void locations when available, and the remainder will be rehandled into the PAG handling system to the Naranjo TSF after pit mining is completed ... Due to sequencing of the completion of the Lower Llagal TSF and the planned commissioning of the Naranjo TSF, there has been a necessity to store PAG in above-ground dumps temporarily. The PAG will be ultimately rehandled into in-pit voids and the Naranjo TSF ... PAG waste is currently being transported to temporary ex-pit waste dumps, which will be rehandled into both the Naranjo TSF facility and the mined pit voids below the water table. Pit backfilling is expected to start in 2030 and continue until the end of mine life with a planned capacity of 163Mt of PAG waste"* [El material de desecho PAG depositado en Hondo está destinado a ser

vuelto a manejar en ubicaciones vacías del tajo cuando esté disponible, y el resto se volverá a manejar en el sistema de manejo PAG a la TSF Naranjo después de que se complete la extracción del tajo ... Debido a la secuenciación de la finalización de la TSF Bajo Llagal y la puesta en marcha planificada de la TSF Naranjo, ha sido necesario almacenar PAG en vertederos sobre el suelo temporalmente. El PAG finalmente se volverá a manejar en vacíos en el tajo y la TSF Naranjo ... Actualmente, los residuos PAG se transportan a vertederos de residuos temporales fuera del tajo, los que se volverán a manejar tanto en la instalación de TSF Naranjo como en los vacíos del tajo minado debajo del nivel freático. Se espera que el relleno del tajo comience en 2030 y continúe hasta el final de la vida útil de la mina con una capacidad planificada de 163Mt de residuos PAG] (Barrick Gold, 2023a). El Informe Técnico agrega, *"As part of the closure requirements pertinent to environmental permitting, all PAG waste must be stored in anaerobic conditions to minimise the acid generating potential. This is typically achieved by co-disposing PAG and tailings in the TSF facilities but can also be achieved by backfilling the pits to an elevation below the natural water table level"* [Como parte de los requisitos de cierre correspondientes a los permisos ambientales, todos los residuos PAG deben almacenarse en condiciones anaeróbicas para minimizar el potencial de generación de ácido. Esto generalmente se logra mediante la co-disposición de PAG y relaves en las instalaciones de TSF, pero también se puede lograr relleno de los tajos a una altura por debajo del nivel freático natural] (Barrick Gold, 2023a). La declaración anterior es incorrecta porque hay muchos más proyectos de relleno del tajo abierto que instalaciones sobre el suelo que almacenan tanto relaves como roca estéril. Este tema se tratará más adelante en la subsección "El Diseño de la Nueva Instalación no está Probado".

El Informe Técnico (Barrick Gold, 2023a) no explica por qué es posible rellenar sólo 163 millones de toneladas de roca estéril y nada de relaves, y este tema no se considera en absoluto en el EIA. Con base en las masas y las densidades in situ del mineral y la roca estéril, el volumen final del tajo debería ser de 254,6771 millones de metros cúbicos (ver Tabla 2). Por lo tanto, debería ser totalmente factible rellenar toda la roca estéril PAG en los tajos abiertos. En otras palabras, la masa de roca estéril que podría rellenar los tajos abiertos (452,7 millones de toneladas) con espacio de sobra, la que constituye toda la roca estéril designada para la instalación Naranjo, es mucho mayor que la capacidad de 163 millones toneladas que se indicó en el Informe Técnico (Barrick Gold, 2023a). Como se discutió en la sección "Metodología", el cálculo anterior no tiene en cuenta ningún volumen de tajo creado antes de 2023 ni ningún plan para rellenar roca estéril que se haya extraído antes de 2023. Sin embargo, cabe señalar que la roca estéril designada para la instalación Naranjo incluye una masa no especificada de roca estéril que actualmente se encuentra almacenada en el vertedero de roca estéril Hondo.

La diferencia entre el volumen final del tajo I (254,6771 millones de metros cúbicos) y el volumen de roca estéril de relleno (215,5714 millones de metros cúbicos) es igual a 39,10571 millones de metros cúbicos, lo que es el espacio disponible encima de la roca estéril que se podría rellenar con relaves (ver Tabla 3). Si no hubiera una mezcla de relaves y roca estéril, entonces el espacio disponible encima de la roca estéril podría llenarse con 48,49109 millones de toneladas de relaves a una densidad de 1,24 toneladas por metro cúbico (ver Fig. 7b), dejando 296,2089 millones de toneladas de relaves que no pudieron ser rellenados en los tajos abiertos (ver Tabla 3). Si se permite que la roca estéril y los relaves se mezclen, entonces hay 79,52536 millones de metros cúbicos de espacio disponible (la región encima de la roca estéril más el 75 % del espacio de poro dentro de la roca estéril), que podría llenarse con 98,61144 millones de metros cúbicos de relaves, dejando 246,0886 millones de metros cúbicos de relaves que no pudieron ser rellenados.

Tabla 3. Relaves restantes para relleno de cantera después de relleno preferencial de roca estéril en tajo abierto seguido de relleno de relaves

Mezcla de Roca Estéril y Relaves	Espacio Disponible después de Relleno de Roca Estéril (Mm³)	Relleno Máximo de Relaves en Tajo Abierto (Mt)	Relaves Restantes para Relleno de Cantera (Mt)
No	39,10571	48,49109	296,2089
Sí	79,52536 ¹	98,61144	246,0886

¹ El espacio disponible para relaves dentro de la roca estéril se calcula como el 75 % del volumen de poro de la roca estéril.

Como mínimo, parece como si la maximización del relleno del tajo abierto pudiera eliminar la necesidad del almacenamiento permanente sobre el suelo de la roca estéril y reducir sustancialmente el volumen de relaves que requeriría un almacenamiento permanente sobre el suelo. Sin embargo, otra opción que no ha sido considerada ni en el EIA ni en el Informe Técnico es la posibilidad de rellenar con relaves las canteras agotadas. Con base en las posibles densidades de piedra caliza en el rango de 1,5 a 2,7 toneladas por metro cúbico, el volumen total de cantera creado a partir de 2023 estaría en el rango de 316,15 a 175,6389 millones de metros cúbicos, correspondiendo el mayor volumen a la menor densidad. Por lo tanto, todos los relaves designados para la instalación Naranja podrían ser rellenados en las canteras agotadas, excepto en las circunstancias de que no sea posible la mezcla de relaves y roca estéril en los tajos abiertos y de una densidad de piedra caliza muy alta. Como se mencionó anteriormente, incluso si todos los relaves no pudieran ser rellenados ni en los tajos abiertos ni en las canteras, la maximización del relleno tanto de canteras como de tajos abiertos podría reducir en gran medida el volumen de relaves que requeriría almacenamiento permanente sobre el suelo.

Cabe señalar que la mayor parte de la piedra caliza excavada no requiere relleno porque se consume en el procesamiento del mineral, transformándose así en un componente de los relaves combinados. La piedra caliza de desecho que no es apta para el procesamiento es la única roca de desecho NAG. De acuerdo con el Informe Técnico, "NAG waste material is currently placed in-pit voids. After 2025, all NAG material resulting from the quarries and pits will be deposited in a NAG stockpile northwest of the mine or quarry voids when available" [El material de desecho NAG actualmente se coloca en los vacíos del tajo. Después de 2025, todo el material NAG que resulte de las canteras y los tajos se depositará en una pila NAG al noroeste de la mina o en los vacíos de la cantera cuando estén disponibles] (Barrick Gold, 2023a). Por lo tanto, no existe una necesidad real de rellenar las canteras con piedra caliza, por lo que las canteras podrían dedicarse al almacenamiento de relaves. Los posibles problemas asociados con el relleno de relaves en canteras agotadas se analizan a continuación.

Tabla 4. Costos unitarios de relleno del tajo abierto para proyectos mineros seleccionados

Mina	País o Provincia Canadiense	Mineral	Cantidad (Mt)		Costo (millones de USD)	Costo Unitario (USD/t)
			Roca Estéril	Relaves		
Lichtenberg ¹	Alemania	U	230 ²	—	3450 ³	15,00
Whistle ¹	Ontario	Cu-Ni	6,4	—	19	2,97
Rabbit Lake ⁴	Saskatchewan	U	—	8,8	23,06	2,62
Solbec ⁴	Quebec	Cu-Pb-Zn	0,508 ²	0,1	1,0691 ⁵	2,11
Matawinie ⁶	Quebec	grafito	49,5 ⁷	—	74,0 ⁸	1,50
Canadian Malartic ⁹	Quebec	Au	—	92 ¹⁰	119 ⁸	1,29
Owl Creek ¹	Ontario	Au	3,648	—	4,7 ⁸	1,29
Canadian Malartic ⁹	Quebec	Au	242,55	—	285 ⁸	1,18
Dumont ¹¹	Quebec	Ni	1251,8 ¹²	—	1463,5 ⁸	1,17 ¹³
Island Copper ⁴	Columbia Británica	Cu	90	—	100	1,11
Dumont ¹⁴	Quebec	Ni	984,6 ¹⁵	—	748,6-127 9,8 ⁸	0,76-1,30
Captain N Extension ⁴	New Brunswick	Pb-Zn	0,1	—	0,1	1,00
East Sullivan ⁴	Quebec	Cu-Zn-A g-Cd	0,37 ²	—	0,35	0,95
Canadian Malartic ¹⁶	Quebec	Au	625	—	449 ⁸	0,72
Marymia ¹	Australia Occidental	Au	—	1,296094	0,3595	0,28
Media Geométrica						1,20
Mediana						1,18

¹ Arcadis (2015)² Volumen convertido a masa usando 1,84 t/m³ (Porter y Bleiwas, 2003)³ Euros convertidos a USD usando 1 euro = 1,19 USD⁴ MEND (1995)⁵ Costo de relleno de roca estéril solamente⁶ BAPE (2020)⁷ El plan propuesto es rellenar el 40 % de 107,5 Mt de roca estéril y relaves. El valor es el costo adicional de rellenar todo menos 15 Mt de roca estéril y relaves.⁸ CAD convertidos a USD usando 1 CAD = 0,76 USD⁹ BAPE (2009), Golder Associés Ltée (2009)¹⁰ Basado en el relleno de 143 Mm³ de agua y relaves con un contenido de sólidos del 45 % (Golder Associés Ltée, 2009) y una densidad de partículas asumida de 3 t/m³¹¹ Royal Nickel Corporation (2013a)¹² 1070 Mt de roca estéril y 181,8 Mt de sobrecarga (depósitos no consolidados)¹³ 1.12 UDS/t para roca estéril y 1.46 USD/t para sobrecarga¹⁴ BAPE (2014), Royal Nickel Corporation (2014)¹⁵ 826 Mt de roca estéril y 158.6 Mt de sobrecarga (depósitos no consolidados)¹⁶ BAPE (2016), Mine Canadian Malartic (2016)

Los costos unitarios para el relleno del tajo abierto oscilaron entre USD 0,28 por tonelada y USD 15,00 por tonelada, con 10 de los 15 estudios en el rango de USD 0,72 - 1,50 por tonelada (ver Tabla 4). El valor atípico muy alto (USD 15,00 por tonelada) incluía el costo adicional de la remediación del drenaje ácido de mina a partir de la roca estéril que se había almacenado en la superficie en la mina de uranio Lichtenberg de la era soviética en la antigua Alemania Oriental (Arcadis, 2015). Como se mencionó anteriormente, el valor atípico muy bajo (USD 0,28 por tonelada) se logró mediante el transporte de relaves de uranio como una lechada por gravedad directamente desde la planta de procesamiento de mineral a un tajo abierto agotado (Arcadis, 2015). En ningún otro caso quedó claro por qué el costo era particularmente alto o bajo. En lugar de eliminar los valores atípicos, el valor esperado se calculó como la media geométrica (USD 1,20 por tonelada), lo que suprime el impacto de los valores atípicos. El cálculo de la mediana sería un enfoque alternativo, que arrojaría un resultado casi idéntico (USD 1,18 por tonelada). A lo largo del resto de este informe, se utilizará el valor de USD 1,20 por tonelada como la mejor estimación del costo unitario del relleno del tajo abierto.

Con base en un costo de USD 1,20 por tonelada de residuos de mina, el costo de rellenar 344,7 millones de toneladas de relaves y 452,7 millones de toneladas de roca estéril sería de USD 957 millones. Por otro lado, el costo total de la TSF (instalación de almacenamiento de relaves) Naranjo se proyecta en USD 2695 millones o USD 3,38 por tonelada de residuos de mina (Knight-Piésold Consulting, 2022; ver Fig. 13). Incluso ese costo proyectado está subestimado porque no incluye los costos de operación ni de monitoreo, inspecciones, mantenimiento y revisiones a largo plazo de la TSF Naranjo después del cierre de la mina (ver Fig. 13). De acuerdo con el EIA, “PVD ha estimado la inversión total del proyecto ‘Nueva Instalación de Co-disposición de Relaves y Roca Estéril para la Mina Pueblo Viejo’ (nuevo TSF), en base al diseño conceptual de la presa (capacidad total de almacenamiento de residuos mineros de 645 Mm3), según se detalla en el informe de diseño de BGC. Los montos aquí presentados ... no incluyen ajustes por el valor presente de los montos futuros, ni tampoco los costos de operación ni cierre” (Knight-Piésold Consulting, 2022). El informe de diseño de BGC Engineering mencionado en la cita anterior es aparentemente el mismo que el informe discutido anteriormente, lo que todavía está “en curso”. En resumen, según la información disponible, el costo de relleno de los residuos de mina sería menos del 35 % del costo de construcción y operación de una nueva instalación de almacenamiento de residuos de mina sobre el suelo. Cabe señalar que el costo proyectado de la TSF Naranjo es inusualmente alto, ya que los costos típicos para la gestión de relaves convencional son de USD 1,20 por tonelada con un rango de USD 0,5 - 2,50 por tonelada (Klohn Crippen Berger, 2017). Las razones del alto costo de la instalación Naranjo se discutirán en la subsección “El Diseño de la Nueva Instalación no está Probado”.

