

15 de agosto de 2015

1530437

Pierre Bureau
Pershimco Resources Inc.
11, Perreault Street East
Rouyn-Noranda, Quebec
Canada J9X 3C1

**ASUNTO: OPCIONES DE DISEÑO CONCEPTUAL PARA EL TRATAMIENTO DE DRENAJE
ÁCIDO DE ROCA**

Estimado Sr. Bureau:

Golder Associates Inc. (Golder) fue contratado por Pershimco Resources Inc. (Pershimco) para realizar una evaluación conceptual de las opciones de tratamiento de agua para mitigar el potencial de drenaje ácido de roca/lixiviación de metal (ARD/ML por sus siglas en inglés) en el proyecto Cerro Quema de Pershimco.

Esta carta resume los resultados de esta evaluación. La carta aborda la base de diseño afluente del proyecto y propone algunos escenarios de tratamiento, al igual que una estimación aproximada de los costos de acuerdo a la magnitud para cada alternativa.

1.0 BASE DE DISEÑO AFLUENTE

La cantidad y calidad de agua y los objetivos de tratamiento abarcan la base de diseño afluente (IDB por sus siglas en inglés) para la evolución de tratamiento del agua. La información existente, incluyendo los resultados de las pruebas geoquímicas, modelado de calidad de agua y regulaciones de la calidad del agua fueron revisados para desarrollar un entendimiento de la calidad de agua previsto en el sitio y las cuestiones de tratamiento resultantes.

Tres fuentes serán combinadas para el tratamiento antes de la descarga. Estas incluyen:

- Botadero de Roca Estéril (WRD por sus siglas en inglés)
- Tajo Abierto La Pava
- Tajo Abierto Quemita

Se estudiaron la falta de datos para determinar si la información existente es adecuada para desarrollar el estudio de factibilidad de tratamiento de agua. No se identificaron falta de datos principales en este momento que pudieran dificultar la discusión de opciones de tratamiento posibles a nivel conceptual inicial.

1.1 Cantidad de Agua

La cantidad de agua se basó en los resultados del modelo preliminar de cantidad de agua (Golder, 2015). El caudal combinado usado en el IDB se basó en la tasa de caudal de salida promedio de cada fuente durante la temporada de lluvias, en vez del promedio anual de cada fuente. Se tomó este enfoque para asegurar que cualquier diseño conceptual considerara el caudal más conservador. El modelado de balance de agua para todas las tres fuentes se basó en la mina estando en operación, al contrario de estar cerrada.

s:\pershimco resources\cerro quema mine\1530437 cerro quema water treatment concepts\500_reporting\520_letters\water treatment technical memo\final spanish\1530437 span ltr-rev1 alternatives 14aug15.docx

Golder Associates Inc.

595 Double Eagle Ct., Suite 1000
Reno, Nevada USA

Tel: +1 (775) 828-9604: Fax: +1 (775) 828-9645 www.golder.com



Golder Associates: Operations in Africa, Asia, Australasia, Europe, North America and South America

Golder, Golder Associates and the GA globe design are trademarks of Golder Associates Corporation

La tabla siguiente indica las entradas usadas para modelar cada fuente, además del caudal promedio en la temporada de lluvias.

Tabla 1.1: Cantidad de Agua

Fuente	Condición de Precipitación	Temporada	Estatus de la Mina	Caudal de Salida Promedio (m ³ /d)
WRD	60% de infiltración de roca de desecho no cubierto	Temporada de lluvias	En operación	525
Tajo LP	Precipitación neta húmeda	Temporada de lluvias	En operación	1,061
Tajo Quemita	Precipitación neta húmeda	Temporada de lluvias	En operación	607

1.2 Calidad de Agua

La calidad de agua se basó en los resultados de un modelo preliminar de calidad de agua (Golder, 2015). Se usó un promedio ponderado del flujo del total de las tres fuentes para determinar la química del afluente combinado. Esto se muestra en la Tabla 1.2.

