



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Asignatura: Valuación de Minas

MATRIZ DE EVALUACIÓN DE PROYECTOS

Integrantes:

Erika Raquel Gallardo Coz

Juan Guzmán Romaní

Nilton Anthony Rios Villalobos

RESUMEN

Según el último informe de la defensoría del pueblo en lo que va del año hasta el mes de febrero se han registrado 89 conflictos socio ambientales de los cuales el 62.9% pertenecen al sector minero.

En la región Apurímac recientemente ha ocurrido uno de los conflictos mineros de mayor duración en el sector que habría causado pérdidas económicas sustanciales a la empresa MMG Limited operador del proyecto minero Las Bambas, esto debido a que la empresa no habría cumplido con parte del acuerdo.

Inicialmente Las Bambas dentro del EIA tenía previsto la construcción de un mineraducto para el transporte de sus concentrados, sin embargo, al cambiar de dueño, el EIA fue modificado indicándose que el concentrado sería transportado mediante camiones, el conflicto inicio a raíz de que la vía por donde circulaban los camiones no contaba con licencia de los comuneros del fundo Yavi Yavi ubicada en el distrito de Colquemarca (Apurímac), ello sumado al polvo y ruido generado desató un malestar generalizado.

El objetivo del presente trabajo consiste en la selección de un método de transporte que no cause considerables impactos negativos a la sociedad, para lo cual se han evaluado tres alternativas de transporte de concentrado identificados en la literatura, transporte por mineroducto, transporte por camiones y transporte por vía férrea mediante el uso de una matriz de decisión, en los cuales además del criterio económico, con un peso mayoritario del 35%, se consideraron otros factores entre ellos sociales, ambientales, legales y de ingeniería.

Como resultado de la ponderación de la matriz de decisión se obtiene un puntaje del sistema de transporte de concentrado por mineroducto de 3.59, para el transporte por camiones 2.49, para el transporte por vía férrea 2.16.

De los resultados de la matriz de decisión se seleccionó el método de transporte de concentrando por mineraducto, dicha alternativa es el más económico y además genera menores impactos tanto sociales como ambientales.

Palabras Claves. Matriz de decisión, mineroducto, trade off, riesgo, impactos.

ABSTRACT

According to the latest report of the ombudsman's office so far this year, 89 social and environmental conflicts have been registered, of which 62.9% belong to the mining sector.

In the Apurímac region, one of the longest mining conflicts in the sector has recently occurred that would have caused substantial economic losses to the company MMG Limited, operator of the Las Bambas mining project, because the company would not have complied with part of the agreement.

Initially Las Bambas within the EIA had planned the construction of a mining pipeline to transport its concentrates, however, when changing its owner, the EIA was modified indicating that the concentrate would be transported by trucks, the conflict started as a result of the where the trucks circulated did not have the license of the community members of the Yavi Yavi farm located in the district of Colquemarca (Apurímac), this, added to the dust and noise generated, unleashed a widespread malaise.

The objective of this paper is the selection of a transport method that does not cause considerable negative impacts to society, for which three alternatives of transport of concentrate identified in the literature, transport by pipeline, transport by trucks and transport have been evaluated. by rail using a decision matrix, in which, in addition to the economic criteria, with a majority weight of 35%, other factors including social, environmental, legal and engineering factors were considered.

As a result of the weighting of the decision matrix, a score of the concentrate transport system is obtained by mining pipeline of 3.59, for the transport by trucks 2.49, for the transport by rail 2.16.

From the results of the decision matrix, the transport method of concentrating by mineraduct was selected, this alternative is the most economical and also generates less social and environmental impacts.

Keywords. Decision matrix, mining pipeline, trade off, risk, impacts.

LISTA DE CONTENIDOS

INTRODUCCION	7
CAPITULO I: DESCRIPCION DEL PROYECTO	8
1.1. Generalidades	8
1.2. Planteamiento del problema y justificación	9
1.2.1. Planteamiento del problema	9
1.2.2. Justificación	10
1.3. Objetivo general y específicos	10
1.3.1. Objetivo general	10
1.3.2. Objetivos específicos	10
CAPITULO II: FUNDAMENTOS TEÓRICOS	11
2.1. Gestión logística en operaciones mineras	11
2.2. Tipo de transporte de concentrado de cobre	11
2.2.1. Transporte de mineral por medio continuo	11
2.2.2. Transporte de mineral por medio discreto.	11
2.3. Regulación sobre transporte de mineral.	12
2.4. Cadena de valor en minería.	12
2.5. Uso de mineroducto para el transporte de concentrado de mineral	13
2.5.1. Ventajas	13
2.5.2. Componentes de un mineroducto	13
2.5.3. Características generales del mineroducto	14
2.5.4. Evaluación económica	14
2.6. Uso de camiones para el transporte de concentrados de mineral	21
2.6.1. Gestión Ambiental	22
2.6.2. Gestión de Seguridad	23
2.6.3. Gestión Social	23
2.6.4. Gestión Legal	24
2.6.5. Gestión de Inversión	25
2.6.6. Gestión de Operación	25
2.6.7. Gestión del transporte	30
2.6.8. Análisis de costos	34
2.7. Uso de vía férrea para el transporte de concentrado de mineral	40
2.7.1. Situación Actual	40
2.7.2. Caso Las Bambas	41
2.7.3. Propuesta de mejora	42
2.7.4. Ventajas del transporte de concentrado por vía férrea	43
2.7.5. Desventajas del transporte de concentrado por vía férrea	43
2.7.6. Construcción del tramo Las Bambas – Estación Cambapata (Cusco)	43
2.7.7. Cálculo del costo de inversión (CAPEX)	45
2.7.8. Cálculo del costo de operación (OPEX)	45
2.7.9. Cálculo del costo total de transporte	45

CAPITULO III: METODOLOGÍA	46
CAPITULO IV: RESULTADOS	47
CAPITULO V: DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	49
CONCLUSIONES	50
RECOMENDACIONES	51
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	52

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Costos de obras civiles.	15
Tabla 2. Costo del elemento piping.	16
Tabla 3. Resumen de las vidas útiles de equipos y obras.	18
Tabla 4. Cálculo del costo de la tubería en USD/m.	20
Tabla 5. Cálculo de la inversión total.	20
Tabla 6. Costo anual equivalente para el trasporte por mineroducto.	20
Tabla 7. Rutas desde mina hasta el Puerto de Matarani.	22
Tabla 8. Round Trip Anillo 1 Día 1.	27
Tabla 9. Round Trip Anillo 2 Día 2.	28
Tabla 10. Round Trip Anillo 3 Día 3.	30
Tabla 11. Especificaciones técnicas de los camiones.	32
Tabla 12. Factores del Round Trip.	33
Tabla 13. Dimensionamiento de flota.	33
Tabla 14. Detalle de transporte por camiones.	33
Tabla 15. Plan de producción de transporte de concentrados.	34
Tabla 16. Consideraciones de tarifa variable.	35
Tabla 17. Componentes de la tarifa variable.	35
Tabla 18. Ponderación de pesos tarifa fija.	36
Tabla 19. Ponderación de pesos tarifa variable.	36
Tabla 20. Resumen de costos para el trasporte por camión.	37
Tabla 21. Análisis de costos para el transporte por camión.	37
Tabla 22. Costos mensuales para el transporte por camión.	38
Tabla 23. Costo anual equivalente para el transporte empleando camiones.	39
Tabla 24. Detalles de requerimientos de trenes.	42
Tabla 25. Costo anual equivalente para el transporte empleando trenes.	45
Tabla 26. Resumen de la evaluación económica de las tres alternativas.	47
Tabla 27. Matriz de decisión.	48
Tabla 28. Resumen de los resultados de la matriz de decisión.	49