Tabla 1.4: Estimado de inversión del proyecto

	Etapa 1 Presa de arranque (Cota 166 m)	Etapa 2 Futuros recrecimientos progresivos de la presa (hasta Cota 263 m)
Presa de relaves y embalse	958.8	1 514.4
Reasentamiento comunitario	183.0	-
Relaciones y Proyectos Comunitarios	12.8	-
Investigación e Ingeniería de Sitios	59.6	56.3
Seguridad de la tierra	14.7	-
Establecimiento e infraestructura del sitio	5.6	-
Corredor de Carreteras de Acarreo y Oleoductos	31.9	-
Bombas de recuperación, estanques de agua dulce	2.7	-
Tuberías y bombas de relaves	19.7	-
Acceso, existencias y vertederos	10.5	-
Instalaciones Plataformas	3.6	-
Estanque de agua dulce	4.6	-
Presa cofre	15.8	-
Filtración Presas de recuperación	9.1	-
Mantenimiento y Contratos Mensuales	21.8	-
Construcción de presas - Excavación	52.3	52.6
Construcción de presas - Rellenos	335.6	1 162.0
Construcción de presas - Otros	46.4	62.1
Planta de Tratamiento de Agua	49.5	-
Combustible	42.0	103.1
Costos del propietario	37.6	78.3
Sistema de transporte de material PAG	222.0	0.0
Reasentamiento comunitario	42.0	-
Ingeniería	8.0	-
Sistema de trituradora, transportadora y apiladora	172.0	-
Total	1 180.8	1 514.4

FIGURA 13. Se proyecta que el costo total de construcción y operación de la TSF (Instalación de Almacenamiento de Relaves) Naranjo sea de USD 2695 millones o USD 3,38 por tonelada de residuos de mina. El costo proyectado está subestimado porque

no incluye los costos de operación ni los costos de monitoreo, inspecciones, mantenimiento y revisiones a largo plazo de la TSF Naranjo luego del cierre de la mina. Por el contrario, utilizando un costo unitario de USD 1,20 por tonelada basado en proyectos de relleno del tajo abierto anteriores (ver Tabla 4), el costo de relleno de 344,7 millones de toneladas de relaves y 452,7 millones de toneladas de roca estéril sería de USD 957 millones. El costo proyectado de la TSF Naranjo es inusualmente alto, ya que los costos típicos para la gestión de relaves convencional son de USD 1,20 por tonelada con un rango de USD 0,5-2,50 por tonelada. Figura de Knight-Piésold Consulting (2022).

Anteriormente se mencionó que el relleno del tajo abierto se considera la mejor práctica en casi todas las circunstancias, excepto cuando la probabilidad de contaminación de las aguas subterráneas podría reducirse moviendo los relaves a una ubicación sobre el suelo. Esas circunstancias no se aplicarían en el caso de la mina Pueblo Viejo porque el EIA expresa dudas considerables con respecto a la idoneidad del sitio preferido para la prevención de la contaminación de las aguas subterráneas a partir de la instalación Naranjo. El EIA resume el problema de la siguiente manera: "El Nuevo TSF está siendo planificado para almacenar sólidos de relaves, rocas de desecho potencialmente generadoras de ácido (PAG) y aguas de proceso de mina y de contacto. Las presas que requieren almacenamiento de agua para la inmersión permanente de relaves o rocas de desecho reactivas deben funcionar como estructuras de retención de aguas. La cantidad de filtración que escapa de un TSF y el movimiento a través del agua subterránea de los contaminantes que estén contenidos es una función crítica y ambientalmente sensible de la instalación. La fundación de una presa de colas es un componente estructural fundamental. La fundación de una presa tiene doble función: (1) estabilidad estructural y rigidez suficiente para limitar las deformaciones dentro de patrones de comportamiento aceptables; (2) control de filtraciones con respecto a la cantidad y calidad del flujo, presiones de levante y esfuerzos erosivos" (Knight-Piésold Consulting, 2022).

Todavía existe incertidumbre sobre si el sitio preferido tiene una permeabilidad suficientemente baja para actuar como los cimientos para una presa y evitar la contaminación de las aguas subterráneas. De acuerdo con el EIA, "Las siguientes son las incertidumbres geológicas e hidrogeológicas claves para el diseño del Nuevo TSF en base a la investigación preliminar del sitio realizada hasta la fecha ... Potencial de filtraciones excesivas debajo de la fundación de la presa o a través de las crestas de la cuenca ... Las pruebas in-situ de las formaciones geológicas en la cuenca y la huella de la presa del Nuevo TSF completadas como parte de la investigación preliminar del sitio han encontrado conductividades hidráulicas variables que si resultan continuas podrían resultar en una filtración excesiva y requerir un tratamiento de mitigación en la fundación (por ejemplo, inyección). La filtración excesiva, si no es tratada, podría provocar la erosión de la fundación y el movimiento a través de las aguas subterráneas de contaminantes aguas abajo del Nuevo TSF" (Knight-Piésold Consulting, 2022).

El EIA continúa con incertidumbre respecto a la permeabilidad de los suelos y las rocas sedimentarias clásticas en el sitio preferente. De acuerdo con el EIA, "Los depósitos de suelos transportados observados hasta la fecha en el sitio de la presa del Nuevo TSF son predominantemente limos y arcillas y se prevé que en general tengan una permeabilidad relativamente baja, pero estos depósitos podrían contener capas o bolsones de suelos de granos más gruesos que podrían tener una permeabilidad comparativamente más alta ... Al sur del estribo derecho de la presa, la Cresta Este es una cresta afilada de aproximadamente 3 km de largo ... Existe un potencial de zonas con mayor permeabilidad en rocas meteorizadas y no meteorizadas en la Cresta Este, donde se encuentran lutitas tobáceas y limolitas con intercalaciones de calizas y calizas de la Fm Hatillo" (Knight-Piésold Consulting, 2022).

La mayor preocupación en el EIA con respecto al sitio preferido se reserva para la posible aparición de karst, es decir, piedra caliza con grandes canales abiertos creados por disolución, que podría resultar en el rápido transporte hacia y a través del subsuelo de agua contaminada a partir de la instalación Naranjo. De acuerdo con el EIA, "Potencial de calizas u otras unidades geológicas colapsables/solubles dentro de la cuenca del valle ... Actualmente, existe incertidumbre en cuanto a si la piedra caliza de la Fm Hatillo está presente dentro de las áreas de la huella de la

presa y del embalse de la presa ... Los tipos de roca caliza tienen potencial para el desarrollo kárstico de disolución, lo que podría resultar en zonas con mayor permeabilidad y mayor potencial de filtración y el movimiento a través de las aguas subterráneas de contaminantes más allá de la cresta de la cuenca del valle y el gradiente descendente del Nuevo TSF ... Es posible que se requieran evaluaciones hidrogeológicas y evaluaciones de filtración para cuantificar las tasas de filtración que pueden escapar del TSF y para evaluar si las ubicaciones con caliza de mayor permeabilidad pueden requerir tratamiento del subsuelo” (Knight-Piésold Consulting, 2022).

El EIA resumió las preocupaciones con respecto a la permeabilidad de los cimientos en el sitio preferido por escrito, “En esta etapa, la consideración de que las permeabilidades de las fundaciones de las presas y los estribos serán lo bastante bajas como para evitar filtraciones excesivas debe verse como un riesgo significativo en el costo y la programación de la obra” (Knight-Piésold Consulting, 2022). El punto de la revisión anterior de las preocupaciones expresadas en el EIA es que, con base en el conocimiento actual, no hay razón para creer que la contaminación de las aguas subterráneas podría evitarse mediante la construcción de una nueva instalación sobre el suelo para el almacenamiento permanente de residuos de mina, en lugar del relleno de los residuos de mina en los tajos abiertos agotados o las canteras agotadas. Cabe señalar que el EIA nunca argumentó que la alternativa del relleno del tajo abierto debería descartarse debido a la posibilidad de contaminación de las aguas subterráneas. Incluso aparte de la falta de consideración del relleno del tajo abierto, la incertidumbre con respecto a los cimientos en el sitio preferido indica que la elección del sitio preferido debe basarse en un conocimiento más profundo de la geología en todos los sitios alternativos, incluido los tajos abiertos.

Este informe ha sugerido la posibilidad de relleno de relaves en las canteras agotadas. La presencia de piedra caliza ha sido una preocupación en el sitio preferido y ciertamente podría haber piedra caliza debajo de las canteras agotadas. Sin embargo, aún queda por determinar qué canteras, si las hay, están sustentadas por karst. Aun así, se cree que los relaves sólidos no generan ácido, aunque no se ha discutido en los documentos disponibles sobre el potencial de los relaves para la lixiviación de metales en condiciones neutras o alcalinas. Podrían surgir problemas potenciales del agua de proceso que actualmente se envía a la instalación de almacenamiento de relaves junto con los relaves. En ese caso, los relaves podrían deshidratarse antes del relleno, lo cual es una práctica común, por ejemplo, en la mina de oro y plata Marlin en Guatemala (Aparicio, 2022). Aun así, el relleno parcial de una cantera justo por encima del nivel freático puede retener la cantera como un sumidero hidráulico, de modo que el agua subterránea fluya hacia la cantera, en lugar de alejarse de ella (Johnson y Carroll, 2007). El propósito de esta subsección no ha sido argumentar que el relleno es la respuesta, pero debe considerarse como una alternativa seria. Aunque se ha demostrado que el relleno podría llevarse a cabo a un costo mucho menor que la construcción de una nueva instalación sobre el suelo, la importancia del costo se aborda en la siguiente subsección.

El Análisis de Alternativas no Enfatiza la Seguridad

Además de la falta de transparencia y la falta de una consideración seria de la alternativa de relleno de tajo abierto y de cantera, el problema fundamental con el análisis de cuentas múltiples (o análisis de alternativas multicriterio) en el EIA es que el costo del proyecto debe ni siquiera ser una de las cuentas (o criterios). Por supuesto, sin ninguna información sobre las puntuaciones de las cuentas separadas, es imposible determinar qué alternativa se hubiera preferido si no se hubiera tenido en cuenta el costo. Como ya se mencionó, el EGGRIM no incluye el costo de la alternativa como una de las cuentas y establece que sólo se deben considerar los aspectos ambientales, técnicos y socioeconómicos de las alternativas (ICMM-UNEP-PRI, 2020). De hecho, la inclusión del costo como una consideración sería inconsistente con los dos propósitos de un análisis de cuentas múltiples, los que son la minimización del riesgo para las personas y el medio ambiente y la minimización del almacenamiento de relaves y agua sobre el suelo (ICMM-UNEP-PRI, 2020). La consideración del costo ciertamente sería inconsistente con “el objetivo final de cero daño en las personas y en el medioambiente, y tolerancia cero para fatalidades humanas” y la obligación de que “prioricen la seguridad de sus instalaciones de relaves”, como se establece en el primer párrafo del Preámbulo del EGGRIM.

Un enfoque similar se adopta en las [Guidelines for the Assessment of Alternatives for Mine Waste Disposal \[Directrices para la Evaluación de Alternativas para la Disposición de Residuos de Mina\]](#) por el Environment Canada [Medio Ambiente Canadá] (2013), las que son las bases para la discusión del análisis de cuentas múltiples en el [SME Tailings Management Handbook](#) (Malgesini y Chapman, 2022). De acuerdo en el Environment Canada (2013), “*A project proponent seeking to use a natural water body as a TIA [Tailings Impoundment Area] must conduct an assessment of alternatives for mine waste disposal ... This alternatives assessment must objectively and rigorously assess all feasible options for mine waste disposal. The project proponent must demonstrate through the EA [Environmental Assessment] and this assessment that the proposed use of the water body as a TIA is the most appropriate option for mine waste disposal from environmental, technical and socio-economic perspectives. It should also be demonstrated that the option offers the greatest overall benefit to current and future generations of Canadians ...*” [Un proponente de proyecto que busque utilizar un cuerpo de agua natural como TIA [Área de Embalse de Relaves] debe realizar una evaluación de alternativas para la disposición de residuos de mina ... Esta evaluación de alternativas debe evaluar de manera objetiva y rigurosa todas las opciones factibles para la disposición de residuos de mina. El proponente del proyecto debe demostrar a través de la EA [Evaluación Ambiental] y de esta evaluación que el uso propuesto del cuerpo de agua como TIA es la opción más apropiada para la disposición de residuos de mina desde las perspectivas ambiental, técnica y socioeconómica. También se debe demostrar que la opción ofrece el mayor beneficio general para las generaciones actuales y futuras de canadienses ...] Por lo tanto, Environment Canada (2013) tampoco incluye el costo como una de las perspectivas relevantes. Environment Canada (2013) aclarece que las “socio-economic perspectives” [perspectivas socioeconómicas] no se refiere al costo de la alternativa, sino que “*this account focuses on how a proposed TIA may influence local and regional land users. Elements that are considered here include characterization and valuation of land use, cultural significance, presence of archaeological sites and employment and/or training opportunities*” [esta cuenta se centra en cómo una TIA propuesta puede influir en los usuarios de la tierra locales y regionales. Los elementos que se consideran aquí incluyen la caracterización y valoración del uso de la tierra, la importancia cultural, la presencia de sitios arqueológicos y las oportunidades de empleo y/o capacitación].

Cabe señalar que la descripción del análisis de cuentas múltiples en Environment Canada (2013) incluye explícitamente la consideración del relleno de la mina como una alternativa. De acuerdo con Environment Canada (2013), “*In some cases separation of the float tailings (which typically represents the largest fraction of the tailings volume) from the leach residue tailings would result in the larger volume of float tailings being geochemically benign, which greatly reduces*

any potential impacts ... Mine backfill is often required as part of the mine plan. It may be advantageous to consider tailings as a backfill material to achieve two goals. Firstly, it may offer a logical rationale to separate the leach and float tailings, and secondly, by reducing the volume of tailings that needs to go to the TMF [Tailings Management Facility], the potential impacts are reduced" [En algunos casos, la separación de los relaves flotantes (que generalmente representan la fracción más grande del volumen de relaves) desde los relaves de residuos de lixiviación daría como resultado que el mayor volumen de relaves flotantes sea geoquímicamente benigno, lo que reduce en gran medida cualquier impacto potencial ... El relleno de la mina a menudo se requiere como parte del plan de la mina. Puede ser ventajoso considerar los relaves como material de relleno para lograr dos objetivos. En primer lugar, puede ofrecer una razón lógica para separar los relaves de lixiviación y de flotación y, en segundo lugar, al reducir el volumen de relaves que debe ir a la TMF [Instalación de Gestión de Relaves], se reducen los impactos potenciales].