Tabla 1.2: Base de Diseño del Afluente

Parámetro	Unidad	Regulación 351 de Panamá (Descarga a la Superficie o a Aguas Subterráneas)	Operación del WRD – no Cubierto - Anual/Máx. Húmedo	Operación del Tajo LP	Operación del Tajo Quemita	Base de Diseño de Tratamiento del Agua Afluente, Flujos Combinados
Flujo ¹	m ³ /d	---	525	1,061	607	2,192
pH	SU	5.5 a 9	3.8	3.8	3.8	3.80
pe	mg/L como CaCO ₃	---	7.7	6.5	6.8	6.87
Ag	mg/L	---	0.00021	0.000016	0.0000059	0.00
Al	mg/L	5.00	4.4	4.7	17	8.03
As	mg/L	0.50	0.017	0.033	0.0045	0.02
B	mg/L	0.75	0.042	0.057	0.13	0.07
Ba	mg/L	---	0.02	0.32	0.0073	0.16
Be	mg/L	---	0.0013	0.0019	0.0032	0.00
Ca	mg/L	1000	72	2.8	332	110.53
Cd	mg/L	0.01	0.0028	0.000049	0.015	0.00
Cl	mg/L	400	189	235	285	237.84
Co	mg/L	---	0.21	0.2	0.61	0.32
Cr	mg/L	0.050	0.0087	0.012	0.021	0.01

Parámetro	Unidad	Regulación 351 de Panamá (Descarga a la Superficie o a Aguas Subterráneas)	Operación del WRD – no Cubierto - Anual/Máx. Húmedo	Operación del Tajo LP	Operación del Tajo Quemita	Base de Diseño de Tratamiento del Agua Afluentes, Flujos Combinados
Cu	mg/L	1.0	54	114	1.4	68.46
Fe	mg/L	5.0	38	60	109	68.30
Hg	mg/L	0.0010	0.00021	0.000027	0.000005	0.00
K	mg/L	---	0.4	3	4	2.65
Mg	mg/L	---	39	0.81	187	61.51
Mn	mg/L	0.30	1.3	0.51	5.6	2.11
Mo	mg/L	2.5	0.0081	0.019	0.00053	0.01
Na	mg/L	---	2.5	0.028	0.0053	0.61
Ni	mg/L	0.20	0.062	0.078	0.15	0.09
Pb	mg/L	0.05	0.018	0.032	0.0016	0.02
S(6)	mg/L	1000	262	6.8	1467	472.27
Sb	mg/L	---	0.016	0.038	0.0004	0.02
Se	mg/L	0.010	0.021	0.038	0.019	0.03
Sn	mg/L	---	0.000023	0.000024	0.000088	0.00
V	mg/L	---	0.011	0.019	0.043	0.02
Zn	mg/L	3.0	0.62	0.15	3.2	1.11

Notas:

Sombreado indica que el valor excede el estándar de descarga.

1.3 Objetivos de Tratamiento

Se revisaron las regulaciones de calidad del agua de Panamá para determinar los objetivos de tratamiento potenciales, junto con el punto de aplicación de estos objetivos. En algunas situaciones de tratamiento de agua de minas, los objetivos de tratamiento se basan en la protección de usos de las corrientes entrantes y de aguas abajo para establecer límites de descarga basados en la calidad de agua en vez de objetivos de salida de la tubería.

Se asumieron que los objetivos de tratamiento fueron equivalentes a los estándares en la Regulación 351 de Panamá que gobierna la descarga a la superficie o a aguas subterráneas (objetivo de tratamiento de salida de la tubería). También el estándar de Panamá para aguas superficiales, Clase de Regulación 1-C puede ser relevante, pero requerirá análisis adicional para determinar cómo se aplica al sitio basado en la modelación hidrológica y los requisitos de permiso final.