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Historia del Proyecto Las Bambas.	9
Figura 2. Cadena de valor en minería.	12
Figura 3. Vista en sección de un tramo en construcción del mineraducto.	14
Figura 4. Vista en sección de un tramo en operación del mineraducto.	14
Figura 5. Trazo de la ruta del mineraducto (Planta concentradora – Km 99 Chasquipampa).	19
Figura 6. Perfil topográfico de la ruta del mineraducto.	19
Figura 7. Camión empleado para el transporte de concentrados	21
Figura 8. Ruta empleada para el trasporte de concentrado Las Bambas - Puerto Matarani.	24
Figura 9. Round Trip, descripción del transporte Mina a Puerto.	26
Figura 10. Ruta A – B: Día 1, Anillo 1 Las Bambas – Espinar.	26
Figura 11. Ruta B – C – B: Día 2, Anillo 2 Espinar – Km 99(Chasquipampa) – Espinar.	28
Figura 12. Ruta B – A: Día 3, Anillo 3 Espinar – Las Bambas.	29
Figura 13. Camión portacontenedor.	31
Figura 14. Contenedor ISO.	31
Figura 15. Dimensiones del camión portacontenedor.	31
Figura 16. Mapa del recorrido del Ferrocarril Central.	40
Figura 17. Ferrocarril Central.	40
Figura 18. Estaciones del recorrido del Ferrocarril del Sur y Sur Oriente.	41
Figura 19. Estación de trasferencia en el Km 99 Chasquipampa	42
Figura 20. Tramo Las Bambas – Estación Cambapata	44

INTRODUCCIÓN

Durante las últimas décadas la industria minera es una de los sectores que más ha contribuido al crecimiento y desarrollo de las economías regionales a través de la transferencia del canon minero. Según el Instituto Peruano de Economía la minería representa más del 50% de las divisas, el 11% del Producto Bruto Interno, la mayor parte de la inversión extranjera, entre otros destacados factores macroeconómicos.

Según la Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía, un incremento de la inversión privada, aumentaría en 15% las exportaciones mineras, que significarían una expansión de 2.1% del PBI, que se explica por los efectos directos e indirectos que genera la actividad en la economía.

Sin embargo, según la defensoría del pueblo esta actividad ha venido acompañada de conflictos socio ambientales entre las poblaciones aledañas y las empresas mineras, pues según el último informe correspondiente al mes de febrero del 2019, se registraron 89 conflictos sociales de los cuales el 62.9% de los casos pertenecen al sector minero.

Un ejemplo claro de ello es el conflicto social que viene ocurriendo en Las Bambas, pues según el BCR, solo pudo exportar 12 mil toneladas de concentrados de cobre en febrero; es decir, 65,7% menos que en enero pasado; y 15 mil toneladas menos (una caída de 55,5%) que, en febrero del 2018, cuando cerró en 27 mil toneladas, debido principalmente a los conflictos socio ambientales que viene enfrentando.

Además, a la caída del volumen exportado por la minera se le sumó la reducción del precio de exportación del cobre, que cedió en 17,3% respecto al mismo período del año anterior; con ello, el valor exportado de la minera se desplomó en 64% respecto a similar período del año anterior. Así, Las Bambas dejó de exportar aproximadamente US\$94 millones por el bloqueo en la ruta que une la mina con el puerto de Matarani (Arequipa), donde se embarca el material.

En este trabajo de investigación se aborda dicha problemática desde el punto de vista de la economía minera, mediante la evaluación de proyectos alternativos a través del trade-off, metodología que consiste básicamente en la elección de aquel proyecto que genera menores costos por encima de otros. Además de los criterios económicos, dado la coyuntura actual que se vive, para la elaboración de la matriz de decisiones se ha visto en la necesidad de implementar criterios externos como los riesgos sociales, ambientales, legales y políticos. Ello además de la disminución de costos que significaría la elección de un proyecto reduciría las probabilidades de ocurrencia de conflictos socio ambientales tan latentes en el sector minero.

CAPITULO I: DESCRIPCION DEL PROYECTO

8.1. Generalidades

La Unidad Minera Las Bambas es uno de los principales yacimientos de cobre y molibdeno en el Perú. Se ubica entre los distritos de Challhuahuacho, Tambobamba y Coyllurqui, provincia de Cotabambas, y el distrito de Progreso, provincia de Grau, en la Región Apurímac, a una altitud que varía entre los 3.800 y 4.600 m.s.n.m., a aproximadamente 75 km al suroeste de la ciudad de Cusco.

Actualmente, se lleva a cabo actividades mineras de explotación del yacimiento Ferrobamba y, posteriormente, se realizará actividades de extracción de minerales de los yacimientos Chalcobamba y Sulfobamba. La planta concentradora de Las Bambas tiene una capacidad instalada de 145.000 toneladas por día (t/d), y genera concentrado de cobre (Cu) y molibdeno (Mo) como producto. Durante 2017, la producción superó las 450.000 toneladas de cobre en concentrado.

Las Bambas es una de las operaciones mineras que busca fomentar el diálogo con sus grupos de interés, y promover un modelo de desarrollo sostenible de la mano del Estado peruano.

Se cuenta con reservas minerales de 7,494 millones de toneladas de cobre y recursos minerales de 11,625 millones de toneladas. Se espera que la unidad produzca más de dos millones de toneladas de cobre en concentrado en sus primeros cinco años de operación.

El tiempo de vida de la mina estimado es de dieciocho años, con un considerable potencial de exploración.

A manera de resumen, la historia del proyecto y su respectivo fondo social se puede organizar en tres etapas. La primera etapa inicia con la firma del contrato de licitación con la empresa Xtrata Cooper y la instauración del fideicomiso social. La segunda inicia con la constitución de la Asociación Civil Fondo Social Las Bambas. Finalmente, la tercera etapa inicia con la venta del proyecto Las Bambas al consorcio chino MMG y el inicio del conflicto social por la modificación del EIA.

Entre los acontecimientos más importantes tenemos los siguientes:

En el 2010, se realiza la audiencia pública del Estudio de Impacto Ambiental (EIA) en Challhuahuacho, provincia de Cotabambas, Región Apurímac. Se suscribe el contrato de transferencia de titularidad de las concesiones mineras de Las Bambas con el Estado, con una inversión de USD 4.200 millones.

En el 2011, el estado aprueba el EIA, luego de un amplio proceso de participación ciudadana. Se informa el incremento del recurso mineral de Las Bambas en 10 %, equivalente a 1.710 millones de toneladas con una ley de cobre de 0,60 %.

En el 2012, se desarrolla la ingeniería de caminos y componentes principales para el arranque de la futura operación. Se inicia el mejoramiento de la carretera Las Bambas - Espinar. Se tiene comprometido más del 60 % de la inversión en construcción.

En el 2013, Glencore se convierte en propietaria de Las Bambas en el marco de la adquisición de Xstrata. Avance del 65% de los caminos pioneros, 40% de la planta concentradora y 95 % del mejoramiento de la carretera Las Bambas - Espinar.

En el 2014, se presenta la modificación del EIA para permitir el transporte de cobre por carretera. El consorcio compuesto por MMG Limited, Guoxin International Investment Co. Ltd. y CITIC Metal Co. Ltd. adquiere Las Bambas. Se concreta e inicia el reasentamiento físico de la comunidad de Fuerabamba.