Ahora es un concepto bien establecido en las áreas de tanto presas de relaves como presas de retención de agua que la seguridad es la prioridad y que no puede haber compensación entre la seguridad y cualquier otro beneficio, incluidos los costos. Según el U.S. Army Corps of Engineers [Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos] (USACE, 2014), *"A key mission of the USACE dam safety program is to achieve an equitable and reasonably low level of risk to the public from its dams. USACE executes its project purposes guided by its commitment and responsibility to public safety. Since 'Life Safety is Paramount,' it is not appropriate to refer to balancing or trading off public safety with other project benefits. Instead, it is after tolerable risk guidelines are met that other purposes and objectives will be considered"* [Una misión clave del programa de seguridad de presas del USACE es lograr un nivel de riesgo equitativo y razonablemente bajo para el público a partir de sus presas. El USACE ejecuta los propósitos de su proyecto guiado por su compromiso y responsabilidad con la seguridad pública. Dado que "La Seguridad de la Vida es Primordial", no es apropiado referirse a equilibrar o compensar la seguridad pública con otros beneficios del proyecto. En cambio, es después de que se cumplan las directrices de riesgo tolerable que se considerarán otros propósitos y objetivos]. De acuerdo con el panel de Mount Polley, *"Safety attributes should be evaluated separately from economic considerations, and cost should not be the determining factor ... Future permit applications for a new TSF [Tailings Storage Facility] should be based on a bankable feasibility that would have considered all technical, environmental, social and economic aspects of the project in sufficient detail to support an investment decision, which might have an accuracy of $\pm 10\%$ – 15% . More explicitly, it should contain the following: ... b. Detailed cost/benefit analyses of BAT [Best Available Technology] tailings and closure options so that economic effects can be understood, recognizing that the results of the cost/benefit analyses should not supersede BAT safety considerations"* [Los atributos de seguridad deben evaluarse por separado de las consideraciones económicas, y el costo no debe ser el factor determinante ... Las futuras solicitudes de permisos para una nueva TSF [Instalación de Almacenamiento de Relaves] deben basarse en una factibilidad financiera que habrá considerado todos los aspectos técnicos, ambientales, sociales y económicos del proyecto con suficiente detalle para respaldar una decisión de inversión, la que podría tener una precisión de $\pm 10\%$ – 15% . Más explícitamente, debe contener lo siguiente: ... b. Análisis detallados de costo/beneficio de las opciones de cierre y relaves MTD [Mejor Tecnología Disponible] para que se puedan comprender los efectos económicos, reconociendo que los resultados de los análisis de costo/beneficio no deben reemplazar las consideraciones de seguridad de MTD] (Independent Expert Engineering Investigation and Review Panel, 2015a). La cita anterior también debería ayudar a aclarar el propósito de un análisis de costo/beneficio, que ciertamente no es permitir una compensación entre seguridad y costo. Por lo tanto, cualquier discusión sobre costos en Environment Canada (2013), Ministère de l'Énergie et des Ressources Naturelles, (2018) o el SME Tailings Management Handbook (Malgesini y Chapman, 2022) debe entenderse en luz de la cita anterior.

Un informe del PNUMA en respuesta a la falla de la presa de relaves en la mina Samarco en Brasil confirmó además que la seguridad debe evaluarse por separado del costo. De acuerdo con Roche et al. (2017), *"The approach to tailings storage facilities must place safety first by making environmental and human safety a priority in management actions and*

on-the-ground operations. Regulators, industry and communities should adopt a shared zero-failure objective to tailings storage facilities where 'safety attributes should be evaluated separately from economic considerations, and cost should not be the determining factor' [Independent Expert Engineering Investigation and Review Panel, 2015]" [El enfoque de las instalaciones de almacenamiento de relaves debe priorizar la seguridad al hacer de la seguridad ambiental y humana una prioridad en las acciones de gestión y las operaciones en el terreno. Los reguladores, la industria y las comunidades deben adoptar un objetivo compartido de cero fallas para las instalaciones de almacenamiento de relaves, en que "los atributos de seguridad deben evaluarse por separado de las consideraciones económicas, y el costo no debe ser el factor determinante" [Independent Expert Engineering Investigation and Review Panel, 2015]]. Finalmente, el primer lineamiento en La Seguridad ante Todo: Lineamientos para el Manejo Responsable de Relaves es "La seguridad como el principio rector del diseño, construcción, operación y cierre" (Morrill et al., 2022). Morrill et al. (2022) explicó con más detalle, "Particularmente, la gestión de relaves debe garantizar daño cero para las personas y el medio ambiente, con cero tolerancias para las fatalidades humanas ... La seguridad debe ser evaluada por terceros independientes, por ejemplo una Junta Independiente de Revisión de Relaves, para asegurar que no se priorice la reducción de costos por encima de las personas y el medio ambiente. Las empresas operadoras deben documentar que en todos los puntos de diseño, operación, cierre y poscierre de las instalaciones de relaves, la protección de la salud humana y medioambiental es la primera prioridad ... Si un proyecto minero resulta no ser viable económicamente por el costo de un sistema seguro de disposición de relaves, entonces sencillamente no es un proyecto viable: los costos y los riesgos del proyecto no deben trasladarse al medio ambiente, las comunidades y los gobiernos anfitriones".

El análisis de cuentas múltiples en el EIA incluye consideraciones de seguridad, pero estas consideraciones están dispersas en las subcuentas de las cuentas ambientales, socioeconómicas y técnicas (ver Fig. 9). Por esta razón, incluso si el EIA proporcionara las puntuaciones separadas para cada cuenta (que no lo hace), aún no le diría al gobierno dominicano ni al público dominicano hasta qué punto se ha priorizado la seguridad en el análisis de cuentas múltiples, lo cual es por qué es crucial que el EIA revele las puntuaciones separadas para cada subcuenta. Por ejemplo, hay cuatro subcuentas que están relacionadas con la minimización del riesgo para las personas, dos en la cuenta socioeconómica y dos en la cuenta técnica. El riesgo para la vida humana es una combinación de las consecuencias de la falla de la presa de relaves para la población aguas abajo junto con la probabilidad de falla de la presa de relaves. Las subcuentas SE3 y SE4 dentro de la cuenta socioeconómica están relacionadas con las consecuencias de la falla (ver Figs. 14a-b) y se discuten juntas en el EIA bajo el encabezamiento "Riesgo para las Personas y la Infraestructura Comunitaria Asociado con una Falla de la Instalación de Almacenamiento de Residuos Mineros". La subcuenta SE3 se califica según la cantidad de viviendas dentro de la zona que se inundarán después de la falla de la presa (ver Fig. 14a), mientras que la subcuenta SE4 se califica según la cantidad de comunidades independientes que se inundarán (ver Fig. 14b). Las subcuentas T2 y T3 dentro de la cuenta técnica están relacionadas con la probabilidad de falla (ver Figs. 14c-d) y se analizan juntas en el EIA bajo el encabezamiento "Riesgo de Inestabilidad de Presa/Estructura". La subcuenta T2 se califica con base en el potencial de filtraciones excesivas a través de los cimientos de la presa (ver Fig. 14c), mientras que la subcuenta T3 se califica con base en el potencial de suelos débiles y profundos dentro de los cimientos de la presa y del resto de la instalación (ver Fig. 14d).

Tabla 6.5-18: Criterios de Puntuación para el Criterio de Evaluación SE3

Puntuación	Criterios de Puntuación
1	Mayor población en riesgo de una posible falla de la instalación; el mayor número de estructuras dentro de una zona de inundación estimada debido a la falla del depósito >200 HHs
2	121 a 200 HHs dentro de la zona de inundación por ruptura
3	41 a 120 HHs dentro de la zona de inundación por ruptura
4	10 a 40 HHs dentro de la zona de inundación por ruptura
5	< 10 HHs dentro de la zona de inundación por ruptura

HH = vivienda.

FIGURA 14a. El riesgo de falla es una combinación de las consecuencias de falla y la probabilidad de falla. Las consecuencias de falla para cada una de las alternativas se evaluaron en las subcuentas SE3 y SE4 (ver Fig. 14b) de la cuenta socioeconómica (ver Fig. 9). La subcuenta SE3 tiene en cuenta la cantidad de viviendas dentro de la zona que se inundarán luego de la falla del TSF propuesta Naranjo. Aunque no se indica, el número de viviendas probablemente considera sólo aquellas viviendas aguas arriba del giro hacia el este del río Yuna (ver Fig. 2), la que es la única área que se consideró en el análisis de ruptura de la presa. Los apéndices que mostrarían cómo se puntuó cada alternativa se eliminaron del EIA, por lo que el gobierno dominicano o el público dominicano no pueden evaluar la puntuación de las alternativas. Figura de Knight-Piésold Consulting (2022).

Tabla 6.5-19: Criterios de Puntuación para el Criterio de Evaluación SE4

Puntuación	Criterios de Puntuación
1	El mayor número de comunidades independientes establecidas dentro de la zona de inundación por posible falla ≥ 2 comunidades
3	1 comunidad
5	No se establecieron comunidades independientes dentro de la zona de inundación de posible falla

FIGURA 14b. El riesgo de falla es una combinación de las consecuencias de falla y la probabilidad de falla. Las consecuencias de falla para cada una de las alternativas se evaluaron en las subcuentas SE3 (ver Fig. 14a) y SE4 de la cuenta socioeconómica (ver Fig. 9). La subcuenta SE3 tiene en cuenta la cantidad de comunidades independientes dentro de la zona que se inundarán luego de la falla del TSF propuesta Naranjo. Aunque no se indica, el número de comunidades probablemente considera sólo aquellas comunidades aguas arriba del giro hacia el este del río Yuna (ver Fig. 2), la que es la única área que se consideró en el análisis de ruptura de la presa. Los apéndices que mostrarían cómo se puntuó cada alternativa se eliminaron del EIA, por lo que el gobierno dominicano o el público dominicano no pueden evaluar la puntuación de las alternativas. Figura de Knight-Piésold Consulting (2022).

A la luz de la discusión de las preocupaciones expresadas en el EIA con respecto a los cimientos en el sitio preferido, es especialmente crítico para el gobierno dominicano y el público dominicano saber cómo se calificaron las subcuentas T2 y T3 (ver Figs. 14c-d). Dado que se sabe que en el sitio preferido hay piedra caliza con al menos potencial kárstico, la alternativa preferida no debe recibir una puntuación superior a "2" para la subcuenta T2 (ver Fig. 14c). La puntuación más alta de "5" no debería ser posible porque existe un plan para una cubierta de agua en la instalación de almacenamiento de residuos de mina (ver Fig. 14c). La combinación de subcuentas T2 y T3 es algo difícil de entender. Una alternativa podría recibir puntuaciones de "3" o "4" para T2 si hay aluvión significativo (más de 50 hectáreas) en el sitio (ver Fig. 14c). Por otro lado, una puntuación alta para la subcuenta T3 requeriría la menor cantidad de aluvión posible (ver Fig. 14d). En particular, un sitio con 50 hectáreas de aluvión podría recibir una puntuación de T3 no superior a "2" (ver Fig. 14d). La puntuación más alta de "5" requeriría la presencia de menos de cinco hectáreas de aluvión (ver Fig. 14d).

Tabla 6.5-35: Criterios de Puntuación para T2: Potencial de Posible Filtración Excesiva a través de la Fundación de la Presa

Puntuación	Criterios de Puntuación
1	La caliza con karst conocido se encuentra dentro de la huella(s) de la presa/estructura
2	La caliza con potencial kárstico se encuentra dentro de la huella(s) de la presa/estructura
3	Aluvión significativo (>50 ha) y una falla normal/rumbo-deslizante/lineal significativa que se encuentra dentro de la huella(s) de la presa/estructura
4	Aluvión significativo (>50 ha) o una falla normal/ rumbo-deslizante/lineal significativa que se encuentra dentro de la huella(s) de la presa/estructura
5	No hay espejo de agua como parte de la Alternativa de almacenamiento de residuos, por lo que hay un bajo riesgo de que ocurran filtraciones significativas que podrían conducir a una falla

FIGURA 14c. El riesgo de falla es una combinación de las consecuencias de falla y la probabilidad de falla. Las consecuencias de falla para cada una de las alternativas se evaluaron en las subcuentas T2 y T3 (ver Fig. 14d) de la cuenta técnica (ver Fig. 9). La subcuenta T2 tiene en cuenta el potencial de filtraciones excesivas a través de los cimientos de la presa. Los apéndices que mostrarían cómo se puntuó cada alternativa se eliminaron del EIA, por lo que el gobierno dominicano o el público dominicano no pueden evaluar la puntuación de las alternativas. Figura de Knight-Piésold Consulting (2022).

Tabla 6.5-36: Criterios de Puntuación para el Criterio de Evaluación T3: Potencial de Suelos Profundos Débiles dentro de la Fundación de la Presa/Estructura

Puntuación	Criterios de Puntuación
1	>100 ha de aluvión en la huella de la presa/estructura
2	50 a 100 ha de aluvión o >50 ha de las Fm Las Lagunas y Fms Don Juan/Los Bonitos combinados en la huella de presa/estructura
3	21 a 50 ha de aluvión o 20 a 50 ha de la Fm Las Lagunas y Fms Don Juan/Los Bonitos combinados en la huella de la presa/estructura
4	5 a 20 ha de aluvión o <20 ha de la Fm Las Lagunas y Fm Don Juan/Los Bonitos Fm combinados en la huella de presa/estructura
5	<5 ha de aluvión o <20 ha de las Fm Las Lagunas y Fm Don Juan/Los Bonitos combinados en la huella de presa/estructura

FIGURA 14d. El riesgo de falla es una combinación de las consecuencias de falla y la probabilidad de falla. Las consecuencias de falla para cada una de las alternativas se evaluaron en las subcuentas T2 (ver Fig. 14c) y T3 de la cuenta técnica (ver Fig. 9). La subcuenta T3 tiene en cuenta el potencial de suelos débiles y profundos en los cimientos de la presa y el resto de la instalación. Los apéndices que mostrarían cómo se puntuó cada alternativa se eliminaron del EIA, por lo que el gobierno dominicano o el público dominicano no pueden evaluar la puntuación de las alternativas. Figura de Knight-Piésold Consulting (2022).

Aunque el EIA no proporciona las puntuaciones para las cuentas y subcuentas separadas para cada alternativa, sí establece la ponderación que se asignó a cada cuenta y subcuenta para el cálculo de la puntuación total. A la cuenta socioeconómica se le asignó un peso del 30 %, mientras que a la cuenta técnica se le asignó un peso del 20 %. Las subcuentas SE3 y SE4 tuvieron un peso combinado del 15 % de la cuenta socioeconómica. De manera similar, las subcuentas T2 y T3 tuvieron un peso combinado del 15 % de la cuenta técnica. En resumen, las cuatro subcuentas relacionadas con el riesgo para la vida humana constituyeron sólo el 7,5 % de la puntuación total.