Tabla 1.3: Objetivos de Tratamiento y Eliminación Requerida

Parámetro	Unidades	Objetivo de Tratamiento	Valor Base del Diseño Afluente (IDB por sus siglas en inglés)	% Eliminación Requerida
pH	S.U. (unidades estándares)	5.5 a 9.0	3.80	---
Al	mg/L	5.00	8.03	38%
Cu	mg/L	1.00	68.46	99%
Fe	mg/L	5.00	68.30	93%
Mn	mg/L	0.30	2.11	86%
Se	mg/L	0.01	0.03	65%

2.0 DISEÑO ALTERNATIVO CONCEPTUAL PREFERIDO

Después de revisar el IDB, se desarrollaron algunas opciones de diseño de tratamiento de agua con base en la eliminación requerida de los seis parámetros que exceden los objetivos de tratamiento. Se determinaron que se requieren dos enfoques de tratamiento: uno para el pH y los metales y uno para el selenio.

La Figura 1 muestra el diagrama de flujo de bloque (BFD por sus siglas en inglés) que representa las operaciones de unidades principales para el diseño alternativo conceptual preferido.

2.1 Tratamiento de Metales y pH

El enfoque más común para tratar el pH y los cuatro metales de interés es por medio de adición química y precipitación. La precipitación química involucra la adición de una base a la fuente de agua para aumentar el pH para alcanzar el punto de solubilidad mínima de los constituyentes de interés. El hidróxido de calcio (cal) es un reactivo típico de aguas mineras, debido a que muchas veces ya está en uso en otras partes del sitio de la mina y generalmente es económico. Puede ser posible incorporar soda cáustica al sistema de tratamiento para el ajuste del pH para reducir la generación de lodo, aunque típicamente es más caro y requiere más precauciones de seguridad para su almacenamiento.

La reacción de neutralización resulta en la formación de precipitados sólidos de hidróxidos metales. Esto se conoce como el proceso de lodo de baja densidad (LDS por sus siglas en inglés), o precipitación convencional de cal. El proceso de lodo de alta densidad (HDS por sus siglas en inglés) también es común en las aplicaciones mineras. En una configuración HDS se recicla de regreso una porción pequeña de lodo al proceso para ayudar con la densificación del lodo. Típicamente, esto se usa en situaciones con cargas de mayor contenido de sólidos para disminuir la cantidad de deshecho generada. Sin embargo, debido al costo de capital mayor en comparación al LDS, esta aplicación no se considera necesaria.

Los sólidos precipitados son eliminados por medio de ya sea el asentamiento por gravedad en un clarificador convencional (que puede ser aumentado por medio de la adición de coagulantes y floculantes poliméricos), o por métodos de filtración (bolsa, cartucho, medio o membrana). Los sólidos separados por clarificación o por pasos de filtración típicamente están desecados más para minimizar el volumen de deshecho antes de su eliminación. Se usa comúnmente la filtración por presión (presa de cinturón o prensa de filtro) como un proceso secundario del manejo de lodo. La importancia de reducir el volumen de lodo es dependiente de la distancia a la instalación de la eliminación de lodo y el costo de la eliminación. En algunos sitios de minas el tratamiento de agua de lodos de cal puede ser eliminado en el

sitio en partes de trabajos antiguos o en una instalación de almacenamiento de jales a un costo relativamente bajo. La precipitación de cal forma un lodo generalmente estable y no lixiviable que es adecuado para su eliminación en un relleno sanitario convencional (o en el sitio de la mina) sin tratamiento adicional o necesidad de aislamiento.

La reacción primaria de precipitación química es típicamente realizada a un pH de 9 a 11 para la mayoría de las aguas afluentes de la minería. El aluminio, cobre, hierro y manganeso generalmente se precipitan dentro de este rango de pH. El aluminio se tiende a precipitar mejor a valores de pH menores, mientras el manganeso prefiere el extremo superior de la gama. Se anticipa la eliminación por debajo de los objetivos de tratamiento para todos los cuatro metales.