Historia del Proyecto Las Bambas y su Fondo Social



Figura 1. Historia del Proyecto Las Bambas. (Fuente: "Lecciones aprendidas en la implementación del fondo social de proyectos mineros: los casos de Michiquillay y Las Bambas")

8.2. Planteamiento del problema y justificación

8.2.1. Planteamiento del problema

Minera Las Bambas lleva a cabo su proceso productivo, a través de un proceso de minería convencional (minado, chancado, molienda, flotación), luego del cual se obtiene concentrados de Cobre y Molibdeno, los que son finalmente dispuestos en su almacén de concentrado, desde este punto, el concentrado de cobre es transportado a través de un sistema de transporte bimodal CAMION PORTACONTENEDOR - TREN, desde las Bambas hacia el puerto de Matarani, para finalmente ser comercializado. En la actualidad, el sistema de transporte de concentrado de cobre, diseñado para el tramo comprendido entre Las Bambas (almacén) y la estación ferroviaria Km 99 Chasquipampa, viene operándose bajo un contrato de prestación de servicios, con la empresa de transportes, TRANSALTISA S.A., el cual se viene tornando deficiente debido a lo siguiente:

- Incremento de los costos de operación para el transporte de concentrado de cobre en el tramo comprendido entre Las Bambas – Km 99, debido al incremento de costos asociados a la tarifa variable (combustible, neumáticos, mantenimientos, etc.)
- Incremento de los tiempos de operación, utilizados para el transporte de concentrado de cobre en el tramo comprendido entre las Bambas – Km 99, debido al deterioro de la vía de transporte comprendida entre los tramos mencionados.
- Surgimiento de problemas derivados de la disconformidad de las localidades y pobladores, asentados en la zona de influencia (comunidades aledañas a la vía utilizada para el transporte de concentrado de cobre), los cuales vienen siendo afectados por la contaminación (polución por polvo y ruido) originada por el tránsito de la flota de camiones debido al estado de la vía y su gradual deterioro, esta problemática ha afectado la continuidad de las operaciones de transporte de concentrado de cobre, en varias oportunidades, ya que se han detenido las operaciones, a razón de la toma de la vía de transporte por pobladores de la zona, haciendo que la minera paralice sus operaciones de transporte, haciendo que a su vez, Las Bambas, asuma

bajo estas circunstancias el pago de hasta el 80% de la tarifa fija, establecida en los contratos convenidos con el transportista.

Los conflictos sociales se ven potenciados y avalados en que a primera instancia se iba a transportar el concentrado mina - puerto vía mineroducto, se planteó esto porque Antapaccay y Las Bambas formaban parte de un mismo grupo empresarial como lo fue Glencore, pero al ser adquirido solo el proyecto Las Bambas por el grupo MMG Limited, Guoxin International Investment Co. Ltd. y CITIC Metal Co. Ltd. se concluyó que la mejor opción en esas circunstancias era realizar el transporte por camiones (solo para el proyecto Las Bambas), en consecuencia se realizó una modificatoria en el EIA cambiando el método de transporte de concentrado mina – puerto vía camiones, generando esta última modificación insatisfacción entre los stakeholders del proyecto.

8.2.2. Justificación

El siguiente trabajo de investigación, pretende realizar un análisis del proceso actual de transporte de concentrado de Cobre, realizado por minera Las Bambas, desde las instalaciones de su almacén de concentrado, ubicado adyacente a las instalaciones de la planta concentradora en el tajo Ferrobamba Apurímac, hacia la estación ferroviaria Km. 99, ubicada en la localidad de Chasquipampa Arequipa, proceso que se realiza a través de la contratación de servicios de transporte con la empresas TRANSALTISA S.A. la que brinda dicho servicio a la minera.

Se pretende que los resultados del siguiente trabajo de investigación, identifiquen la mejor alternativa para el transporte de concentrados, es decir, aquella que reduzca costos y riesgos, factores críticos que afectan su rendimiento y eficiencia.

Se pretende aportar recomendaciones para la mejora del proceso de transporte de concentrado de cobre actual, a través de la evaluación de otras alternativas, así mismo, determinar la viabilidad de su aplicación.

8.3. Objetivo general y específicos

8.3.1. Objetivo general

Evaluar y seleccionar entre posibles alternativas el sistema de transporte de concentrados desde la Mina Las Bambas hacia Puerto Matarani mediante el uso de una matriz de decisión, tomando en consideración diversos factores de influencia. Asimismo, evaluar dichas alternativas mediante la metodología del trade-off.

8.3.2. Objetivos específicos

- Optimizar los costos del proceso de transporte de concentrado de cobre, desde el almacén Las Bambas hasta la estación ferroviaria Km 99, Chasquipampa.
- Compilar información sobre los posibles métodos de transporte de mineral desde la mina hasta el puerto Matarani.
- Satisfacer a los stakeholders (empresa, comunidad, estado, clientes, proveedores, trabajadores, etc.)
- Cumplir y respetar los requerimientos y normativas establecidos por el Ministerio de Energía y Minas y el Ministerio del Ambiente.
- Realizar el menor impacto posible al entorno.

CAPITULO II: FUNDAMENTOS TEÓRICOS

9.1. Gestión logística en operaciones mineras

Tomando en consideración que el proceso productivo del cobre no influye en su cotización mundial, no es menos cierto que un proceso costoso puede generar menores ganancias, por consiguiente, controlar la cadena de abastecimiento de cada insumo, producto y equipo utilizado resulta imprescindible y crítico.

Frente a ello, mejorar la cadena de suministro en cada una de las etapas resulta un objetivo estratégico de las empresas mineras, la mejora continua a través del sistema ISO, el uso de tecnología y herramientas informáticas, así como mejorar las relaciones con los proveedores, resulta determinante en el proceso productivo.

“La mayor preocupación en este período de costos en alza -porque indiscutiblemente al elevarse la demanda por el metal rojo, los insumos utilizados aumentan su precio- es generar innovaciones y mayores eficiencias, para asegurar que la industria del cobre logre seguir siendo competitiva, aun cuando el precio del cobre se estabilice.” (Cox, 2016)

Para ello, existen diversas teorías y aportes que inciden en la mejora de la productividad, las cuales pueden ser utilizadas en los diversos escenarios productivos, en tal sentido, para efectos de la presente tesis, únicamente nos enfocaremos en el proceso de transporte de mineral.

9.2. Tipo de transporte de concentrado de cobre

Para efectos del presente trabajo de investigación, nos referiremos al proceso de traslado de concentrado de cobre desde la unidad mina, hasta el puerto marítimo, de acuerdo a la evidencia empírica, existe en la región dos formas de traslado de mineral, por medios continuos y discretos.

9.2.1. Transporte de mineral por medio continuo

En relación a este medio de transporte, tenemos dos tipos, el transporte a través de cintas o fajas o por tuberías (minerproductos); en relación a los primeros, podemos decir que constituyen un método continuo y económico de traslado de grandes cantidades de mineral, ello dado que no utilizan combustible, comparadas con los camiones, requiere mano de obra menos especializada, su vida operativa es mayor que la de los volquetes y genera menos ruidos y emisión de polvos. Por su parte, las tuberías o minerproductos, son sistemas de transporte de mineral, los cuales requieren estaciones de bombas de alta presión para transportar el mineral, la inversión en este sistema es considerable, no solo en el sistema sino en la adquisición de los predios sobre los cuales se instalada la tubería, no siendo muy utilizado por los proyectos mineros.

9.2.2. Transporte de mineral por medio discreto.

Constituido principalmente por el sistema de transporte por camiones, trenes y sistema bi modal, método más usado en el transporte de mineral en el Perú, si bien presenta un menor costo, en relación a los sistemas continuos, no obstante, produce mayores riesgos de contaminación y paralización del sistema, debido a factores externos como protestas sociales, accidentes en el desarrollo de sus operaciones o fenómenos naturales como deslizamientos o huaicos.

En relación a éste método, se ha generado todo un sector de servicios que brinda el traslado del mineral, dinamizando el sector no solo en mayores ventas de unidades, sino mantenimiento, mano de obra y servicios indirectos. (Alimentación, capacitación, peajes, etc.)

9.3. Regulación sobre transporte de mineral.

La Ley N.º 28256, Ley que regula el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos, y el Decreto Supremo N° 021-2008-MTC, reglamento de la citada norma, tienen como objetivo regular las actividades, procesos y operaciones del transporte terrestre de los materiales y residuos peligrosos, con sujeción a los principios de prevención y de protección de las personas, el ambiente y la propiedad, dentro de los cuales se encuentra el concentrado de cobre, siendo de alcance nacional y obligatorio para todas las personas naturales y jurídicas de derecho público o privado

9.4. Cadena de valor en minería.

“Al examinar una empresa minera en conjunto, no se puede entender la ventaja competitiva. Para analizar las fuentes de la ventaja competitiva, se necesita un medio sistemático de examinar todas las actividades que se realizan y su manera de interactuar. La cadena de valor es la herramienta básica para ello, ya que permite dividir la compañía minera en sus procesos de minado estratégicamente relevantes a fin de entender el comportamiento de los costos y sus motivos de diferenciación. Se logra la ventaja competitiva llevando a cabo dichos procesos de minado de forma mejorada y/o con menor costo que el de otras empresas mineras rivales.” (Carhuapoma, Marchena, Quispe, & Dilas, 2010, pág. 10).