El Diseño de la Nueva Instalación no está Probado

La primera subcuenta T1 dentro de la cuenta técnica está relacionada con la precedencia de la tecnología para el almacenamiento de relaves (ver Fig. 14e). De esta forma, el EIA reconoce la importancia del uso de tecnologías probadas. La puntuación más baja se le daría a “Tecnología que no tiene precedencia en un entorno similar a escala de producción minera o que se ha demostrado que no funciona a escala en un entorno similar; supondría un alto riesgo para una implementación exitosa” (Knight-Piésold Consulting, 2022; ver Fig. 14e). Al igual que con todas las cuentas y subcuentas separadas, no hay indicación de cómo se calificó esta subcuenta para las diversas alternativas.

Tabla 6.5-34: Criterios de Puntuación para T1: Precedencia para la Tecnología de Relaves

Puntuación	Criterios de Puntuación
1	Tecnología que no tiene precedencia en un entorno similar a escala de producción minera o que se ha demostrado que no funciona a escala en un entorno similar; supondría un alto riesgo para una implementación exitosa
2	Tecnología que tiene pocos precedentes en un entorno y una escala de producción minera similares, aunque con un historial de casos limitado; supondría un riesgo significativo para el éxito de la aplicación
3	Tecnología que tiene cierta precedencia en un entorno similar a escala de producción minera, con éxito mixto; seguiría planteando un riesgo moderado para una implementación exitosa, incluso si estuviera respaldada por estudios y diseños de mitigación.
4	Tecnología que tiene cierta precedencia en un entorno similar a escala de producción minera, con buen historial de casos exitosos; se puede aplicar a la implementación exitosa del TSF3, con una probabilidad moderada de éxito respaldada por estudios y diseños de mitigación
5	Tecnología que ha demostrado ser exitosa en una multitud de casos históricos con entorno similar o en la Mina Pueblo Viejo y a la escala de producción de la Mina; se puede aplicar fácilmente a TSF3 con alta probabilidad de implementación exitosa

FIGURA 14e. La primera subcuenta T1 dentro de la cuenta técnica está relacionada con la precedencia de la tecnología para el almacenamiento de relaves. De esta forma, el EIA reconoce la importancia del uso de tecnologías probadas. Por otro lado, la probabilidad de éxito futuro de la propuesta instalación Naranjo se predice con base en el éxito pasado de la instalación El Llagal sin que se presenten otros ejemplos para el uso de esta tecnología. La tabla arriba muestra que la puntuación más alta se puede dar a “Tecnología que ha demostrado ser exitosa en una multitud de casos históricos con entorno similar o en la Mina Pueblo Viejo y a la escala de producción de la Mina ...” En otras palabras, el éxito pasado en la mina Pueblo Viejo es prueba suficiente del éxito futuro, incluso si la tecnología nunca se ha utilizado en ninguna otra mina. Cabe considerar si este último criterio (éxito en la mina Pueblo Viejo) fue agregado con el único propósito de otorgar la mayor puntuación a la alternativa preferida de co-disposición de relaves y roca estéril en una misma instalación con cobertura de agua permanente sobre la roca estéril (Alternativas A-F; ver Fig. 9). Figura de Knight-Piésold Consulting (2022).

Una indicación de cómo se calificó la subcuenta T1 para la alternativa preferida se da en la declaración del EIA de que el diseño de la instalación Naranjo es una tecnología probada. Dado que todas las Alternativas A-F usarían el mismo diseño en diferentes sitios (ver Fig. 9), la misma declaración se aplicaría a todas las seis alternativas. De acuerdo con el EIA, “Los métodos de deposición de los relaves y roca estéril PAG considerados serán similares a los que se usan actualmente en el TSF El Llagal. El diseño del nuevo TSF se apoya en tecnologías probadas de relaves, incluyendo la deposición de relaves de lodo CIL/HDS [Carbón en Lixiviación/Lodos de Alta Densidad] y la descarga subaérea de roca estéril PAG, para luego ser cubierta con los relaves y agua del embalse dentro de un período definido. La roca estéril PAG será almacenada en un estado permanentemente sumergido para mitigar la producción de drenaje ácido de roca a partir de la roca estéril alta en sulfuro” (Knight-Piésold Consulting, 2022). El EIA comparó además otra tecnología no probada con la tecnología probada utilizada en la instalación El Llagal. De acuerdo con el EIA, “La ‘encapsulación’ de PAG en una masa de relaves no saturados aún no se ha demostrado con éxito a escala de campo para minimizar el ARD. (Esto se comparó con la encapsulación comprobada de PAG en pulpa de relaves, que ha demostrado ser exitosa en el TSF existente El Llagal)” (Knight-Piésold Consulting, 2022).

Por lo tanto, la probabilidad de éxito futuro de la instalación propuesta Naranjo se predice con base en el éxito pasado de la instalación El Llagal sin que se presenten otros ejemplos para el uso de esta tecnología. La Fig. 14e muestra que la puntuación más alta se le puede dar a *"Tecnología que ha demostrado ser exitosa en una multitud de casos históricos con entorno similar o en la Mina Pueblo Viejo y a la escala de producción de la Mina ..."* (Knight-Piésold Consulting, 2022). En otras palabras, el éxito pasado en la mina Pueblo Viejo es prueba suficiente del éxito futuro, incluso si la tecnología nunca se ha utilizado en ninguna otra mina. Cabe considerar si este último criterio (éxito en la mina Pueblo Viejo) fue agregado con el único propósito de otorgar la mayor puntuación a la alternativa preferida de co-disposición de relaves y roca estéril en una misma instalación con cobertura de agua permanente sobre la roca estéril (Alternativas A-F; ver Fig. 9).

Sin embargo, el EIA no presenta ninguna evidencia del éxito de la instalación El Llagal ni parece que tal evidencia esté disponible en otros lugares. Aunque la EIS se refiere a la "encapsulación comprobada de PAG en pulpa de relaves", esa encapsulación ocurriría, si es que ocurrió, sólo después del cierre de la instalación El Llagal, por lo que no puede haber evidencia presente de un posible éxito futuro. La evidencia del éxito pasado y presente puede ser en forma de informes de inspecciones anuales de seguridad de presas, informes de revisiones de seguridad de presas o informes de la Comisión Independiente de Revisión de Relaves (CIRP) o del Ingeniero de Registro. Sin dichos informes, el éxito pasado de la instalación El Llagal es sólo una promesa de Barrick Gold, la que es inconsistente con los requisitos de transparencia en el EGGRIM. Los tipos de informes enumerados anteriormente deben incluirse en el Requisito 15.1 del EGGRIM. Además, el Requisito 15.2 exige que las empresas mineras "responder de manera sistemática y oportuna a las solicitudes de información de las partes interesadas y afectadas, y proveer de material informativo importante para la seguridad pública y la integridad de una instalación de relaves" (ICMM-UN-EP-PRI, 2020) sin estipulación de que el material adicional sólo necesita ser en forma de resúmenes. Cabe señalar que, dado que las consecuencias de la falla de la instalación El Llagal han sido calificadas como Extremas, Barrick Gold está obligada a cumplir en su totalidad con los requisitos del EGGRIM con respecto a esa instalación antes de la fecha límite antes mencionada del 5 de agosto de 2023. La Tailings Management Policy [Política de Gestión de Relaves] de Barrick Gold confirma además, sin restricción a las instalaciones de almacenamiento de relaves con consecuencias de falla Muy Altas o Extremas que *"to meet the requirements of our mission statement, we commit to: ... Transparent communication and meaningful engagement with internal and external stakeholders and to respond in a systematic and timely manner to requests for additional information material to public safety and the integrity of our tailings facilities"* [para cumplir con los requisitos de nuestra declaración de misión, nos comprometemos a: ... Comunicación transparente y compromiso significativo con las partes interesadas internas y externas y responder de manera sistemática y oportuna a las solicitudes de información adicional material para la seguridad pública y la integridad de nuestras instalaciones de relaves] (Barrick Gold, 2023b).

El resumen de los informes de seguridad de presas que fue divulgado por Barrick Gold (2023b) el 5 de agosto de 2023 establece en su totalidad: *"The DSI [Dam Safety Inspections] and DSR [Dam Safety Reviews] conducted on the dam revealed no material findings. The comprehensive assessment confirmed that the dam has been well-constructed, meets safety regulations, and adheres to industry best practices. Furthermore, the dam is supported by robust safety documentation. The outcome instills confidence in stakeholders and regulatory authorities, assuring them of the dam's reliability [and] rigorous safety standards"* [Las ISP [Inspecciones de Seguridad de Presas] y las RSP [Revisiones de Seguridad de Presas] realizadas en la presa no revelaron hallazgos importantes. La evaluación integral confirmó que la presa ha sido bien construida, cumple con las regulaciones de seguridad y se adhiere a las mejores prácticas de la industria. Además, la presa está respaldada por una sólida documentación de seguridad. El resultado infunde confianza en las partes interesadas y las autoridades reguladoras, asegurándoles la confiabilidad de la presa [y] los rigurosos estándares de seguridad] (Barrick Gold, 2023b). La cuarta oración del resumen debe considerarse no como parte del resumen, sino como un resumen del resumen. Por lo tanto, el resumen de tres oraciones no contaría como un

resumen adecuado según ningún estándar de docenas de informes, cada uno de los cuales debe contener cientos o miles de páginas. Barrick Gold (2023b) aclarece que *“Material findings are findings that have a high probability of becoming or [being] actual dam safety issues that require immediate attention and are considered immediately dangerous to life, health or the environment, [or constitute] a significant regulatory enforcement”* [Los hallazgos importantes son hallazgos que tienen una alta probabilidad de convertirse o [ser] problemas reales de seguridad de la presa que requieren atención inmediata y se consideran inmediatamente peligrosos para la vida, la salud o el medio ambiente, [o constituyen] una aplicación normativa significativa]. En otras palabras, el resumen simplemente afirma que no se detectaron problemas que pudieran indicar el peligro de una falla inminente de la presa, lo que está lejos de ser una indicación del éxito de una tecnología probada, como se afirma en el EIA. Por el contrario, el EGGRIM definió “importante” de una manera mucho más amplia como “con la importancia suficiente para merecer su atención o que tiene una influencia efectiva o peso en la determinación que es objeto de consideración” (ICMM-UNEP-PRI, 2020). Las citas anteriores de Barrick Gold (2023b) corrigen numerosos errores ortográficos y palabras faltantes en el documento original en inglés, lo que podría ser una indicación de la prisa con la que se escribió el documento.

Aún así, hay dudas sobre la similitud real entre las instalaciones El Llagal y Naranjo. La co-disposición de relaves y roca estéril en la misma instalación fue definitivamente el plan original para la instalación El Llagal. De acuerdo con el EIA de 2005 de la mina Pueblo Viejo por Placer Dome Dominicana (2005), *“En el presente capítulo se describen las directrices para el diseño de las instalaciones de la laguna de colas, el método mediante el cual las colas y el desmonte serán depositados en la laguna, las características de las colas y el sistema de manejo de las mismas”*. Sin embargo, la medida en que la roca estéril se deposita realmente en la instalación El Llagal (a diferencia del vertedero de roca estéril Hondo) no queda clara ni en el Informe Técnico ni en el EIA. De acuerdo con el Informe Técnico, “PAG waste rock from the pits is hauled to dedicated waste dump locations (currently the Hondo dump ... Due to sequencing of the completion of the Lower Llagal TSF and the planned commissioning of the Naranjo TSF, there has been a necessity to store PAG in above-ground dumps temporarily” [La roca estéril PAG desde los tajos se transporta a ubicaciones de vertederos exclusivas (actualmente, el vertedero Hondo) ... Debido a la secuenciación de la finalización de la TSF Bajo Llagal y la puesta en marcha planificada de la TSF Naranjo, ha sido necesario almacenar PAG en vertederos sobre el suelo temporalmente] (Barrick Gold, 2023a). De acuerdo con el EIA, “La sedimentación de material potencialmente generador de ácido en El Llagal se ha limitado desde 2020 y el modelo de balance hídrico asume que no se depositará material potencialmente generador de ácido después de 2022”. La divulgación de Barrick Gold del 5 de agosto de 2023 establece, “The El Llagal TSF is the storage facility for tailings and waste rock at the Pueblo Viejo Project ... The ‘El Llagal’ TSF storage capacity is generated by earth core rockfill dams, which are planned to be built to a crest elevation of 265 m, with a total waste storage volume of 225 Mm³” [La TSF El Llagal es la instalación de almacenamiento de relaves y roca estéril en el Proyecto Pueblo Viejo ... La capacidad de almacenamiento de la TSF ‘El Llagal’ se genera mediante presas de enrocamiento con núcleo de tierra, cuya construcción está prevista a una cota de coronación de 265 m, con un volumen total de almacenamiento de residuos de 225 Mm³] (Barrick Gold, 2023c). La divulgación no revela qué proporciones del volumen planificado serán relaves y roca estéril, las que habrían sido la pieza obvia de información adicional.

El diseño de la instalación Naranjo es, de hecho, bastante inusual y no parece encajar en ninguna de las siete categorías para la co-disposición de relaves y roca estéril en el SME [Tailings Management Handbook](#) (Winkler, 2022; comparar Fig. 8 con Fig. 6). La analogía más cercana al diseño de la instalación Naranjo sería el diagrama más bajo en Fig. 6 en el que el lado derecho de la depresión topográfica se reemplaza por una presa construida (comparar con Fig. 8). El único ejemplo conocido por el autor en el que se deposita roca estéril en el lado aguas arriba de un estanque de relaves es la Operación de Cobre y Oro Phu Kham en Laos (Miller et al., 2012; Hawley y Cumming, 2017; ver Fig. 15). La razón más probable por la que tales diseños son raros es la presa muy grande (tanto en términos de

altura como de longitud) que se requiere para confinar tanto los relaves como la roca estéril en la misma instalación. Como se ha mencionado, la roca estéril generalmente se almacena por separado de los relaves (ya sea como relleno de la mina o como un vertedero de roca estéril sobre el suelo), ya que, a diferencia de los relaves, la roca estéril no requiere una presa para su confinamiento. La decisión de almacenar tanto los relaves como la roca estéril en la misma instalación bien podría ser la razón detrás del muy alto costo proyectado de la instalación Naranjo (ver Fig. 13).