Como paso final en el proceso, el pH del agua tratado necesitará ser reajustado de vuelta por lo menos a 9, típicamente con un ácido fuerte de mineral (ácido sulfúrico, ácido clorhídrico) o por medio de adición de dióxido de carbono (CO₂).

2.2 Tratamiento de Selenio

Para los objetivos de esta evaluación, se ha supuesto que todo el selenio está presente en forma de seleniato, la forma más común encontrada en aplicaciones de minería. El seleniato así como el selenita son removidos dentro de un sistema de precipitación de metales y entonces no pueden ser tratados de la misma manera como los otros metales.

El tratamiento biológico es actualmente una de las tecnologías de eliminación de selenio más comúnmente implementado. Los procesos de tratamiento biológico para la eliminación de selenio generalmente están operados en una configuración de película fija. En un sistema de película fija, se adjuntan microbios a la superficie de un medio de crecimiento. Las tecnologías de película fija están disponibles como sistemas de cama fija o reactores de lecho fluidizado. El agua del sitio requerirá la suplementación bio-nutritiva con una fuente de carbono (etanol, metanol o melazas se utilizan comúnmente), una fuente de nitrógeno (urea o amoníaco) y una fuente de fósforo (ácido fosfórico) para la actividad consistente microbiana y el tratamiento eficiente.

Para la eliminación de selenio, el proceso de biotratamiento opera anaeróbicamente; sin embargo, un paso de pulido aeróbico típicamente está incluido para remover nutrientes residuales y re-airear el flujo tratado antes de su descarga al medio ambiente. Si el sulfuro de hidrógeno este presente tendrá que ser removido andes del paso de tratamiento biológico de aireación para prevenir la liberación de sulfuro. Se puede añadir el hierro para unirse al sulfuro de hidrógeno en una forma sólida como el sulfuro férrico.

El selenio biológico opera más eficientemente a temperaturas cálidas en un rango de 60–90°F (15–32°C).

3.0 ESTIMACIONES DE COSTOS DEL PRESUPUESTO

Se proporcionan los costos aproximados del presupuesto para permitir una manera de diferenciar aún más entre las opciones conceptuales de tratamiento. Este presupuesto se considera como una estimación de Clase 5 por la Práctica Recomendada Internacional Número 18R-97 del Sistema de Clasificaciones de Estimaciones de Costos de la Association for Advancement of Cost Engineering (Asociación del Avance de Ingeniería de Costos) (AACE por sus siglas en inglés) – Como Se Aplica en la Ingeniería, Adquisiciones y Construcción para Industrias de Proceso (AACE 2012). La definición de una estimación de Clase 5 es a la siguiente:

Las estimaciones de Clase 5 generalmente se preparan con base en información limitada, y subsecuentemente tienen rangos amplios de precisión. Así, algunas compañías y organizaciones han elegido determinar que debido a las inexactitudes inherentes, tales estimaciones no pueden clasificarse en una manera convencional y sistemática. Las estimaciones de Clase 5, debido a los requisitos para uso final, pueden ser preparadas dentro de una cantidad muy limitada de tiempo y con poco esfuerzo

expendido – a veces requiriendo menos de una hora para prepararse. Muchas veces, en el momento de preparar la estimación, se sabe poco más del tipo de planta propuesto, ubicación y capacidad.

Estos son estimaciones en el orden de magnitud aproximado (ROM por sus siglas en inglés) con base en las cotizaciones de proveedores y proyectos anteriores de Golder; están destinados a dar una indicación del orden de magnitud global de los costos anticipados. Una estimación de Clase 5 se prepara con una exactitud de +100/-50%. Los costos son los costos totales instalados que incluyen la ingeniería, el equipo y la instalación. Estos costos son típicos para América del Norte y requerirán un ajuste para construcción en Panamá. La estimación de costos de la opción preferida, precipitación de cal y clarificación de pH y eliminación de metales seguido por el tratamiento de selenio, es \$13,200,000.