“Una empresa tiene ventaja en costo si su costo total de producción es más bajo que el de sus competidores. La búsqueda de la ventaja en costo es la estrategia principal de toda empresa minera” (Gallegos, pág. 10).

El uso de la cadena de valor, como una metodología, puede ayudar a comprender el comportamiento de los costos de la empresa minera, de manera amplia y completa, ayudando a formular estrategias eficaces de optimización de costos.

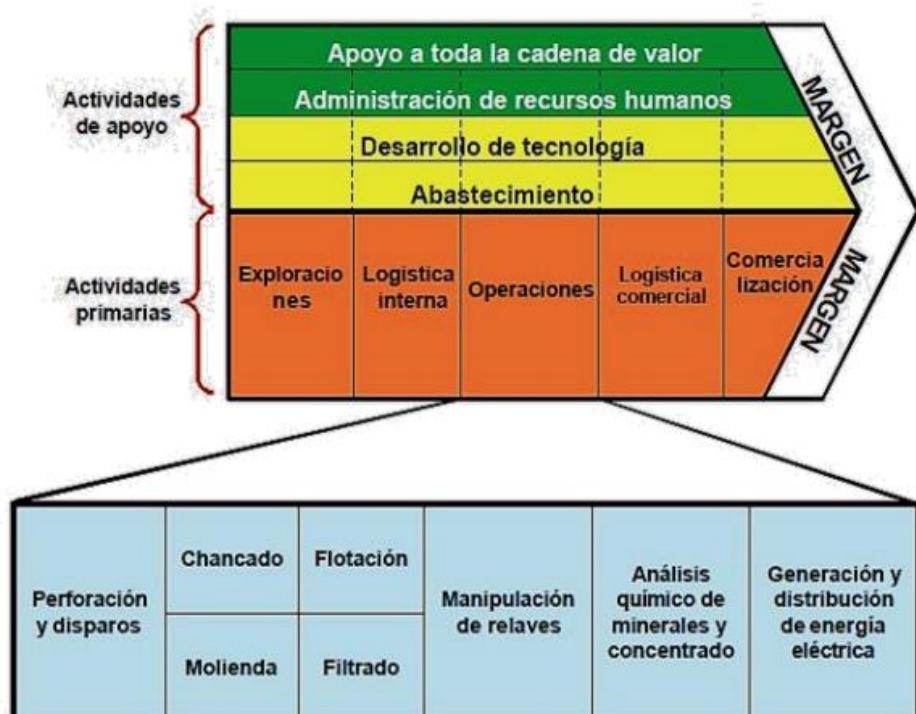


Figura 2. Cadena de valor en minería. (Fuente: “Herramientas de planeamiento estratégico para crear valor económico, social y ambiental en la empresa minera”, GERENS)

9.5. Uso de mineroducto para el transporte de concentrado de mineral

El transporte de concentrando es un tema critico en el desarrollo de un proyecto minero debido a consideraciones de tipo ambiental, salud pública y costos operativos.

Buscando preservar el ambiente con el menor impacto posible, el mineroducto ofrece las siguientes ventajas con relación al traslado del mineral vía terrestre.

9.5.1. Ventajas

La tecnología de transporte por tubería para pulpa es una alternativa de transporte seguro que minimiza los impactos en las comunidades locales y el medioambiente. Sus beneficios incluyen niveles más bajos de contaminación, menores costos operativos y requerimiento de personal, y una menor dependencia en el uso de corredores de transporte de alto tráfico. La tecnología de transporte de pulpa por tubería ofrece una solución sustentable en muchos entornos.

9.5.2. Componentes de un mineroducto

- Una estación de bombeo principal en el concentrador de la planta.
- Una tubería enterrada de Ø 8/9/10" con revestimiento interior de HDPE y recubrimiento exterior de polietileno de tres capas (3LPE).
- Estaciones de válvulas/disipadoras y estaciones de monitoreo de presión a lo largo de la ruta de la tubería.
- Instalaciones terminales de tuberías.
- Software de modelamiento de tuberías Pipeline Simulator para planificación de producción, capacitación de operadores y planificación de operaciones.
- Pipeline Advisor para monitoreo de la tubería en tiempo real, detección de fugas y optimización de procesos.

9.5.3. Características generales del mineroducto

Será una infraestructura de característica transregional, donde el mineral se extraerá en la región Apurímac, luego será transportado hacia el Km 99 Chasquipampa región Arequipa y posteriormente saldrá a la costa de Arequipa puerto matarani.

A continuación, algunas de sus características principales:

- El material que se utilizará, será tubería de acero al carbono API 5L grado X70 de 8 pulgadas de diámetro, equivalente a unos 0.20 metros. Internamente la tubería estará revestida de polietileno de alta densidad.
- La longitud total es de 314 kilómetros aproximadamente, desde la Planta Concentradora de Las Bambas (Cotabambas, Apurímac) hasta el Km 99 Chasquipampa (Caylloma, Arequipa).
- Transportará 193 m³/h de pulpa de concentrado de cobre y molibdeno, con un caudal máximo estimado de 205 m³/h. Además, transportará un promedio de 25 l/s de agua con el concentrado.
- Será instalado en zanjas, a un metro de profundidad, con excepción de los cruces de río, donde pasará por puentes construidos para ese fin.

- La trayectoria del mineroducto involucra terrenos para la construcción de zanjas y para la instalación de postes de alumbrado eléctrico, más una vía de acceso para la vigilancia y seguridad. Todo ello, se denomina como el “derecho de vía” y tendrá un uso de carácter permanente.

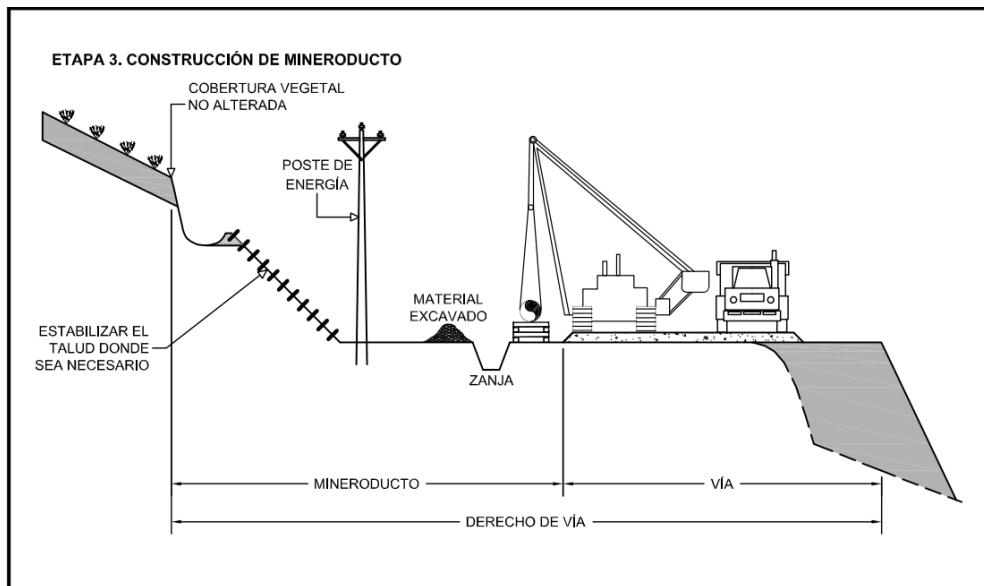


Figura 3. Vista en sección de un tramo en construcción del mineroducto. (Fuente: Mineroducto del proyecto minero las bambas)