Figura 15.3: (a) Deposición de roca estéril en la instalación de almacenamiento de relaves, (b) empuje de capas de roca estéril hacia el estanque de relaves. Fuente: W Wilson

FIGURA 15. El diseño de la TSF propuesta Naranjo incluye el almacenamiento de relaves en el lado aguas abajo (junto a la presa) y roca estéril potencialmente generadora de ácido (PAG) en el lado aguas arriba (ver Fig. 8). La roca estéril tendría una cubierta de agua permanente para evitar el contacto de la roca estéril con el oxígeno. Como un tipo de instalación co-disposición de relaves y roca estéril, el diseño es muy similar al diagrama inferior de Fig. 6 en el que la pared de la depresión topográfica se reemplaza por una presa construida en el lado derecho. El único otro ejemplo conocido por el autor es la Operación de Cobre y Oro Phu Kham en Laos (que se muestra arriba). Aunque el EIA establece que la TSF existente El Llagal es otro ejemplo del mismo diseño, el Informe Técnico para los inversionistas aclara que la roca estéril ha sido almacenado en el vertedero Hondo, donde está a la espera de ser trasladado a tajo abierto o a la instalación Naranjo, y carece de claridad en cuanto a la cantidad de roca estéril, si es que hay alguna, que se almacena realmente en la instalación El Llagal. Figura de Hawley y Cunning (2017).

Las Consecuencias de Falla han sido Subestimadas

El EIA resumió los resultados del análisis de consecuencias de la falla de la presa de relaves Naranjo por escrito, “La evaluación de impacto preliminar validó los criterios de diseño de la presa como ‘Extrema’ de acuerdo con las pautas de CDA (2013) que se citan en Tabla 5.1” (Knight-Piésold Consulting, 2022). Nada en el EIA explica el significado de consecuencias Extremas y las Dam Safety Guidelines [Directrices de Seguridad de Presas] de la Canadian Dam Association [Asociación Canadiense de Presas] (2013) están disponibles sólo para su compra y sólo en inglés y francés. Las consecuencias Extremas significan que se esperan más de 100 muertes en caso de la falla de la presa de relaves. En términos de “*Environmental and cultural values*” [Valores ambientales y culturales], las consecuencias Extremas significan “*Major loss of critical fish or wildlife habitat*” [Gran pérdida de hábitat **crítico** para peces o vida silvestre] (énfasis en el original) y “*Restoration or compensation in kind impossible*” [Restauración o compensación en especie imposible] (Canadian Dam Association, 2013). En términos de “*Infrastructure and economics*” [Infraestructura y Economía], las consecuencias Extremas significan “*Extreme losses affecting critical infrastructure or services (e.g., hospital, major industrial complex, major storage facilities for dangerous substances)*” [Pérdidas extremas que afectan infraestructura o servicios críticos (por ejemplo, hospitales, grandes complejos industriales, grandes instalaciones de almacenamiento de sustancias peligrosas)] (Canadian Dam Association, 2013). El EIA no da más información sobre cómo llegó a la evaluación de consecuencias Extremas, pero la posición de la instalación Naranjo (así como la instalación El Llagal) cuesta arriba de las comunidades de Las Lagunas y La Cerca, así como gran parte de la infraestructura de la mina (ver Fig. 3) no puede pasarse por alto. En el caso de la falla de la instalación Naranjo, la dirección probable del flujo de relaves será a lo largo del arroyo Vuelta, lo que fluiría debajo de la instalación Naranjo, y lo que llevaría los relaves directamente hacia Las Lagunas y La Cerca y gran parte de la infraestructura de la mina (ver Fig. 3).

El análisis de las consecuencias de la falla de la presa de relaves en el EIA (lo que también está disponible sólo en inglés) predice sólo las profundidades máximas de inundación (hasta 22,4 metros), los caudales pico (hasta 38.700 metros cúbicos por segundo), los tiempos de llegada pico y los tiempos de llegada del frente para varias ubicaciones aguas abajo de la instalación propuesta Naranjo (Knight-Piésold Consulting, 2022). No se consideran los impactos ambientales o socioeconómicos reales, de los cuales sólo una lista parcial podría incluir los siguientes:

1. muertes esperadas y personas gravemente heridas esperadas
2. impactos en la salud humana a corto plazo y a largo plazo
3. impactos en las residencias, las escuelas y los centros de salud
4. impactos en el patrimonio, la recreación, la comunidad y los bienes culturales
5. impactos en la infraestructura económica
6. impactos en las fincas y los ganados
7. impactos en el transporte, incluidos los caminos, los puentes y las vías férreas
8. impactos en los peces y la vida silvestre, incluidos impactos en el hábitat
9. impactos en la calidad del aire y el agua a largo plazo
10. impactos sobre la vida acuática y la ecología en los cuerpos de agua aguas abajo, incluidos los ríos Maguaca y Yuna, así como la Bahía de Samaná (ver Fig. 2)

A diferencia del EIA, la divulgación de Barrick Gold del 5 de agosto de 2023 sí reconoce que, en caso de falla de la instalación El Llagal, “*A dam breach will result in a significant negative impact to the existing flora and fauna in the downstream environment of Maguaca and Yuna rivers ... The rivers impacted by tailings release are Maguaca, this river is the fresh water source for many communities, but the main river impacted is the Yuna. This river is one of the most*

important rivers used for agriculture, fresh water and livestock water source ... The communities directly impacted by the tailings release are Zambrana Arriba, Zambrana Abajo, La Cabirma, Maricao, Cotui. This will impact directly the access roads, churches, hospitals, commercial businesses and family houses ... The economic areas impacted are agriculture and livestock. The Yuna river water is the axis of the economic market in the north-east region. This area is one of the top rice production zones of Dominican Republic [La rotura de una presa tendrá un impacto negativo significativo en la flora y fauna existente en el entorno aguas abajo de los ríos Maguaca y Yuna ... Los ríos afectados por la liberación de relaves son Maguaca, este río es la fuente de agua dulce para muchas comunidades, pero el principal río afectado es el Yuna. Este río es uno de los ríos más importantes utilizados para la agricultura, agua dulce y fuente de agua para el ganado. Las comunidades directamente impactadas por la liberación de relaves son Zambrana Arriba, Zambrana Abajo, La Cabirma, Maricao, Cotuí. Esto impactará directamente las vías de acceso, iglesias, hospitales, negocios comerciales y casas de familia ... Las áreas económicas impactadas son la agricultura y la ganadería. El agua del río Yuna es el eje del mercado económico en la región nororiental. Esta área es una de las principales zonas de producción de arroz de la República Dominicana] (Barrick Gold, 2023c).

Un posible argumento falaz podría ser que la clasificación de las consecuencias sólo se necesita para la determinación de los criterios de diseño. En otras palabras, una presa de relaves diseñada para consecuencias Extremas está diseñada de acuerdo con los estándares más estrictos. De hecho, el Informe Técnico establece, *"The Naranjo TSF dam will be designed for 'Extreme' consequence classification which is consistent with Barrick's Tailings Management Standard (TMS, March 7, 2022) and the Global Industry Standard on Tailings Management (GISTM, August 2020). The dam design meets or exceeds design criteria associated with the "Extreme" consequence classification ..."* [La presa TSF Naranjo se diseñará para la clasificación de consecuencias "Extremas", lo cual es consistente con el Estándar de Gestión de Relaves de Barrick (TMS, 7 de marzo de 2022) y el Estándar Global de Gestión de Relaves para la Industria Minera (EGGRIM, agosto de 2020). El diseño de la presa cumple o supera los criterios de diseño asociados con la clasificación de consecuencia "Extrema" ...] (Barrick Gold, 2023a). Por lo tanto, la cita anterior simplemente afirma que se seguirán los estándares más estrictos sin hacer ninguna predicción sobre las consecuencias ambientales y socioeconómicas reales de la falla de la presa de relaves.

El argumento es falaz porque el EIA no es simplemente una herramienta para la determinación de los criterios de diseño de la presa de relaves. El EIA es una herramienta que el gobierno dominicano y el público dominicano pueden usar para determinar si la aprobación de la instalación propuesta Naranjo sería una decisión prudente. Esa decisión requiere un equilibrio juicioso de los beneficios de una nueva instalación de relaves con los riesgos que impondría una nueva instalación de relaves. El equilibrio antes mencionado debe entenderse en términos de los beneficios y riesgos que experimentaría la República Dominicana, no los beneficios y riesgos desde la perspectiva de una empresa minera extranjera. Debe quedar claro que tomar una decisión prudente requeriría un conocimiento completo de los riesgos ambientales y socioeconómicos reales de una nueva instalación de relaves.

El EIA subestima sistemáticamente las consecuencias de la falla de la presa de relaves de dos maneras significativas. La primera es que no se consideran las consecuencias de la falla simultánea de las presas de relaves El Llagal y Naranjo. El EIA consideró dos escenarios posibles para la falla de la presa de relaves, los cuales eran un escenario de *"Flood-induced (Rainy-day)"* [Inundación Inducida (Día Lluvioso)] y un escenario de *"Fair-weather (Sunny-day)"* [Buen Tiempo (Día Soleado)]. De acuerdo con el EIA, *"Flood-induced dam failures occur during large flood inflow conditions when the pond water level rises above normal operating levels. Given that the New TSF is planned to operate without an emergency spillway, an overtopping failure was considered a credible failure mode during a Probable Maximum Flood (PMF) event ... Fair-weather dam failures are assumed to occur when the pond is at its maximum annual operating level ... A release caused by a foundation failure triggered by an earthquake was assumed as the dominant credible failure mode. Given the proposed geotechnical design of the dam, this potential event has not been modelled as a sudden failure but*

a slumping of the dam to the New TSF pond surface elevation initiating a subsequent overtopping failure" [Las fallas de presas inducidas por inundaciones ocurren durante grandes inundaciones cuando el nivel del agua del estanque sube por encima de los niveles operativos normales. Dado que se planea que la nueva TSF opere sin un aliviadero de emergencia, una falla por desbordamiento se consideró un modo de falla creíble durante un evento de inundación máxima probable (IMP) ... Se supone que las fallas de las presas en buen tiempo ocurren cuando el estanque está en su nivel operativo anual máximo ... Se asumió como modo de falla creíble dominante una liberación causada por una falla de los cimientos provocada por un terremoto. Dado el diseño geotécnico propuesto de la presa, este evento potencial no ha sido modelado como una falla repentina sino como un hundimiento de la presa hasta la elevación de la superficie del estanque de la Nueva TSF que inicia una falla por desbordamiento posterior] (Knight-Piésold Consulting, 2022). En otras palabras, se asumió que la falla de la presa de relaves se iniciaría con un evento de precipitación extrema o un terremoto. Dada la proximidad de las instalaciones El Llagal y Naranjo (ver Fig. 3), es ciertamente creíble que el mismo evento de precipitación extrema o terremoto podría causar la falla simultánea de ambas presas de relaves.

El análisis de las consecuencias de la falla en el EIA estuvo limitado por el modelo numérico, no por el área aguas abajo real que se verá afectada por la falla de la presa de relaves. Por lo tanto, el modelo numérico calculó las profundidades máximas de inundación, los caudales pico, los tiempos de llegada pico y los tiempos de llegada del frente sólo hasta el giro hacia el este del río Yuna donde se une con el río Camú (ver Fig. 2). De acuerdo con el EIA, *"The modelling extent includes the area downstream of the New TSF to just upstream of the confluence with Rio Camu ... The final model outflow boundary is approximately 30 km downstream of the New TSF Dam to just upstream of the confluence with Rio Camu"* [La extensión del modelo incluye el área aguas abajo de la Nueva TSF hasta justo aguas arriba de la confluencia con el río Camu] (Knight-Piésold Consulting, 2022). Es probable que la estimación en el EIA de la cantidad de viviendas y comunidades independientes que se verán afectadas por la falla de la presa de relaves para cada alternativa (ver Figs. 14a-b) también consideró sólo la región entre la instalación Naranjo y justo aguas arriba de la confluencia de los ríos Yuna y Camú (ver Fig. 2), pero esto nunca fue aclarado.

Basado en las Ecs. (1)-(3), una presa de relaves de 157 metros de altura y un volumen de almacenamiento de relaves de 278 millones de metros cúbicos, el escenario más probable después de la falla de la presa será la liberación de 70 millones de metros cúbicos de relaves (25% del volumen almacenado) con una distancia de escorrentía de 227 kilómetros durante el evento inicial. Sin embargo, la distancia desde el sitio de la instalación Naranjo hasta la Bahía de Samaná es de sólo 101 kilómetros (ver Fig. 2). Por lo tanto, no hay necesidad de considerar el peor de los casos (liberación del 100% de los relaves almacenados) o cualquier impacto de los 215 millones de metros cúbicos de roca estéril almacenada en la distancia de escorrentía. Se debe suponer que la inundación de relaves llegará a la Bahía de Samaná durante el evento inicial posterior a la falla de la presa de relaves. No ha habido muchas mediciones de las velocidades de las inundaciones de relaves, pero han oscilado entre 20 y 160 kilómetros por hora (Jeyapalan, 1981). Usando el valor más conservador de 20 kilómetros por hora, la inundación de relaves llegará a la Bahía de Samaná en cinco horas.

No Existe un Plan de Mantenimiento a Largo Plazo de la Instalación

Desde el punto de vista de las comunidades aguas abajo, la parte más importante de cualquier plan para una presa de relaves es el plan para el mantenimiento permanente de la presa de relaves. No importa cuán beneficiosa pueda ser una mina para las comunidades locales y no importa cuánto tiempo la mina pueda estar en operación, el cierre de la mina y sus presas de relaves inicia el largo período de perpetuidad durante el cual la presa de relaves permanece como un peligro permanente para los habitantes aguas abajo. Una característica importante del plan de cierre es la necesidad de una cubierta de agua permanente sobre la roca estéril para evitar su oxidación y la generación de drenaje ácido de mina. Esta cubierta de agua permanente estaría asegurada por la precipitación natural sobre la roca estéril y el ingreso de agua superficial de la cuenca de la instalación Naranjo. Por lo tanto, el primer miembro extremo de preocupación es que, debido a una sequía prolongada, habrá tan poca cobertura de agua que la roca estéril comenzará a oxidarse y se desarrollará drenaje ácido de mina. Esta posibilidad no ha sido discutida en ninguna parte del EIA, lo cual es preocupante, ya que una variedad muy grande de posibles regímenes climáticos es posibles cuando el período de tiempo de consideración es la perpetuidad.