Tabla 3.0: Estimaciones de Costos del Presupuesto

Parámetro Objetivo	Proceso de Tratamiento	Costo
pH y metales (aluminio, cobre, hierro, manganeso)	Precipitación y clarificación de cal	\$ 7,200,000
Selenio	Biotratamiento	\$ 6,000,000
Total		\$ 13,200,000
+100%		\$ 26,400,000
-50%		\$ 6,600,000

4.0 MEDIDAS DE AHORRO PARA COSTOS

La opción preferida descrita anteriormente representa el diseño con los equipos de más fácil manejo. A continuación son algunas medidas de ahorro de costos que podrían ser implementadas para reducir aún más el costo. Estas incluyen:

- Colocar todo el equipo afuera en un patio o superficie plana en vez de ponerlo en un edificio pre-fabricado de metal
- Remover el tanque de ecualización de afluente (si los flujos de las tres fuentes están consistentes)
- Reemplazar el clarificador con piletas de asentamiento
- Remover el tanque es almacenamiento de lodo y presa de filtro y mandar todo el lodo residual a los trabajos de la mina o tajo abierto

Se estima que eso reduciría el costo del sistema de precipitación y clarificación de cal de aproximadamente \$7.2 millones a \$4.5 millones, como se muestra en la Tabla 4.0. La Figura 2 muestra el BFD que representa las operaciones unitarias más importantes para la alternativa de diseño conceptual preferido con las medidas de ahorro de costos implementadas. Es importante considerar ambos costos de capital y operacionales de las opciones de tratamiento de agua para determinar los costos del ciclo de vida. Reemplazar el clarificador con una pileta de asentamiento disminuye los costos de capital pero podría aumentar los costos operacionales debido a que el manejo de lodo en una pileta de asentamiento puede ser difícil y de mano de obra intensiva. Para la próxima etapa de evaluación, se recomienda realizar un análisis alternativo que incluya los costos operacionales.

Tabla 4.0: Costos de Estimaciones del Ahorro de Costo del Presupuesto

Parámetro Objetivo	Proceso de Tratamiento	Costo
pH y Metales (aluminio, cobre, hierro, manganeso)	Precipitación y Clarificación de Cal	\$ 4,500,000
Selenio	Biotratamiento	\$ 6,000,000
Total		\$ 10,500,000
+100%		\$ 21,500,000
-50%		\$ 5,250,000

5.0 OPCIONES ALTERNATIVAS DEL DISEÑO CONCEPTUAL

Hay algunas opciones alternativas de diseño para el tratamiento de pH, metales y selenio. No fueron seleccionadas como la alternativa preferida por una variedad de razones, que se listan respectivamente en cada sección a continuación.

5.1 Filtración para el Selenio

La filtración incluye procesos que separan físicamente los sólidos suspendidos del flujo tratado. Se selecciona el equipo de filtración con base en la distribución del tamaño de partícula de los sólidos en el flujo tratado. Se implementan comúnmente los procesos de membrana para el tratamiento de selenio, tal como la osmosis inversa (RO por sus siglas en inglés). RO es capaz de remover especies disueltas, producir un permeado esencialmente destilada (desionizada) como efluente tratado. RO requerirá la pre filtración y posiblemente otros pasos de pre-tratamiento (ajuste de pH, adición de antiincrustante o biocida) para la operación eficiente. Sin embargo, el selenio es simplemente concentrado en la salmuera, y el tratamiento o la disposición de salmuera tienen que ser considerado como parte de la evaluación. El tratamiento de salmuera puede ser tan caro como la unidad RO sola. Al menos que un método económico de disposición esté disponible en el sitio, RO no es una opción viable debido a las limitaciones de costos.