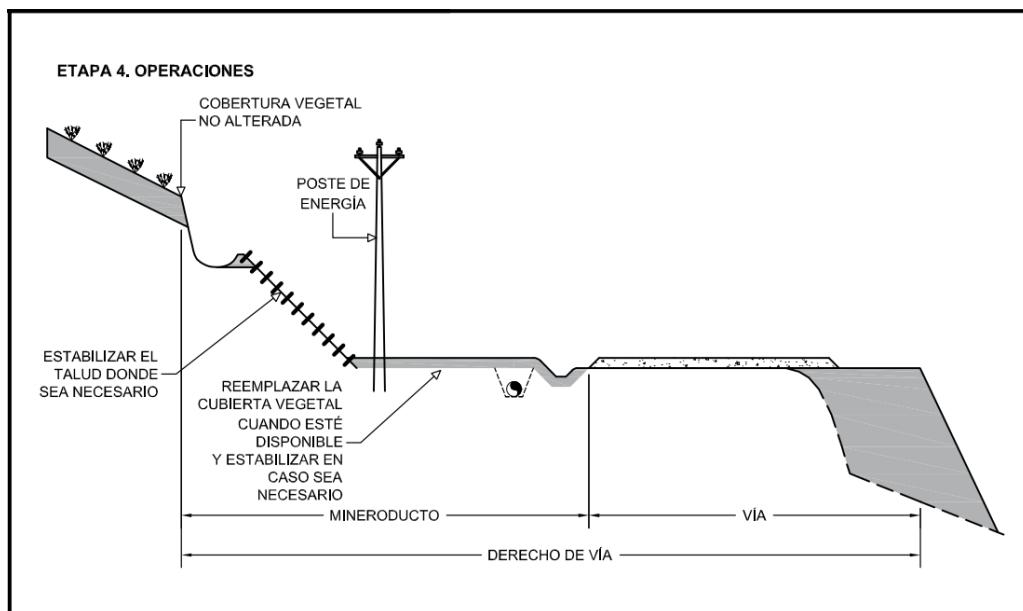


Figura 4. Vista en sección de un tramo en operación del mineroducto. (Fuente: Mineroducto del proyecto minero las bambas)

9.5.4. Evaluación económica

Los sistemas de transporte de pulpa a largas distancias pueden ser valorizadas con un alto grado de certeza, lo que hace favorable la gestión de los fondos para los proyectos que incluyen esta tecnología.

Describiremos los costos unitarios referenciales para la construcción de obras, la valorización global de inversiones, la preparación de flujos de caja, la valorización del costo de operación y el cálculo del costo total de transporte.

9.5.4.1. Valorización de los costos de inversión (capex)

9.5.4.1.1. Costos unitarios de inversión

A continuación, se presenta un resumen de los costos unitarios de las partidas más importantes y de uso frecuente en la valorización de inversiones en sistemas de transporte de pulpas.

a) Costo de tuberías

El precio unitario de las tuberías se maneja en dólares por kilogramo, y necesariamente de importan de países desarrollados. El precio puede ser variable dependiendo de la clase de material de la tubería (grado, norma, etc)

Rango de precios FOB de adquisición de tuberías de acero y HDP es:

- Tubería acero ASTM-A53 G-B	Φ 18"	0.5-0.7 \$/Kg
- Tubería acero API 5L-X65	Φ 18"	0.7-0.9 \$/Kg
- Tubería HDP	Φ 18"	2.5-3.0 \$/Kg

El costo de flete y seguros hasta el puerto de Callao están en el orden de 100 \$/TM

En relación al montaje de tuberías el costo directo de instalación, incluyendo el carguío, transporte, soldadura, oscila entre los siguientes valores.

- Tubería de acero	0.9-1.20 \$/Kg
- Tubería de HDP	0.5-0.70 \$/Kg

b) Costo de obras civiles

En general el costo unitario de obras civiles involucra el costo de los equipos, materiales y mano de obra que el contratista puede usará en la etapa de construcción.

Los valores del costo directo para contratistas de reconocida trayectoria en nuestro medio varían según el rango que se muestra en el siguiente cuadro.

DESCRIPCION LABOR	UNIDAD	COSTO US\$
Excavación abie	US\$/m3	1.50 - 2.0
Excavación abierta en roca	US\$/m3	7.0 - 9.0
Excavación zanja terr	US\$/m3	3.0 - 5.0
Excavación zanja en roca	US\$/m3	14.0 -16.0
Rellenos y terraplenes	US\$/m3	3.0 - 4.0
Rellenos estructurales	US\$/m3	7.0 - 9.0
Hormigón H5 (sin acero de moldaje)	US\$/m3	50.0 - 60.0
Hormigón H20 (sin acero de moldaje)	US\$/m3	60.0 -90.0
Hormigón H30 (sin acero de moldaje)	US\$/m3	80.0 - 100.0
Acero de refuerzo para hormigón	US\$/Kg.	1.0-1.50
Túneles sección 8' x 9'	US\$/Mt	500.0 - 800.0

Tabla 1. Costos de obras civiles. (Fuente: Tesis “Potencialidad del transporte hidráulico de sólidos a largas distancias en la minería peruana”)

En general para estas obras se debe de considerar un costo indirecto de 25% a 30%. Una excepción lo puede constituir las obras de túneles que podrían tener un indirecto de 45% a 50% según la longitud del túnel a escalar.

c) Costo del sistema de bombeo

En relación al sistema de bombeo asociado al transporte de pulpas, se debe considerar la estimación de inversión en bombas centrífugas y de desplazamiento positivo.

Una manera de estimar en forma sencilla el costo de bombeo, es determinado un costo unitario por HP de la bomba. Este costo debe incluir el suministro, flete y seguros, desaduanaje, flete hasta la obra e instalación.

- Bombas Centrífugas 250-300 \$/HP
- Bombas de desplazamiento positivo 500-700 \$/HP

d) Costo del elemento piping

En lo que concierne al costo unitario de estos elementos, generalmente se consideran los costos unitarios que involucren todos los piping y cañerías menores y cuyo precio por lo general se establece por Kg.

A continuación se muestra un cuadro del costo directo unitario estimado de los elementos pipíng mas relevantes. Cabe aclarar que dichos costos incluyen la instalación.

DESCRIPCION LABOR	UNID	COSTO USS
Fittings y cañerías menores	US\$/Kg.	2.0 - 2.5
Anillos cerámicos Φ 18"	US\$/Kg.	1.5 - 2.0
Anillos cerámicos Φ 20"	US\$/Kg.	2.2 - 2.8
Anillos cerámicos Φ 24"	US\$/Kg.	3.0 - 3.7
Válvula de bola Φ 18" CL 150	US\$/Unid	4,000 - 5,000
Válvula de bola Φ 18" CL 300	US\$/Unid	5,500 - 65,000
Válvula de bola Φ 18" CL 600	US\$/Unid	7,500 - 8,500
Válvula de bola Φ 18" CL 900	US\$/Unid	10,500 - 11,000
Válvula Φ 24" CL 150	US\$/Unid	11,500 - 12,500
Válvula de bola Φ 24" CL 300	US\$/Unid	15,000 - 16,000
Válvula de bola Φ 24" CL 600	US\$/U	16,000 - 17,000
Válvula de bola Φ 24" CL 900	US\$/Unid	17,000 - 18,000
Revestimiento poliuretano	US\$/m ²	80.0 - 120.0
Discos de ruptura	US\$/Unid	4,000 - 6,000

Tabla 2. Costo del elemento piping. (Fuente Tesis "Potencialidad del transporte hidráulico de sólidos a largas distancias en la minería peruana")

Como ejemplo, en un mineraducto importante el piping de cada estación disipadora, incluyendo válvulas, piezas especiales, anillos, discos de ruptura, etc. Costo entre 1.0 a 2.0 millones de dólares.