El segundo miembro extremo de preocupación es que, debido a un período húmedo prolongado, se acumulará tanta agua detrás de la presa de relaves que el agua podría fluir sobre la presa con la contaminación de las vías fluviales aguas abajo y con la posible erosión y falla de la presa. El plan es para un período de 10 años de bombeo del agua desde la instalación Naranjo a una planta de tratamiento de agua, seguido de la liberación del agua tratada en el arroyo Naranjo, desde donde el agua fluirá hacia el río Maguaca (ver Fig. 2). Después de 10 años, se permitirá que el agua de la instalación Naranjo se descargue pasivamente en el arroyo Naranjo sin tratamiento. De acuerdo con el EIA, "La planificación del cierre asume que el agua procedente de la TSF y la recuperación de filtraciones serán bombeadas y tratadas en la planta ETP [Planta de Tratamiento de Efluentes] por un largo período de tiempo (cierre activo), y que continuará así hasta que se demuestre que la calidad del agua es adecuada para ser vertida directamente (cierre pasivo) ... Después de un período de aproximadamente 10 años o antes, sujetos a una verificación de la calidad del agua, se permitirá que el estanque descargue pasivamente al arroyo Naranjo" (Knight-Piésold Consulting, 2022). El período de 10 años está respaldado por un modelo de balance de masa química, pero, al igual que con muchos de los modelos utilizados para sacar conclusiones en el EIA, no se proporcionan detalles suficientes para la evaluación del modelo. Sin embargo, diez años parece ser un período muy corto para que se completen todas las reacciones entre la roca estéril y el agua. Es muy importante que no haya un plan sobre qué hacer si el agua en la instalación Naranjo no ha llegado a una calidad de agua aceptable después de 10 años o 20 años o 100 años. Ciertamente, no hay plan ni financiamiento para el tratamiento perpetuo del agua en la instalación Naranjo.

La deficiencia más importante de todas es que no existe un plan ni financiamiento para el mantenimiento permanente de la presa de enrocamiento con núcleo de tierra que se supone que mantendrá todos los relaves, la roca estéril y el agua en su lugar a perpetuidad. La necesidad de mantenimiento permanente de cualquier presa que tenga modos de falla creíbles se revisó en la subsección anterior "Presas de Relaves vs. Presas de Retención de Agua". Esta misma necesidad incluso se confirma en el Tailings Management Standard [Estándar de Gestión de Relaves] de Barrick Gold (Barrick Gold, 2012). Para la fase de cierre, el Tailings Management Standard distingue entre "Active Care" [Cuidado Activo] durante el cual "*activities primarily include regular monitoring and inspections of performance as the TSF proceeds to steady-state conditions, with routine maintenance and water management as required*" [las actividades incluyen principalmente el monitoreo regular y las inspecciones de desempeño regulares a medida que la TSF avanza a condiciones de estado estable, con mantenimiento de rutina y gestión del agua según sea necesario] y "Passive Care" [Cuidado Pasivo] durante el cual "*activities include monitoring and inspections at a reduced frequency and few maintenance requirements, reflective of the TSF being near or at steady-state conditions*" [las

actividades incluyen monitoreo e inspecciones a una frecuencia reducida y pocos requisitos de mantenimiento, lo que refleja que la TSF está cerca o en condiciones de estado estable] (Barrick Gold, 2012). Nada en el Tailings Management Standard (Barrick Gold, 2012) da alguna indicación de que la fase de cuidado pasivo termine alguna vez. Con base en la discusión anterior del plan de tratamiento de agua, la fase de cuidado pasivo parecería comenzar 10 años después del cese de la deposición de residuos de mina en la instalación Naranjo y continuará a perpetuidad. Para relaves con consecuencias de fallas en la categoría Extremas, incluso durante el período indefinido de cuidado pasivo, el Tailings Management Standard requiere inspecciones de rutina dos veces al año, inspecciones de seguridad de presas una vez al año, revisiones de seguridad de presas una vez cada 10 años, y revisiones de terceros independientes y auditorías de aseguramiento “*as required*” [según se requieran] (Barrick Gold, 2023c). Sin embargo, el EIA no proporciona información sobre cómo Barrick Gold planea llevar a cabo estas inspecciones y revisiones a perpetuidad o cómo planea tomar las acciones apropiadas a perpetuidad en respuesta a estas inspecciones y revisiones. Una discusión de los planes y el financiamiento del monitoreo, inspección, mantenimiento y revisión a largo plazo de las presas de relaves, así como el tratamiento del agua a largo plazo, debe ser una característica crítica y requerida de la próxima versión del EIA.

Conclusiones en Resumen

En esta sección se repiten las preguntas de la sección "Metodología" con respuestas muy breves. Se pueden encontrar respuestas más detalladas en la sección "Respuestas" anterior.

1. ¿El EIA está completo con suficiente información para una evaluación completa por parte del gobierno dominicano y el público dominicano?

No, el EIA no está completo. Muchos datos importantes están contenidos en documentos que aún no se han escrito, muchas secciones importantes (como el análisis de las consecuencias de la falla de la presa de relaves) están disponibles sólo en inglés, y la puntuación de las diversas cuentas y subcuentas para el análisis de cuentas múltiples (análisis de alternativas multicriterio) falta por completo.

2. ¿El EIA consideró adecuadamente la alternativa de relleno de los tajos abiertos agotados y las canteras agotadas?

No, la alternativa de relleno de los tajos abiertos agotados y las canteras agotadas se descartó sin una consideración seria, aunque tal consideración es un requisito del Estándar Global de Gestión de Relaves para la Industria Minera (EGGRIM) y Barrick Gold ha ganado un premio por el relleno del tajo abierto. Todos los relaves y roca estéril que están designados para la nueva instalación podrían rellenarse en los tajos abiertos y canteras disponibles por menos del 35 % del costo de construcción de una nueva instalación de almacenamiento sobre el suelo, sin tener en cuenta los costos de operación y mantenimiento a largo plazo de una instalación sobre el suelo.

3. ¿Resultó el análisis de alternativas en el EIA en la elección de la alternativa más segura?

No, no hay indicios de que el análisis de cuentas múltiples haya resultado en la elección de la alternativa más segura. Las cuatro subcuentas relacionadas con el riesgo para la vida humana constituyeron sólo el 7,5 % de la puntuación total y, según el EGGRIM y muchos documentos de orientación, el costo del proyecto ni siquiera debería haber sido una de las cuentas.

4. ¿Se ha probado adecuadamente el diseño de la instalación propuesta Naranjo?

No, el diseño de la instalación propuesta Naranjo no se ha probado adecuadamente. No está claro que la instalación existente El Llagal sea análoga a la instalación propuesta y no hay evidencia del éxito de la instalación El Llagal.

5. ¿El EIA incluye un análisis adecuado de las consecuencias de la falla de la presa?

No, el EIA no incluye un análisis adecuado de las consecuencias de la falla de la presa. El análisis no considera la falla simultánea de las instalaciones El Llagal y Naranjo, considera impactos sólo 30 kilómetros aguas abajo y sólo profundidades máximas de inundación, caudales pico, tiempos de llegada pico y tiempos de llegada frontal, sin considerar los impactos ambientales y socioeconómicos reales. Basado en fallas pasadas de presas de relaves, la inundación de relaves llegará a la Bahía de Samaná en menos de cinco horas.

6. ¿El EIA incluye un plan adecuado para el mantenimiento a largo plazo de la instalación de Naranjo después del cierre de la mina?

No, el EIA no incluye ningún plan para el tratamiento de agua por más de 10 años y ningún plan para las inspecciones, monitoreo, mantenimiento y revisiones a largo plazo de la presa de relaves, a pesar de que tales inspecciones y revisiones son requeridas el Tailings Management Standard [Estándar de Gestión de Relaves] de Barrick Gold.

Recomendaciones

La recomendación de este informe es que el EIA debe ser reescrito con especial atención a lo siguiente:

1. Todas las especificaciones relevantes deben estar disponibles en el EIA sin referencias a documentos que no han sido escritos.
2. El EIA completo debe estar disponible en español.
3. Se deberán incluir los anexos que establezcan y justifiquen la puntuación de las cuentas y subcuentas para cada una de las alternativas.
4. El relleno de los tajos abiertos debe considerarse plenamente como una de las alternativas.
5. Se debe proporcionar un balance de masa completo, preciso y consistente para el mineral, los relaves, la roca estéril y la piedra caliza, desde el comienzo hasta el cese planificado de la extracción.
6. La selección del sitio preferido debe basarse en un conocimiento más profundo de los cimientos en cada sitio.
7. El costo no debe ser un factor en la selección de la alternativa preferida.
8. Deben incluirse los informes (tales como inspecciones de seguridad de presas, revisiones de seguridad de presa e informes de CIRR) que justifiquen el éxito de la instalación existente El Llagal.
9. Se debe analizar la experiencia pasada de toda la industria con el diseño de la instalación propuesta.
10. El análisis de las consecuencias de la falla de presa debe considerar la falla simultánea tanto de la instalación existente como de la propuesta.
11. El análisis de las consecuencias de la falla de la presa debe considerar las consecuencias ambientales y socioeconómicas de la falla.
12. El análisis de las consecuencias de la falla de la presa debe considerar todos los impactos que ocurrirán entre las instalaciones y el mar.
13. Debe haber planes y discusiones sobre el financiamiento para el tratamiento de agua a largo plazo y para el monitoreo, la inspección, el mantenimiento y la revisión a largo plazo de las presas de relaves.
14. El EIA revisado debe ser totalmente consistente con el Informe Técnico proporcionado a los inversionistas.

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, incluida la enseñanza como profesor Fulbright en Ecuador y Nepal, y tiene más de 70 publicaciones revisadas por expertos en estas áreas. Desde 2018 Dr. Emerman ha sido el propietario de Malach Consulting, la cual se especializa en evaluar los impactos ambientales de la minería para las empresas mineras, así como para agencias gubernamentales y no gubernamentales. El Dr. Emerman ha evaluado instalaciones de almacenamiento de relaves propuestas y existentes en Norteamérica, Sudamérica, Europa, África, Asia y Oceanía, y ha testificado sobre cuestiones relacionadas con la minería y el agua ante el Subcomité de Pueblos Indígenas de los Estados Unidos de la Cámara de Representantes de los E.E. U.U., el Parlamento Europeo, el Foro Permanente para las Cuestiones Indígenas de las Naciones Unidas, y la Asamblea de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente. El Dr. Emerman es el presidente del Subcomité de Cuerpo de Conocimientos de la Sociedad de Presas de EE. UU. y es uno de los autores de [La Seguridad Ante Todo: Lineamientos para el Manejo Responsable de Relaves.](#)

Referencias

Andrews, J., P. Crouse, M. Henderson, G. McKenna, N. Slingerland, D.J. Williams, y K.F. Morrison, 2022. Chapter 16—Closure planning and landform design [Capítulo 16—Planificación del cierre y diseño del relieve]: En K.F. Morrison (Ed.), Tailings management handbook—A life-cycle approach [Manual de gestión de relaves—Un enfoque de ciclo de vida] (pp. 235-276), Society for Mining, Metallurgy and Exploration [Sociedad de Minería, Metalurgia y Exploración], Englewood, Colorado, 1004 p.

Aparicio, M., 2022. Case Study 22—Open pit co-deposition closure backfill, Marlin mine, San Marcos, Guatemala [Estudio de Caso 22—Relleno de cierre de co-deposición de tajo abierto, mina Marlin, San Marcos, Guatemala]: En K.F. Morrison (Ed.), Tailings management handbook—A life-cycle approach [Manual de gestión de relaves—Un enfoque de ciclo de vida] (pp. 935-937), Society for Mining, Metallurgy and Exploration [Sociedad de Minería, Metalurgia y Exploración], Englewood, Colorado, 1004 p.

Arcadis, 2015. In-pit disposal of reactive mine wastes—Approaches, update and case study results [Disposición en tajo abierto de residuos de mina reactivos—Enfoques, actualización y resultados de estudios de caso]: Informe a Mine Environment Neutral Drainage (MEND) [Programa de drenaje neutral del medio minero] 2.36.1b, 250 p. Disponible en línea en: <http://mend-nedem.org/wp-content/uploads/2.36.1b-In-Pit-Disposal.pdf>

BAPE (Bureau d'audiences publiques sur l'environnement [Oficina de Audiencias Públicas sobre el Medio Ambiente]), 2009. Rapport 260—Projet minier aurifère Canadian Malartic [Informe 260—Proyecto de extracción de oro Canadian Malartic]: Rapport d'enquête et d'audience publique [Informe de Investigación y Audiencia Pública], julio de 2009, 161 p. Disponible en línea en: <http://voute.bape.gouv.qc.ca/dl/?id=00000058281>

BAPE (Bureau d'audiences publiques sur l'environnement [Oficina de Audiencias Públicas sobre el Medio Ambiente]), 2014. Rapport 309—Projet d'exploitation du gisement de nickel Dumont à Launay [Informe 309—Proyecto de explotación del yacimiento de níquel Dumont en Launay]: Rapport d'enquête et d'audience publique [Informe de Investigación y Audiencia Pública], septiembre de 2014, 167 p. Disponible en línea en: <http://voute.bape.gouv.qc.ca/dl/?id=00000058861>

BAPE (Bureau d'audiences publiques sur l'environnement [Oficina de Audiencias Públicas sobre el Medio Ambiente]), 2016. Rapport 327—Projet d'agrandissement de la mine aurifère Canadian Malartic et de déviation de la route 117 à Malartic [Informe 327—Proyecto de expansión de la mina de oro Canadian Malartic y proyecto de desvío de la autopista 117 en Malartic]: Rapport d'enquête et d'audience publique [Informe de Investigación y Audiencia Pública], octubre de 2016, 329 p. Disponible en línea en: <http://voute.bape.gouv.qc.ca/dl/?id=00000059071>

BAPE (Bureau d'audiences publiques sur l'environnement [Oficina de Audiencias Públicas sobre el Medio Ambiente]), 2020. Rapport 353—Projet minier Matawinie à Saint-Michel-des-Saints [Informe 353—Proyecto minero Matawinie en Saint-Michel-des-Saints]: Rapport d'enquête et d'audience publique [Informe de Investigación y Audiencia Pública], junio de 2020, 296 p. Disponible en línea en: <https://voute.bape.gouv.qc.ca/dl/?id=00000143861>

Barrick Gold, 2012. Tailings Management Standard, Revision 2 [Estándar de Gestión de Relaves, Revisión 2: Document Reference—BCG-MI-ST-01, Original Issue Date—August 9, 2012, Effective Date—March 7, 2022 [Referencia del Documento—BCG-MI-ST-01, Fecha de Emisión Original—9 de agosto de 2012—Fecha de Vigencia—7 de marzo de 2022, 45 p. Disponible en línea en: https://s25.q4cdn.com/322814910/files/doc_downloads/gov_docs/policies/Tailings_Management_Standard.pdf

Barrick Gold, 2018. Keeping Bullfrog above Water—A Case Study in Mine Closure at the Bullfrog Mine in Nevada [Mantener a Bullfrog por encima del Agua—Un Estudio de Caso sobre el Cierre de Mina en la Mina Bullfrog en Nevada: 4 de abril de 2018. Disponible en línea en: <https://www.barrick.com/news/news-details/2018/keeping-bullfrog-above-water/default.aspx>