5.2 Tratamiento de Metales y Selenio Combinados

La electrocoagulación (EC por sus siglas en inglés) ha demostrado eliminar metales y selenio abajo del límite de descarga en aguas residuales mineras similares. La adición química, como fue descrita anteriormente, aún sería necesaria para aumentar el pH hasta dentro de límites aceptables. La EC se basa en pasar una corriente eléctrica mediante el agua lo que promueve la desestabilización, coagulación y asentamiento de material suspendido y la precipitación de material disuelto mediante una disolución gradual de hierro o placas de aluminio. Debido a que no se añaden químicos en el proceso, los volúmenes de lodo producidos típicamente son menores a la precipitación y coagulación de química convencional. El sistema de electrocoagulación también reemplaza la adición química y tanques de mezcla requeridos en un sistema más tradicional de adición química/coagulación. La separación y el manejo de los sólidos son similares a lo requerido para un sistema de tratamiento a base de coagulante químico. El proceso de electrocoagulación se optimiza por medio de una fuente de agua en particular para controlar las materias de la cámara de reacción (hierro, aluminio, titanio, grafito, etc.), el amperaje y el voltaje, el tiempo de retención hidráulica (HRT por sus siglas en inglés), y el tratamiento de pH. El HRT requerido es típicamente más corto que la coagulación convencional y/o sistemas de precipitación – usualmente en el orden de unos momentos. Sin embargo, se requiere mucho más potencia para el EC que cualquier otro sistema convencional.

El equipo de proceso importante para el EC incluyen un recipiente de reacción, un clarificador circular de gravedad convencional (u otro proceso de separación de sólido/líquido), y un proceso de manejo de

sólidos (desagüe). Las placas metálicas paralelas en el recipiente de reacción funcionan como ánodos y cátodos para la aplicación de corriente eléctrica al flujo de entrada.

Hasta este momento Golder no ha tenido de conocimiento que los sistemas EC no han sido demostrados en aplicaciones de minería. No hay muchas aplicaciones en el mundo real para demostrar la confiabilidad, y su requerimiento de alta potencia y los requerimientos de reemplazo de placas los hacen sistemas difíciles manejar en áreas remotas. En resumen, EC ha mostrado cierta capacidad para tratar selenio a niveles bajos, pero esto no ha sido demostrado consistentemente en aplicaciones a gran escala. Por lo tanto, no se consideró este proceso.

6.0 CIERRE

Nosotros apreciamos la oportunidad de continuar proveyendo servicios a PRO para la mina de Cerro Quema. Si PRO tiene alguna pregunta o comentario sobre esta carta o si requiere información adicional que pueda contribuir a la selección de una alternativa predilecta, no dude en contactar a los abajo firmantes.

Atentamente.

GOLDER ASSOCIATES INC.



Melissa Rhodes, EIT
Ingeniera de Proyecto - Procesos Ambientales



Tom Rutkowski, PE
Asociado, Ingeniero Senior

Figuras:

- 1 Diagrama de Flujo de Bloques – Opción Predilecta
- 2 Diagrama de Flujo de Bloques – Opción predilecta con medidas para ahorro de costo