9.5.4.1.2. Valorización del costo de operación

Los costos de operación asociados a un sistema de transporte de pulpa, son muy variables dependiendo de su ubicación geográfica (limpieza de acceso, mano de obra, etc) y la tecnología empleada (anillos de disipación, energía, bombeo, agitación, reposición de tubería y válvulas, etc)

En algunos casos el costo de agua requerida para el transporte puede llegar a ser muy significativo frente a los otros costos.

En general, se puede indicar que el costo de operación total oscila entre 0.1 y 1.5 \$/ton por cada 100 Km de longitud de transporte.

Dentro de los criterios generales a considerar en la valorización de los costos de operación, encontramos los siguientes ítems: mano de obra, insumos, energía, agua, mantención de equipos, reposición de tuberías, válvulas, costo financiero, otros.

a) Mano de obra

Debe tenerse en cuenta la cantidad, dada por la dotación de personal por categoría y, por otro lado, el costo por categoría. El departamento de Ingeniería debe proponer el organigrama de dotación de personal.

b) Insumos

Al momento de valorizar este ítem, se debe conocer los consumos y periodo, y cuál es su costo de almacenamiento en obra. En especial debe analizarse el costo de anillos, piezas especiales, revestimientos, reactivos, etc.

c) Energía

Se debe conocer el consumo energético de los equipos y su factor de potencia, así mismo, su precio unitario, que en este caso estará expresado en KWH.

Debe prepararse tablas de cálculo que permitan estimar con una precisión de +/- 10% el monto anual de KWH a consumir.

d) Agua

Al igual que los ítems anteriores, debe considerarse el costo y la cantidad de agua utilizada. El costo puede ser variable dependiendo de las restricciones de consumo.

e) Mantenimiento de equipos

Se considera un valor equivalente entre el 20-50 % de la energía eléctrica consumida por los equipos, dependiendo de la abrasividad del mineral a transportar. Además, es importante tener un programa de finido de mantenimiento, los costos de repuesto, de mano de obra y de equipos y materiales asociados.

f) Costo financiero

La valorización del costo financiero se determina a través del concepto de costo de oportunidad del capital en nuestro medio puede estimarse en 15% dependiendo si el capital proviene de recursos propios, de la banca nacional o de la banca extranjera.

g) Otros costos

Se debe valorizar los costos de operación relacionados con el mantenimiento de los túneles, canaletas y caminos de alta cordillera. Para el primer y segundo caso se considera de 1 a 2 % de la inversión directa anual, mientras que para el caso de los caminos se define entre 300 y 400 \$/Km Año para mantenimiento, 1000 a 2000 \$Km/año para reparación y entre 5000 y 8000 \$Km/año para la limpieza de la nieve.

9.5.4.1.3. Costo total unitario en transporte de sólidos

El costo total unitario en transporte hidráulico de sólidos esta dado principalmente por el monto de amortización asociado a los equipos y obras principales más el costo de operación efectivo o real.

La amortización de los equipos y obras se establecen en base a la vida útil de estos.

En la siguiente tabla se presenta un resumen de las vidas útiles de equipos y obras para un sistema de transporte típico.

ITEM	ANOS
Plataformas y Túneles	50
Canaletas de Hormigón	20
Sistemas de Bombeo	15
Elementos de Piping	15
Tuberías	10 - 15
Instalaciones Eléctricas	15 - 20
Instrumentación	5 - 10

Tabla 3. Resumen de las vidas útiles de equipos y obras. (Fuente: Tesis “Potencialidad del transporte hidráulico de sólidos a largas distancias en la minería peruana”)

9.5.4.1.4. Cálculo del costo total del mineraducto las bambas

El yacimiento de cobre se explota a un ritmo de 140,000 TMD o 50.4 millones de toneladas al año.

Para el transporte de concentrado se ha diseñado un sistema de tuberías que unen la planta concentradora – Las bambas con el punto de descarga Km 99 – Chasquipampa.

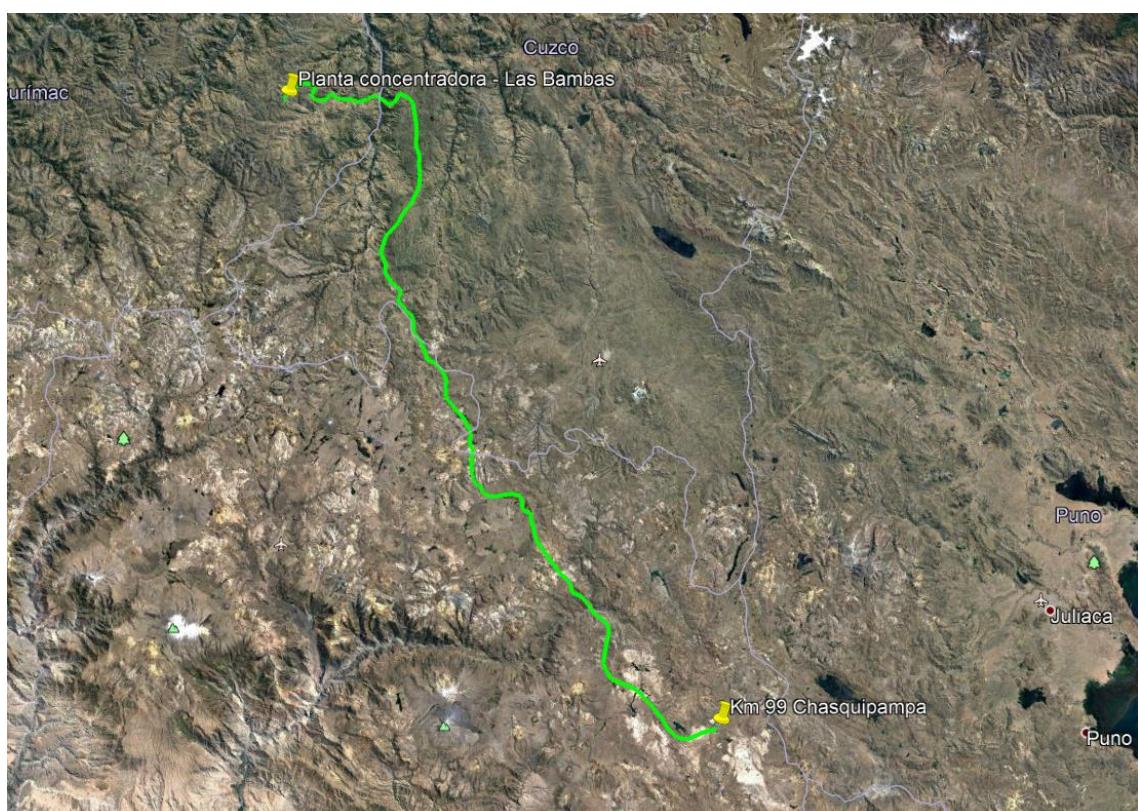


Figura 5. Trazo de la ruta del mineraducto (Planta concentradora – Km 99 Chasquipampa). (Fuente: Elaboración propia con ayuda de herramientas de Google Earth)

Con la ayuda del programa Google Earth se determinó la mejor ruta que une la planta concentradora (Las bambas) y el Km 99 (Chasquipampa), la longitud total del mineraducto es de 314 Km.



Figura 6. Perfil topográfico de la ruta del mineraducto. (Fuente: Elaboración propia con ayuda de herramientas de Google Earth)

Del perfil topográfico se ha determinado ubicar en los puntos más bajos cuatro estaciones de bombeo, válvulas disipadoras y monitoreo de presión.