Barrick Gold, 2021a. Nevada Gold Mines—May 2021—Investor Day [Minas de Oro de Nevada—Mayo de 2021—Día del Inversionista], 82 p. Disponible en línea en: https://s25.q4cdn.com/322814910/files/doc_presentations/2021/NGM_Investor_Day_2021.pdf

Barrick Gold, 2021b. Golden Sunlight mine—A case study for tailings reprocessing as a closure strategy [Mina Golden Sunlight—Un estudio de caso para el reprocesamiento de relaves como estrategia de cierre]: Preparado por C. Buus (GM Mina Golden Sunlight), BC MEND ML/ARD (British Columbia Mine Environment Neutral Drainage Metal Leaching / Acid Rock Drainage [Drenaje Neutral del Medio Minero de la Columbia Británica Lixiviación de Metales / Drenaje Ácida de Roca]), 7 de diciembre de 2021, 17 p. Disponible en línea en: <https://bc-mlard.ca/files/presentations/2021-5-BUUS-golden-sunlight-mine-reprocessing.pdf>

Barrick Gold, 2022a. Tailings Storage Facility Inventory—As of October 27, 2022 [Inventario de las Instalaciones de Almacenamiento de Relaves—Al 27 de octubre de 2022. Disponible en línea en: https://www.barrick.com/files/doc_downloads/sustainability/Tailings_Storage_Facility_Inventory.xlsx

Barrick Gold, 2022b. Technical Report on the Kibali Gold mine, Democratic Republic of the Congo [Informe Técnico sobre la mina de oro Kibali, República Democrática del Congo]: Preparado por Quick, R.B., S. Bottoms, C. Hobbs, G.E. Trusler, T. Mahlangu, S. Gillespie, y I. Traore, 18 de marzo de 2022, fecha efectiva 31 de diciembre de 2021, 478

p. Disponible en línea en: https://s25.q4cdn.com/322814910/files/doc_downloads/operations/kibali/Barrick_Kibali_Technical_Report_2022.pdf

Barrick Gold, 2023a. Technical Report on the Pueblo Viejo mine, Dominican Republic [Informe Técnico de la mina Pueblo Viejo, República Dominicana]: Preparado por Yuhasz, C., R. Quarmby, M. Saarelainen, N. Bar, y B. Burton, 17 de marzo de 2023, fecha efectiva 31 de diciembre de 2022, 278 p. Disponible en línea en: https://s25.q4cdn.com/322814910/files/doc_downloads/operations/pueblo_viejo/Pueblo_Viejo_Technical_Report_2023.pdf

Barrick Gold, 2023b. Tailings Management Policy [Política de Gestión de Relaves], 3 p. Disponible en línea en: https://s25.q4cdn.com/322814910/files/doc_downloads/gov_docs/policies/Tailings_Management_Policy.pdf

Barrick Gold, 2023c. GISTM Principle 15 – August 2023 Public Disclosure—Pueblo Viejo Mine—El Llagal TSF [Principio 15 del EGGRIM –Divulgación Pública de Agosto de 2023—Mina Pueblo Viejo—TSF El Llagal: 5 de agosto de 2023, 12 p. Disponible en línea en: https://s25.q4cdn.com/322814910/files/doc_downloads/gistm/PV_El_LlagalTSF_GISTM_Principle15_230801.pdf

Canadian Dam Association [Asociación Canadiense de Presas], 2013. Dam safety guidelines 2007 (2013 edition) [Directrices de seguridad de presas 2007 (edición 2013)], 88 p.

Canadian Dam Association [Asociación Canadiense de Presas], 2019. Application of dam safety guidelines to mining dams (2019 edition) [Aplicación de directrices de seguridad de presas a presas mineras (edición 2019)], 61 p.

Canadian Environmental Assessment Agency [Agencia Canadiense de Evaluación Ambiental], 2015. Dumont nickel mine project—Comprehensive study report [Proyecto de la mina de níquel Dumont—Informe de estudio completo], 93 p. Disponible en línea en: <https://iaac-aeic.gc.ca/050/documents/p66976/101646E.pdf>

Davies, M.P., 2002. Tailings impoundment failures—Are geotechnical engineers listening? [Fallas de confinamiento de relaves—¿Los ingenieros geotécnicos están prestando atención?]: Geotechnical News [Noticias Geotécnicas], noviembre de 2002, pp. 31-36.

Department of Conservation (California (USA)) [Departamento de Conservación (California (EE. UU.))], 2003. California Code of Regulations (CCR) §3704.1. Metallic mine backfill regulations explained [Código de Regulaciones de California (CCR) §3704.1. Explicación de las regulaciones de relleno de minas metálicas: State Mining and Geology Board [Junta Estatal de Minería y Geología], 4 p. Disponible en línea en: <https://www.conservation.ca.gov/smgb/Documents/SMARA%20Reform/Package-11/CCR%20C2%A73704.1%20Explained.pdf>

Department of Conservation (California (USA)) [Departamento de Conservación (California (EE. UU.))], 2007. Report on backfilling of open-pit metallic mines in California [Informe sobre relleno de minas metálicas a cielo abierto en California]: State Mining and Geology Board Information Report 2007-02 [Informe de Información de la Junta Estatal de Minería y Geología 2007-02], 29 p. Disponible en línea en: https://www.conservation.ca.gov/smgb/reports/Documents/Information_Reports/SMGB%20IR%202007-02.pdf

Dufayard, J., R.E. Vivas, y C. Goldsmith, 2020. Dump planning optimization with environmental constraints [Optimización de la planificación de vertederos con restricciones ambientales]: Mining Engineering [Ingeniería Minera], vol. 72, pp. 28-31.

Environment Canada [Medio Ambiente Canadá], 2013. Guidelines for the assessment of alternatives for mine waste disposal [Directrices para la evaluación de alternativas para la disposición de residuos de mina]: Mining and Processing Division [División de Minería y Procesamiento], julio de 2013, 45 p. Disponible en línea en: <https://mining.ca/resources/guides-manuals/guidelines-for-the-assessment-of-alternatives-for-mine-waste-disposal/>

Esford, B. y S. Donald, 2022. Case Study 36—Tailings deposition in open pits at Cameco’s Key Lake and Rabbit Lake in-pit facilities, northern Saskatchewan, Canada [Estudio de Caso 36— Deposición de relaves en tajos abiertos en las instalaciones dentro del tajo Key Lake y Rabbit Lake de Cameco, en el norte de Saskatchewan, Canadá]: En K.F. Morrison (Ed.), Tailings management handbook—A life-cycle approach [Manual de gestión de relaves—Un enfoque de ciclo de vida] (pp. 973-974), Society for Mining, Metallurgy and Exploration [Sociedad de Minería, Metalurgia y Exploración], Englewood, Colorado, 1004 p.

ESRI, 2021. Dominican Republic Provincia Boundaries 2020 [Fronteras Provinciales de República Dominicana 2020]. Disponible en línea en: (arcgis.com)

Gabora, M. y M. Fuller, 2022. Chapter 7—In-pit tailings management [Capítulo 7—Gestión de relaves en el tajo abierto]: En K.F. Morrison (Ed.), Tailings management handbook—A life-cycle approach [Manual de gestión de relaves—Un enfoque de ciclo de vida] (pp. 109-120), Society for Mining, Metallurgy and Exploration [Sociedad de Minería, Metalurgia y Exploración], Englewood, Colorado, 1004 p.

Golder Associés Ltée, 2009. Évaluation du temps de remplissage de la fosse en conditions de fermeture – Projet Canadian Malartic – Malartic, Québec [Evaluación del tiempo de relleno del tajo en condiciones de cierre – Canadian Malartic Project – Malartic, Quebec]: Proyecto No: 07-1221-0028-2000-2402, 25 de marzo de 2009, 14 p. Disponible en línea en: http://archives.bape.gouv.qc.ca/sections/mandats/Mines_Malartic/documents/DA17.1.pdf

Gowan, M., M. Lee, M y D.J. Williams, 2010. Co-disposal techniques that may mitigate risks associated with storage and management of potentially acid generating wastes [Técnicas de co-disposición que pueden mitigar los riesgos asociados con el almacenamiento y la gestión de residuos potencialmente generadores de ácido]: En Jewell, R. y A.B. Fourie (Eds.), Mine Waste 2010—Proceedings of the First International Seminar on the Reduction of Risk in the Management of Tailings and Mine Waste, Australian Centre for Geomechanics, Perth [Residuos de Mina 2010— Actas del Primer Seminario Internacional sobre la Reducción del Riesgo en la Gestión de Relaves y Residuos de Mina, Centro Australiano de Geomecánica, Perth], pp. 389-404. Disponible en línea en: https://papers.acg.uwa.edu.au/p/1008_33_Gowan/

Hawley, M. y Cunning, J., 2017. Guidelines for mine waste dump and stockpile design [Directrices para el diseño de vertederos y pilas de acopio de residuos de mina]: CSIRO Publishing, 385 p. Disponible en línea en: <https://siaia.apambiente.pt/AIA.aspx?ID=3353>

Hopkins, A. y D. Kemp, 2021. Credibility crisis—Brumadinho and the politics of mining industry reform [Crisis de credibilidad—Brumadinho y la política de reforma de la industria minera]: Wolters Kluwer, 176 p.

HydroSHEDS, 2023. HydroRivers Versión 1.0. Disponible en línea en: <https://hydrosheds.org/page/hydrorivers>

ICMM (International Council on Mining & Metals), 2021. Conformance Protocols—Global Industry Standard on Tailings Management [Protocolos de Conformidad—Estándar Global de Gestión de Relaves para la Industria Minera], 110 p. Disponible en línea en: https://www.icmm.com/website/publications/pdfs/environmental-stewardship/2021/tailings_conformance-protocols.pdf?cb=21097

ICMM (International Council on Mining & Metals [Consejo Internacional de Minería y Metales]), 2023. Our Members [Nuestros Miembros]. Disponible en línea en: <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 [Consejo Internacional de Minería y Metales-Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente-Principios para la Inversión Responsable), 2020. Estándar global de gestión de relaves para la industria minera—Agosto de 2020, 42 p. Disponible en línea en: https://globaltailingsreview.org/wp-content/uploads/2020/08/global-industry-standard_ES.pdf

Independent Expert Engineering Investigation and Review Panel [Investigación de Ingeniería y Panel de Revisión de Expertos Independientes], 2015a. 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>

Independent Expert Engineering Investigation and Review Panel Panel [Investigación de Ingeniería y Panel de Revisión de Expertos Independientes], 2015b. Report on Mount Polley Tailings Storage Facility breach—Appendix I—Attachments [Informe sobre la brecha de la Instalación de almacenamiento de relaves Mount Polley—Anexo I—Archivos Adjuntos]: Informe a Ministry of Energy and Mines and Soda Creek Indian Band [Ministerio de Energía y Minas y Tribu India Soda Creek], 23 p. Disponible en línea en: https://www.mountpolleyreviewpanel.ca/sites/default/files/report/AppendixI_Attachments.pdf

International Institute for Sustainable Development [Instituto Internacional para el Desarrollo Sostenible], 2002. Mining for the future—Appendix A—Large volume waste—Working Paper [Minería para el futuro—Apéndice A—Residuos de gran volumen—Documento de Trabajo]: Informe preparado para el Mining, Minerals and Sustainable Development Project [Proyecto de Minería, Metales y Desarrollo Sostenible], 55 p. Disponible en línea en: <https://www.iied.org/sites/default/files/pdfs/migrate/G00883.pdf>

Jeyapalan, J.K., 1981. Flow failures of some mine tailings dams [Fallas de flujo de algunas presas de relaves mineros]: Geotechnical Engineering [Ingeniería Geotécnica], vol. 12, pp. 153-166.

Johnson, B. y K.C. Carroll, 2007. Waste rock backfill of open pits—Design, optimization, and modelling considerations [Relleno de roca estéril de tajos abiertos—Consideraciones de diseño, optimización y modelado]: Mine Closure 2007 [Cierre de Mina 2007], 14 p. Disponible en línea en: https://www.researchgate.net/publication/281684538_Waste_Rock_Backfill_of_Open_Pits_Design_Optimisation_and_Modelling_Considerations

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-Piésold Consulting, 2022. Estudio de Impacto Ambiental de la nueva facilidad de co-disposición de relaves y roca estéril para la mina Pueblo Viejo—Código 20416: Preparado por Pueblo Viejo Dominicana Jersey 2 Limited, Proyecto No. LI202-00577/01A, Revisión 0, octubre de 2022, 8773 p.

Larrauri, P.C. y U. Lall, 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 [Ambientes], vol. 5. Disponible en línea en: [doi:10.3390/environments5020028](https://doi.org/10.3390/environments5020028)

LégisQuébec, 2020. Chapter M-13.1—Mining Act [Capítulo M-13.1—Ley de Minería]. Disponible en línea en: <http://legisquebec.gouv.qc.ca/en/ShowDoc/cs/M-13.1>

Maest, A.S., J.R. Kuipers, C.L. Travers, y D.A. Atkins, 2005. Predicting water quality at hardrock mines—Methods and models, uncertainties, and state-of-the-art [Predicción de la calidad del agua en minas de roca dura—Métodos y modelos, incertidumbres y tecnología de punta]: Buka Environmental y Kuipers & Associates, Informe a Earthworks, 90 p. Disponible en línea en: <https://earthworks.org/cms/assets/uploads/archive/files/publications/PredictionsReportFinal.pdf>

Malgesini, M. y P. Chapman, 2022. Chapter 13—Site and technology selection studies [Capítulo 13—Estudios de selección de sitios y tecnología]: En K.F. Morrison (Ed.), Tailings management handbook—A life-cycle approach [Manual de gestión de relaves—Un enfoque de ciclo de vida] (pp. 181-210), Society for Mining, Metallurgy and Exploration [Sociedad de Minería, Metalurgia y Exploración], Englewood, Colorado, 1004 p.

McCann, S., 2022. Case Study 9—Design and closure considerations, Bunkers Hill in-pit tailings storage facility, Tanami Operations, Northern Territory, Australia [Estudio de Caso 9—Consideraciones de diseño y cierre, instalación de almacenamiento de relaves en el tajo abierto Bunkers Hill, Operaciones Tanami, Territorio del Norte, Australia]: En K.F. Morrison (Ed.), Tailings management handbook—A life-cycle approach [Manual de gestión de relaves—Un enfoque de ciclo de vida] (pp. 896-898), Society for Mining, Metallurgy and Exploration [Sociedad de Minería, Metalurgia y Exploración], Englewood, Colorado, 1004 p.