Cc: Gene Tortelli, Kevin Conroy

MR/TR/sj

15244.sp.doc

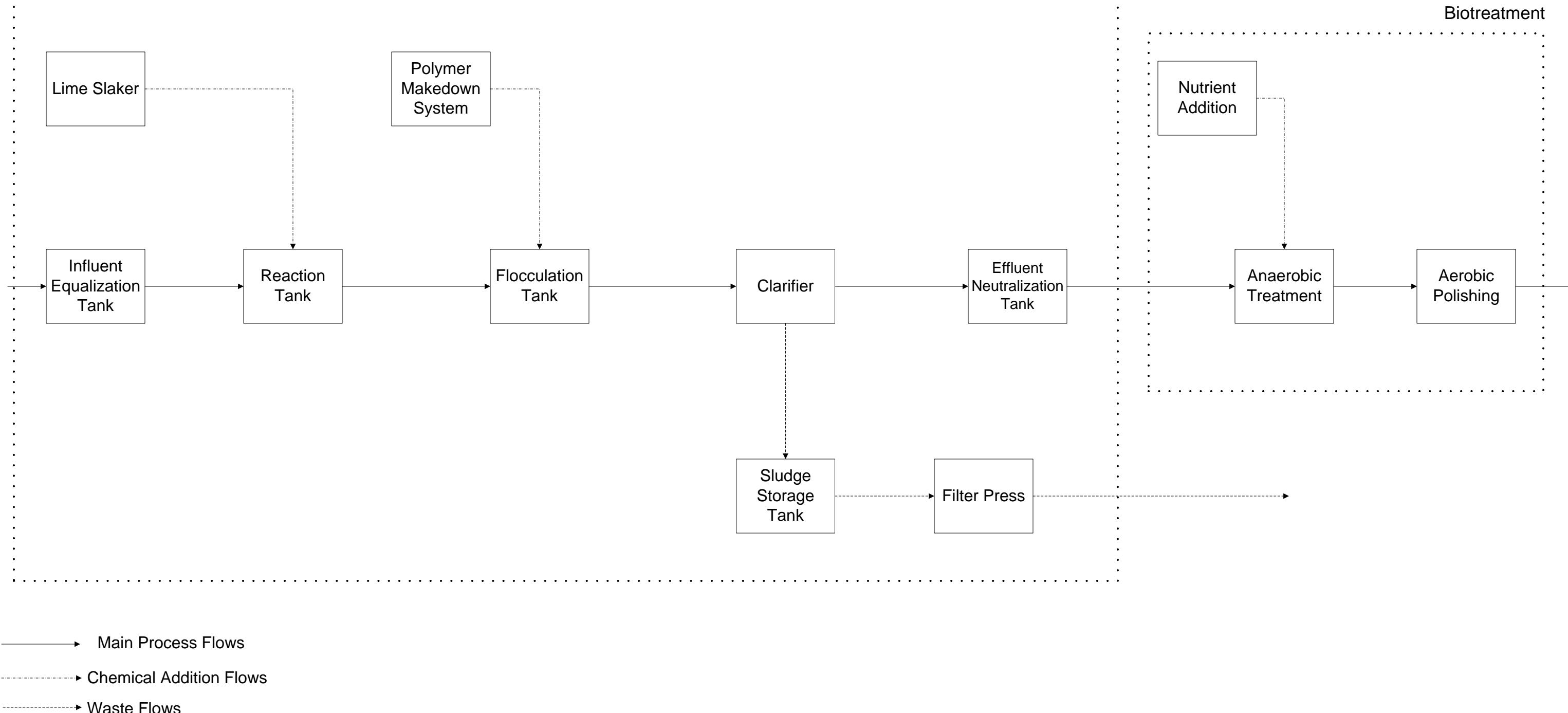
7.0 REFERENCIAS

Association for Advancement of Cost Engineering (AACE). 2012. AACE International Recommended Practice No. 18R-97, Cost Estimate Classification System – As Applied in Engineering, Procurement, and Construction for the Process Industries.

Golder, 2015. Task 1B: Preliminary Water Quality Modeling. Prepared for Pershimco Resources, Inc. by Golder Associates Inc. Dated September, 2015.

FIGURAS

Lime Precipitation and Clarification



Denver, Colorado

TITLE

Preferred Alternative Block Flow Diagram

CLIENT/PROJECT

Pershimco Resources Inc.

DRAWN

MLR

DATE

8/14/2015

JOB NO.

1530437

CHECKED

TR

SCALE

Not To Scale

DWG. NO.