9.5.4.1.5. Cálculo del costo de inversión (CAPEX)

DESCRIPCIÓN	COSTO USD/Kg	COSTOS USD/m
Costo FOB tubería	0.60	90.00
Flete + Seguro (Callao) (10%)	0.06	9.00
COSTO CIF TUBERIA	0.66	99.00
Advaloren (11%)	0.073	10.89
IGV (18%)	0.132	19.78
Otros (Alcenaje, descarga, Gastos Operativos) (2%)	0.013	1.980
Costo Almacén (Callao)	0.878	131.65
Flete hasta la obra	0.07	10.50
Costo de tubería en obra	0.948	142.15
Costo directo de instalación	1.000	150.0
Costo indirecto de instalación 3%	0.028	4.265
COSTO TOTAL SUMIN. + INST	1.976	296.415

Tabla 4. Cálculo del costo de la tubería en USD/m. (Fuente: Elaboración propia)

DESCRIPCIÓN	UND.	CANTIDAD	PRECIO USD	TOTAL USD
SUMINISTROS				
Tubería de acero 8"	Kg	47,100,000	1.976	93,074,218
Bombas Wirth de 1600 HP c/u	und	4	100,000	400,000
Agitadores de 200 HP	HP	350	750	262,500
Elementos piping (4 est)	Gbl	4	2,000,000	8,000,000
Otros			200,000	200,000
OBRAS CIVILES				
Plataforma para conducción	m	314,000	250	78,500,000
Estaciones	und	4	100,000	400,000
TOTAL SUMINISTROS Y OBRAS				180,836,718
INGENIERIA/INSPECCIÓN	10%			18,083,672
SUB-TOTAL				198,920,389
CONTINGENCIAS	15%			29,838,058
TOTAL CONTINGENCIAS				228,758,448

Tabla 5. Cálculo de la inversión total. (Fuente: Elaboración propia)

9.5.4.1.6. Cálculo del costo de operación (OPEX)

Basado en los costos de operación de proyectos similares, el costo de operación proyectado para el mineraducto será de 0.66 \$ / TMH.

Producción de concentrado 1,584,000 toneladas métricas húmedas anuales, (4400 TMH/día)

Costo anual de operación = 1,045,440 USD/año

9.5.4.1.7. Cálculo del costo total de transporte

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
INVERSIÓN (M \$)	-228,758															
CAPEX ANUALIZADO	-33,587	-33,587	-33,587	-33,587	-33,587	-33,587	-33,587	-33,587	-33,587	-33,587	-33,587	-33,587	-33,587	-33,587	-33,587	
COSTO DE OPERACIÓN (M \$)	-1,045	-1,045	-1,045	-1,045	-1,045	-1,045	-1,045	-1,045	-1,045	-1,045	-1,045	-1,045	-1,045	-1,045	-1,045	
COSTO TOTAL (M \$)	-34,633	-34,633	-34,633	-34,633	-34,633	-34,633	-34,633	-34,633	-34,633	-34,633	-34,633	-34,633	-34,633	-34,633	-34,633	

Tasa de descuento 12%

Tabla 6. Costo anual equivalente para el trasporte por mineroducto. (Fuente: Elaboración propia)

COSTO ANUAL EQUIVALENTE = 34,633,000 \$ / año

COSTO UNITARIO = 21.86 \$/TMH

9.6. Uso de camiones para el transporte de concentrados de mineral

La operación de Las Bambas en Apurímac, Perú es una gran mina de cobre larga vida.

En los últimos tiempos, las zonas que se encuentran en el camino a Las Bambas han pasado por cambios significativos en la mejora de la infraestructura local, incluyendo carreteras. El tráfico ha aumentado en estas carreteras remotas ya que la producción se ha incrementado en una región montañosa difícil y desafiante.

El corredor de carretera y ferrocarril que comienza en Las Bambas, pasa operaciones importantes como Antapaccay, Constancia y Cerro Verde en el camino al puerto de concentrado más grande del mundo en Matarani. El camino atraviesa tres regiones, cinco provincias, 14 distritos y 60 comunidades.

Por lo que se desarrolló una alternativa del transporte de concentrado de cobre por camiones desde la mina hasta el puerto de Matarani.



Figura 7. Camión empleado para el transporte de concentrados (Fuente: lasbambas.com)

Ruta	Institución	Codificación
Evitamiento Trazo Nueva Fuerabamba	Municipalidad Provincial de Cotabambas	En proceso de jerarquización (ex ruta vecinal R73)
Chalhuahuacho - Pte. Ichuray	PROVIAS Nacional	PE - 3S F
Pte. Ichuray - Pte. Sayhua	Gobierno Regional de Apurímac	AP - 115
Pte. Sayhua - Capaccmarca Desvío Capaccmarca (Km. 91.400) - Pte. Sayhua (Km 118.830)	Gobierno Regional de Cusco	CU - 138
Evitamiento Capaccmarca (Ruta de 3.5 km)	Municipalidad Distrital de Capaccmarca, Chumbivilcas, Cusco	No tiene codificación
Tramo Dv. Capaccmarca - Moyo Orco - Dv. La Perla - Yavi Yavi - Dv. Huincho (Capaccmarca - Valille)	Gobierno Regional de Cusco	CU - 119 y CU - 127
Carretera Comunidad Campesina Ccanchahuani - Fundo Huancaro, reclasificada como Red Vial Departamental, por la Municipalidad Distrital de Colquemarca	Municipalidad Distrital de Colquemarca	En proceso de jerarquización
Tramo Tuntuma - Valille - Ccollana - Límite con Huaylla Huaylla	Municipalidad de Valille	En proceso de jerarquización
Tramo Coporaque - Espinar	Municipalidad Distrital de Coporaque	Ruta CU-834 Ruta CU-835
Vía Nacional (Espinar - Condoroma)	Provías Nacional	PE-34E
Vía Nacional (Condoroma - Imata)	Provías Nacional	PE-34J
Vía Nacional (Imata - Arequipa)	Provías Nacional	PE-34A

Vía Nacional (Arequipa - Dv. Matarani)	Provías Nacional	PE-1S
Vía Nacional (Dv. Matarani - Puerto Matarani)	Provías Nacional	PE-34

Tabla 7. Rutas desde mina hasta el Puerto de Matarani. (Fuente: "Propuesta para la mejora del proceso de Transporte de concentrado de cobre de la minera Las bambas hacia la estación ferroviaria Kilometro 99 Chasquipampa - Arequipa")

9.6.1. Gestión Ambiental

Posibles impactos

- Incremento del material particulado
- Incremento de concentraciones de gases
- Modificación de los niveles de ruido
- Modificación de los niveles de vibraciones

Medidas exigidas y aprobadas por Senace

A partir de la evaluación técnica del Senace, la MEIA establece medidas de manejo, que serán de cumplimiento legal, obligatorio y fiscalizable por el OEFA:

- Riego diario mediante cisternas, desde 4 frentes de trabajo con más de 50 cisternas, en el horario de 06:00 a 18:30 hrs; manteniendo dicha medida hasta que la vía nacional sea asfaltada.
- Establece velocidades máximas para el transporte de concentrados (hoja de ruta de velocidades).
- Paradas de descanso para vehículos en plataformas designadas especialmente para tal fin.
- Monitoreo del comportamiento del conductor mediante un sistema de video cámaras en el camión.
- Monitoreo de las unidades de transporte mediante sistemas de rastreo satelital GPS.

Asimismo todos los recipientes que participan en el transporte de concentrado de cobre se sellan para evitar cualquier derrame accidental. Asimismo antes del paso de camiones, el camino es regado para reducir la perturbación de la carretera y el polvo resultante.

Las Bambas está elaborando más de 80 km de carretera con micro pavimento dentro y alrededor de las comunidades donde pasan camiones.

Inconvenientes por el uso de la carretera

El polvo y el ruido de los camiones han sido considerados un problema por las comunidades. Lo que generó aumento en el regado de la carretera para reducir el polvo y la inversión en mejoras de la carretera se ha emprendido para mitigar preocupaciones de la comunidad.

Las actividades están respaldadas por un mecanismo de reclamación bajo el marco de los derechos humanos y las empresas de la ONU. Las Bambas ha invertido más de USD \$ 246 millones de dólares en la mejora y mantenimiento de caminos.