MEND (Mine Environment Neutral Drainage [Drenaje Neutral del Medio Minero]), 1995. Review of in-pit disposal practices for the prevention of acid drainage - case studies [Revisión de las prácticas de disposición en tajos abiertos para la prevención del drenaje ácido - estudios de casos]: Informe MEND 2.36.1, 323 p. Disponible en línea en: <http://mend-nedem.org/wp-content/uploads/2013/01/2.36.1.pdf>

Miller, S., T. Rowles, J. Millgate, J. Pellicer, L. Morris, y J. Gaunt, 2012. Integrated acid rock drainage management at the Phu Kham Copper Gold Operation in Lao PDR [Gestión integrada de drenaje ácido de roca en la Operación de Cobre y Oro Phu Kham en Lao RDP]: En Price, W.A., C. Hogan, y G. Tremblay, Proceedings of the Ninth International Conference on Acid Rock Drainage [Actas de la Novena Conferencia Internacional sobre Drenaje Ácido de Roca], 20-26 de mayo de 2012, Ottawa, Golder Associates Ltd, Kanata, Ontario, Canadá, pp. 615–627.

Mine Canadian Malartic, 2016. Projet d'agrandissement de la mine aurifère Canadian Malartic et de déviation de la route 117 à Malartic—Réponses aux questions complémentaires du 28 juin 2016 (DQ2, nos 1 à 9) [Proyecto de expansión de la mina de oro Canadian Malartic y proyecto de desvío de la autopista 117 en Malartic— Respuestas a preguntas adicionales del 28 de junio de 2016 (DQ2, nos. 1 to 9)], 14 p. Disponible en línea en: https://archives.bape.gouv.qc.ca/sections/mandats/mine_aurifere_malartic/documents/DQ2.3.pdf

Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles [Ministerio de Energía y Recursos Naturales] (Quebec), 2017. Guide de préparation du plan de réaménagement et de restauration des sites miniers au Québec [Guía para preparar el plan de rehabilitación y restauración de sitios mineros en Quebec], 82 p. Disponible en línea en: https://mern.gouv.qc.ca/wp-content/uploads/guide_reamenagement_restauracion.pdf

Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles [Ministerio de Energía y Recursos Naturales] (Quebec), 2018. Proposed extension of the Canadian Malartic gold mine—Summary document [Ampliación propuesta de la mina de oro Canadian Malartic—Documento resumido], 18 p. Disponible en línea en: <https://mern.gouv.qc.ca/wp-content/uploads/ang-DO-Synthese-Malartic.pdf>

Ministry of Energy and Mines (British Columbia) [Ministerio de Energía y Minas (Columbia Británica)], 2016. Guidance document—Health, safety and reclamation code for mines in British Columbia [Documento de orientación—Código de salud, seguridad y recuperación para minas en la Columbia Británica], Versión 1.0: Victoria, Columbia Británica, actualizado julio de 2016, 37 p. Disponible en línea en: 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

Montana Exploradora de Guatemala, S.A., 2012. Environmental impact assessment study—Marlin dump and pit closure plan—February, 2012—Executive summary [Estudio de evaluación de impacto ambiental—Plan de cierre de vertedero y tajo Marlin—febrero de 2012—Resumen ejecutivo], 18 p. Disponible en línea en: <https://s3.amazonaws.com/rgi-documents/1e0bbc9af701591f3f4dbd69789765f3d7f7af90.pdf>

Morrill, J., D. Chambers, S. Emerman, R. Harkinson, J. Kneen. U. Lapointe, A. Maest, B. Milanez, P. Personius, P. Sampat, y R. Turgeon, 2022. La seguridad ante todo— Lineamientos para el manejo responsable de relaves: Earthworks, MiningWatch Canada, y London Mining Network: Versión 2.0, mayo de 2022, 55 p. Disponible en línea en: <https://earthworks.org/wp-content/uploads/2022/09/La-seguridad-ante-todo-2da-vers..pdf>

Mudd, G.M, H.D. Smith, G. Kyle, y A. Thompson, 2011. In-Pit tailings – World's best practice for long-term management of tailings [Relaves en tajo abierto – La mejor práctica mundial para la gestión a largo plazo de relaves]: Metallurgical Plant Design and Operating Strategies [Diseño de Plantas Metalúrgicas y Estrategias Operativas] (MetPlant 2011), 8 - 9 de agosto de 201, Perth, WA, pp. 391-404.

Nassar, N.T., G.W. Lederer, J.L. Brainard, A.J. Padilla, y J.D. Lessard, 2022. Rock-to-metal ratio—A foundational metric for understanding mine wastes [Relación roca-metal—Una métrica fundamental para comprender los residuos de mina]: Environmental Science & Technology [Ciencia y Tecnología Ambiental], vol. 56, pp. 6710-6721. Disponible en línea en: <https://pubs.acs.org/doi/epdf/10.1021/acs.est.1c07875>

Nassar, N.T., G.W. Lederer, J.L. Brainard, A.J. Padilla, y J.D. Lessard, 2022b. Supporting information for Rock-to-metal ratio—A foundational metric for understanding mine wastes [Información de apoyo para Relación roca-metal—Una métrica fundamental para comprender los residuos de mina]: Environmental Science & Technology [Ciencia y Tecnología Ambiental], vol. 56, pp. 6710-6721. Disponible en línea en: <https://pubs.acs.org/doi/epdf/10.1021/acs.est.1c07875>

Nevada (USA) Division of Minerals [División de Minerales de Nevada (EE. UU.)], 2021. Nevada Excellence in Mine Reclamation Awards [Excelencia en Recuperación de Minas de Nevada] 1991-2021, 3 p. Disponible en línea en: https://minerals.nv.gov/uploadedFiles/mineralsnvgov/content/Programs/Mining/20211023_ExcelsenceMineReclamListing.pdf

Nevada Legislature (USA) [Legislatura de Nevada (EE. UU.)], 2023. AB313. Disponible en línea en: <https://www.leg.state.nv.us/App/NELIS/REL/82nd2023/Bill/10165/Overview>

Nouveau Monde Graphite, 2018. NI 43-101 Updated technical pre-feasibility study report for the Matawinie Graphite project—Final report [Informe de estudio de pre-factibilidad técnica actualizado para el proyecto Matawinie Graphite—Informe final]: Met-Chem y DRA Proyecto No. I01790, 367 p. Disponible en línea en: <https://nouveau monde.ca/wp-content/uploads/2018/10/I01790-PFS-Update-43101-FINAL.pdf>

Oates, T., 2010. Lime and limestone [Cal y piedra caliza]: En Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology [Enciclopedia de tecnología química de Kirk-Othmer], 17 de septiembre de 2010. Disponible en línea en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/0471238961.1209130507212019.a01.pub3>

Painchaud, J.-F., P. Gomes, A.H. Zamani, y F. Lessard, 2022. Case Study 16—Integrated waste rock deposition at the Élénore mine tailings storage facility to improve geotechnical stability and facilitate site drainage, James Bay, Quebec, Canada [Estudio de caso 16— Deposición integrada de roca estéril en la instalación de almacenamiento de relaves de la mina Élénore para mejorar la estabilidad geotécnica y facilitar el drenaje del sitio, James Bay, Quebec, Canadá]: En K.F. Morrison (Ed.), Tailings management handbook—A life-cycle approach [Manual de gestión de relaves—Un enfoque de ciclo de vida] (pp. 920-923), Society for Mining, Metallurgy and Exploration [Sociedad de Minería, Metalurgia y Exploración], Englewood, Colorado, 1004 p.

Pennsylvania (USA) Legislature [Legislatura de Pensilvania (EE. UU.)], 1947. Anthracite Strip Mining and Conservation Act—Act of Jun. 27, 1947 [Ley de Conservación y Minería de Cielo Abierto de Antracita—Ley del 27 de junio de 1947], P.L. 1095, No. 472, 11 p. Disponible en línea en: <https://www.legis.state.pa.us/WU01/LI/LI/US/PDF/1947/0/0472..PDF>
Placer Dome Dominicana, 2005. Estudio de Impacto Ambiental—Proyecto Pueblo Viejo, República Dominicana: Octubre de 2005.

Porter, K.E. y D.I. Bleiwas, 2003. Physical aspects of waste storage from a hypothetical open pit porphyry copper operation [Aspectos físicos del almacenamiento de residuos de una operación hipotética de pórfido de cobre a cielo abierto]: U.S. Geological Survey Open-File Report 03-143 [Informe de Archivo abierto del Servicio Geológico de EE. UU. 03-143], 63 p. Disponible en línea en: <https://pubs.usgs.gov/of/2003/of03-143/of03-143.pdf>

Roche, C., K., Thygesen, y E. Baker (Eds.), 2017. Mine tailings storage—Safety is no accident—A UNEP Rapid Response Assessment [Almacenamiento de relaves mineros—La seguridad no es un accidente—Una evaluación de respuesta rápida del PNUMA: Programa del Medio Ambiente de las Naciones Unidas y GRID-Arendal, Nairobi y Arendal, 70 p. Disponible en línea en: https://gridarendal-website-live.s3.amazonaws.com/production/documents/:s_document/371/original/RRA_MineTailings_lores.pdf?1510660693

Royal Nickel Corporation, 2013a. Dumont project—Environmental and social impact assessment—Summary [Proyecto Dumont—Evaluación de impacto ambiental y social—Resumen]: Genivar Proyecto No. 111-15275-01, 112 p. Disponible en línea en: <https://dumontnickel.com/wp-content/uploads/2020/06/Environmental-and-social-impact-assessment-Summary.pdf>

Royal Nickel Corporation, 2013b. Technical report on the Dumont Ni project, Launay and Trécesson townships, Quebec, Canada [Informe técnico sobre el proyecto Dumont Ni, municipios de Launay y Trécesson, Quebec, Canadá]: Ausenco Informe No. 2280, 25 de julio de 2013, 432 p. Disponible en línea en: https://www.miningdataonline.com/reports/Dumont_Feasibility_07252013.pdf

Royal Nickel Corporation, 2014. Projet Dumont—Plan de restauration du site minier (Version préliminaire) [Proyecto Dumont—Plan de restauración del sitio de la mina (Versión preliminar)]—May 2014 [mayo de 2014]: Rapport 309—DA3—Projet d'exploitation du gisement de nickel Dumont à Launay [Informe 309—DA3—Proyecto de explotación de yacimiento de níquel Dumont en Launay], 161 p. Disponible en línea en: https://archives.bape.gouv.qc.ca/sections/mandats/gisement_nickel_dumont/documents/DA3.pdf

Snow, R., 2022. Chapter 5—Conventional tailings management [Capítulo 5—La gestión de relaves convencional]: En K.F. Morrison (Ed.), Tailings management handbook—A life-cycle approach [Manual de gestión de relaves—Un enfoque de ciclo de vida] (pp. 65-83), Society for Mining, Metallurgy and Exploration [Sociedad de Minería, Metalurgia y Exploración], Englewood, Colorado, 1004 p.

Ulrich, B. y J. Coffin, 2015. Combined tailings and mine waste [Relaves y residuos de mina combinados]: Proceedings of the Tailings and Mine Waste 2015 Conference [Actas de la Conferencia de Relaves y Residuos de Mina 2015], pp. 83-92. Disponible en línea en: <https://www.knightpiesold.com/sites/en/assets/File/TMW%202015%20-%20Combined%20Tailings%20and%20Mine%20Waste.pdf>

UNEP (United Nations Environment Program, The Church of England, GRID-Arendal, and Council on Ethics—Swedish National Pension Fund [PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente), la Iglesia de Inglaterra, GRID-Arendal y el Consejo de Ética—Fondo Nacional de Pensiones de Suecia], 2023. Global Tailings Portal [Portal de Relaves Mundial]. Disponible en línea: <https://tailing.grida.no/>

USACE (U.S. Army Corps of Engineers [Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos]), 2014. Safety of dams – Policy and procedures [Seguridad de las presas – Política y procedimientos]. Engineer Regulation [Regulación del Ingeniero] ER 1110-2-1156, 528 p. Disponible en línea en: http://www.publications.usace.army.mil/Portals/76/Publications/EngineerRegulations/ER_1110-2-1156.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.

Vick, S.G., 2014a. The use and abuse of risk analysis [El uso y abuso del análisis de riesgos]: Presentación de Power-Point en la Tailings and Mine Waste Conference [Conferencia de Residuos de Mina y Relaves] 2014, 17 diapositivas.

Vick, S.G., 2014b. The use and abuse of risk analysis [El uso y abuso del análisis de riesgos]: En Tailings and Mine Waste '14 Proceedings of the 18th International Conference on Tailings and Mine Waste, Keystone, Colorado, USA [Relaves y Residuos de Mina '14 Actas de la 18.ª Conferencia Internacional sobre Relaves y Residuos de Mina, Keystone, Colorado, EE. UU., 5-8 de octubre de 2014, pp. 49-56. Disponible en línea en: https://tailingsandminewaste.com/wp-content/uploads/TMW2014_proceedings.pdf

Wickland, B., 2022. Chapter 9—Other tailings management approaches [Capítulo 9—Otros enfoques de gestión de relaves]: En K.F. Morrison (Ed.), Tailings management handbook—A life-cycle approach [Manual de gestión de relaves—Un enfoque de ciclo de vida] (pp. 133-139), Society for Mining, Metallurgy and Exploration [Sociedad de Minería, Metalurgia y Exploración], Englewood, Colorado, 1004 p.

Wickland, B.E., G.W. Wilson, D. Wijewickreme, y B. Klein, 2006. Design and evaluation of mixtures of mine waste rock and tailings [Diseño y evaluación de mezclas de residuos de mina y relaves]: Canadian Geotechnical Journal [Revista Geotécnica Canadiense], vol. 43, pp. 928-945.

Wickland, B. y S. Longo, 2017. Mine waste case examples of stacked tailings and co-disposal [Ejemplos de casos de residuos mineros de relaves apilados y co-disposición]: En Wilson, G.W., D.C. Segeo, y N.A. Beier (Eds.), Tailings and Mine Waste '17 Proceedings of the Twenty-first International Conference on Tailings and Mine Waste, Banff, Alberta, Canada [Relaves y Residuos de Mina '17 Actas de la Vigésima Primera Conferencia Internacional sobre Relaves y Residuos de Mina, Banff, Alberta, Canadá, 5-8 de noviembre de 2017, pp. 251-262. Disponible en línea en: <https://sites.google.com/ualberta.ca/ostrf/tailings-mine-waste-conference/tmw17>

Wilson, G.W. 2001. Co-disposal of tailings and waste rock [Co-disposición de relaves y roca estéril]: Geotechnical News [Noticias Geotécnicas], vol. 19, pp. 44-49.