NA

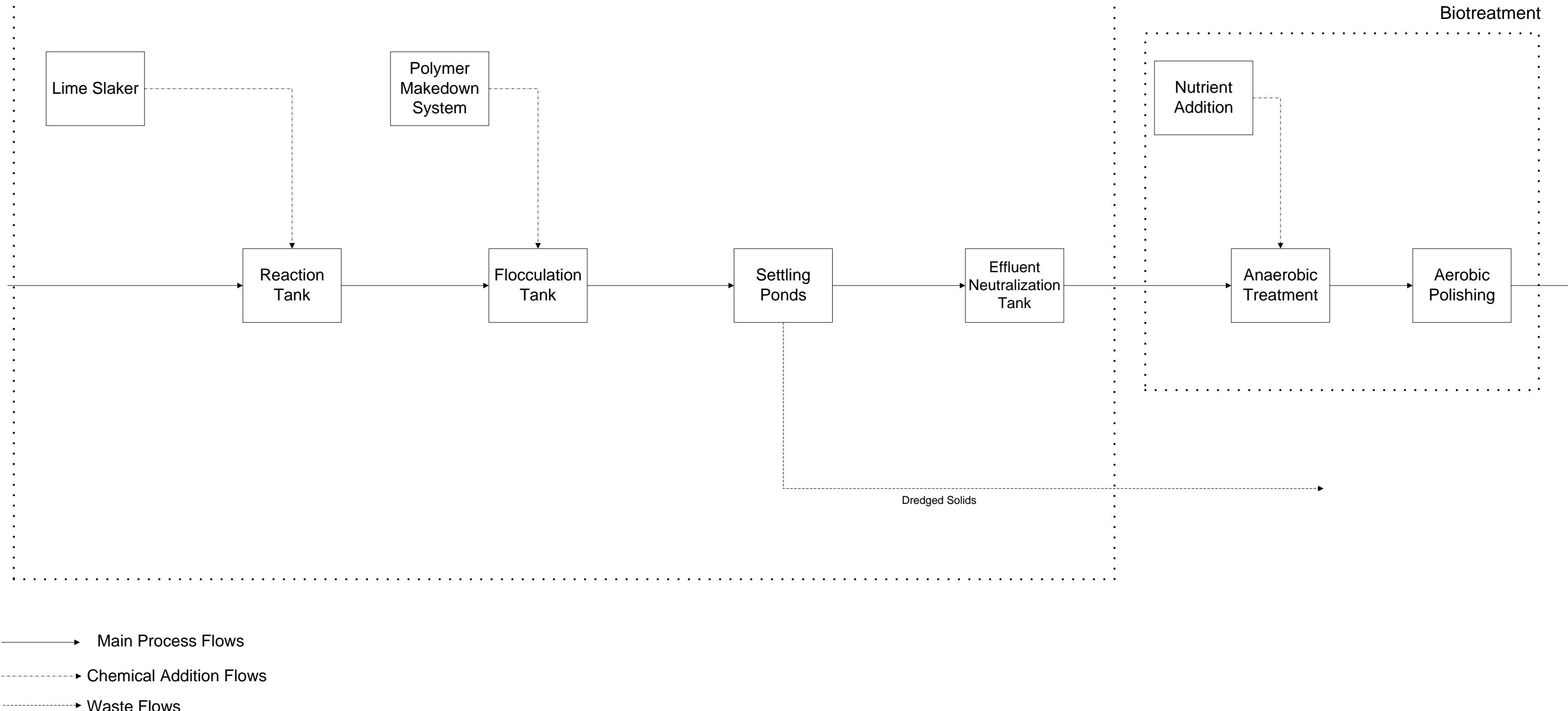
REVIEWED

KWC

FILE NO. \Denver.golder.gds\projects\15JOBS\1530437 Cerro Quema\03 - Tech memo\Memo Rev 1\PFD higher
cost.vsd

FIGURE NO. 1

Lime Precipitation and Clarification



Denver, Colorado

TITLE

Preferred Alternative Block Flow Diagram With Cost Saving Measures

CLIENT/PROJECT

Pershimco Resources Inc.

DRAWN

MLR

DATE

8/14/2015

JOB NO.

1530437

CHECKED

TR

SCALE

Not To Scale

DWG. NO.

NA

REVIEWED

KWC

FILE NO.

\Denver.golder.gds\projects\15JOBS\1530437 Cerro Quema\03 - Tech memo\Memo Rev 1\PFD lower
cost.vsd

FIGURE NO. 2