9.6.2. Gestión de Seguridad

A la fecha se registra más de 700 conductores de camiones de concentrados y 100 conductores de escolta que participan en el transporte de concentrado a la estación de Pillones.

Las Bambas ha estado implementando activamente las iniciativas para reducir la fatiga y aumentar la seguridad vial. Algunas de estas incluyen, una estricta fiscalización y prohibición del consumo de drogas, uso de cámaras en políticas de maniobras correctas y seguras, campañas de consumo de alcohol cero con pruebas regulares de alcoholemia a internos y externos de cada camión, para alertar a los conductores fatigados se implementaron pulseras para el control de reposo de cada conductor, así como los programas de mantenimiento preventivo y correctivo.

9.6.3. Gestión Social

Las Bambas viene trabajado desde hace muchos años con las comunidades circundantes en los acuerdos de acceso, uso de las carreteras y mejoramiento de caminos.

El equipo de Las Bambas se compromete a trabajar con las comunidades locales para encontrar a largo plazo, soluciones sostenibles a las preocupaciones, incluido el ruido y el polvo como resultado del transporte de concentrado. El equipo también está trabajando estrechamente con el Gobierno del Perú, así como líderes de la región y de la comunidad a lo largo de nuestro corredor de transporte.

Tenemos un equipo en cada una de las comunidades por donde el material es transportado. Todos los cambios y las mejoras introducidas en el proyecto se han comunicado, en base al cumplimiento de las normas reglamentarias necesarias.

Para mejorar la gestión del impacto de la logística del transporte de concentrado en las comunidades locales ubicadas a lo largo de la carretera, se plantea una serie de iniciativas, a saber.

- Trabajo permanente con las empresas de las comunidades locales, cuyo resultado fue contar con 16 empresas locales que abastecieron a la operación de 117 camiones para el transporte de concentrado.
- Reducción de la exposición de la comunidad al polvo mediante la aplicación de micro-pavimento a lo largo de cerca de 60 km de la vía, conjuntamente con la autoridad de transporte. Esta inversión de más de USD 22 millones se centró en los tramos de la vía pública en las comunidades y alrededor de las mismas.
- Medición permanente de la concentración de partículas de polvo en el aire, a través de la implementación de diez estaciones de monitoreo. Supresión permanente de polvo mediante el riego de las vías con más cincuenta camiones cisterna arrendados a empresas locales.

Las Bambas también se comprometió una a invertir \$4 millones en virtud de un convenio suscrito con el Ministerio de Transportes y Comunicaciones y el gobierno regional para realizar estudios técnicos para la pavimentación de la vía pública. Asimismo, hemos expresado al MTC nuestra disposición de contribuir con el asfaltado de la carretera mediante el método de obras por impuestos.

Los estudios se están llevando a cabo actualmente y prevemos que la autoridad de transporte iniciará el asfaltado de toda la vía Las Bambas —Espinar hacia fines del año 2018. A pesar de nuestros esfuerzos por mejorar las vías públicas y mitigar los impactos causados por el transporte de concentrado

9.6.4. Gestión Legal

Regulación sobre transporte de Mineral.

La Ley N.º 28256, Ley que regula el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos, y el Decreto Supremo N° 021-2008-MTC, reglamento de la citada norma, tienen como objetivo regular las actividades, procesos

y operaciones del transporte terrestre de los materiales y residuos peligrosos, con sujeción a los principios de prevención y de protección de las personas, el ambiente y la propiedad, dentro de los cuales se encuentra el concentrado de cobre, siendo de alcance nacional y obligatorio para todas las personas naturales y jurídicas de derecho público o privado

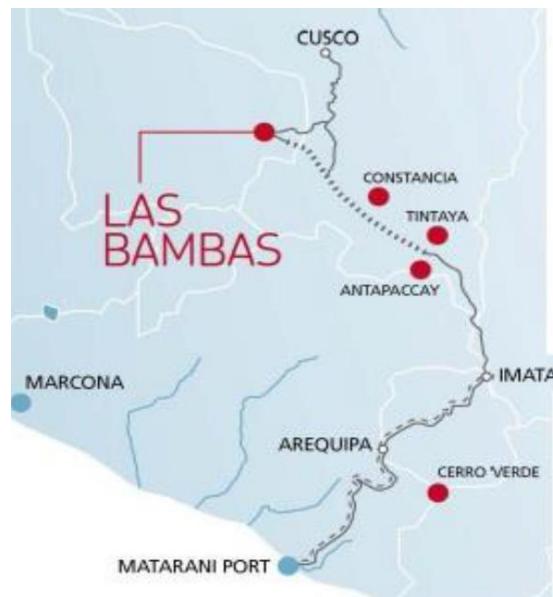


Figura 8. Ruta empleada para el transporte de concentrado desde mina Las Bambas hasta el puerto Matarani.
(Fuente: lasbambas.com)

Artículo 85.- Para la opción escogida de la vía o vías de transporte, en el estudio ambiental se describirán los diseños, actividades, obras, así como las instalaciones de soporte asociadas, incluyendo entre otras:

- Carreteras, vías férreas, mineródulos, transportadores de faja, vías fluvial, marítima u otros medios de transporte que se hayan seleccionado o que se requiera para la conexión con la infraestructura existente. Se deberá evaluar la ruta de transporte (cruces de ríos, puentes, zonas angostas, zonas de alta pendiente, zonas de deslizamiento, poblaciones, etc.), identificando zonas de riesgo y considerar medidas de seguridad en casos de contingencias que afecten a la salud y al ambiente.
- En el caso que se determine el uso de carreteras públicas como principal medio de transporte, se deberá incluir el respectivo estudio de transitabilidad de la vía, de acuerdo a los parámetros fijados por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) en función al peso y frecuencia de transporte así como la afectación a los índices de vehículos que transitan por la vía”.

9.6.5. Gestión de Inversión

Las Bambas invirtió USD 200 millones para el transporte vial de minerales en vías de comunicación para el transporte de concentrados al puerto de Matarani, en la región Arequipa. Esta inversión les permitió trasladar 1088 millones de toneladas de cobre y zinc en un año. Dicha inversión no solo permitió ampliar las vías, que eran muy estrechas, sino convertirlas en vías pavimentadas, específicamente en la provincia de Cotabambas y sus anexos.

Esta inversión ha permitido la optimización del transporte de cobre y zinc, acortando tiempos de transporte y respondiendo oportunamente en el traslado del mineral hacia sus clientes.

Las Bambas emplea un sistema de transporte bimodal, el cual implica transporte en camiones y tren desde la zona de mina hasta el puerto de Matarani, recorrido que toma cinco días en promedio.

Para lograr ello la minera trabajó coordinadamente con 33 de 50 comunidades campesinas y 800 poseedores de las zonas por donde transitan sus minerales. Tales acuerdos permitieron lograr la ampliación de la carretera de 7 a 9 metros de ancho.

Además, se logró pavimentar 83 kilómetros de vía, permitiendo ello el paso de 130 camiones al día, los cuales van en un solo sentido. A pesar de la agreste geografía el tiempo en el transporte han sido reducido significativamente.

9.6.6. Gestión de Operación

Detalle de ruta de transporte

El diseño de la operación de transporte de concentrado, hace uso de ciclos de 3 días de transporte denominados Round Trip (viaje de ida y vuelta), dividiendo el trayecto comprendido entre el almacén de concentrados Las Bambas y la estación ferroviaria de transferencia en Chasquipampa Km. 99, en tres anillos de transporte, que cubren el recorrido total en un viaje de ida y vuelta.

Anillo 1: Día 1, desde Las Bambas (A) hasta Espinar (B)

Anillo 2: Día 2, desde Espinar (B) hasta Chasquipampa Km. 99 (C) – desde Chasquipampa Km. 99 (C) hasta Espinar (B) (se considera el retorno)

Anillo 3: Día 3, desde Espinar (B) hasta Las Bambas (A)

La distancia comprendida entre el punto inicial del proceso de transporte y el destino final, es de 955 Km.

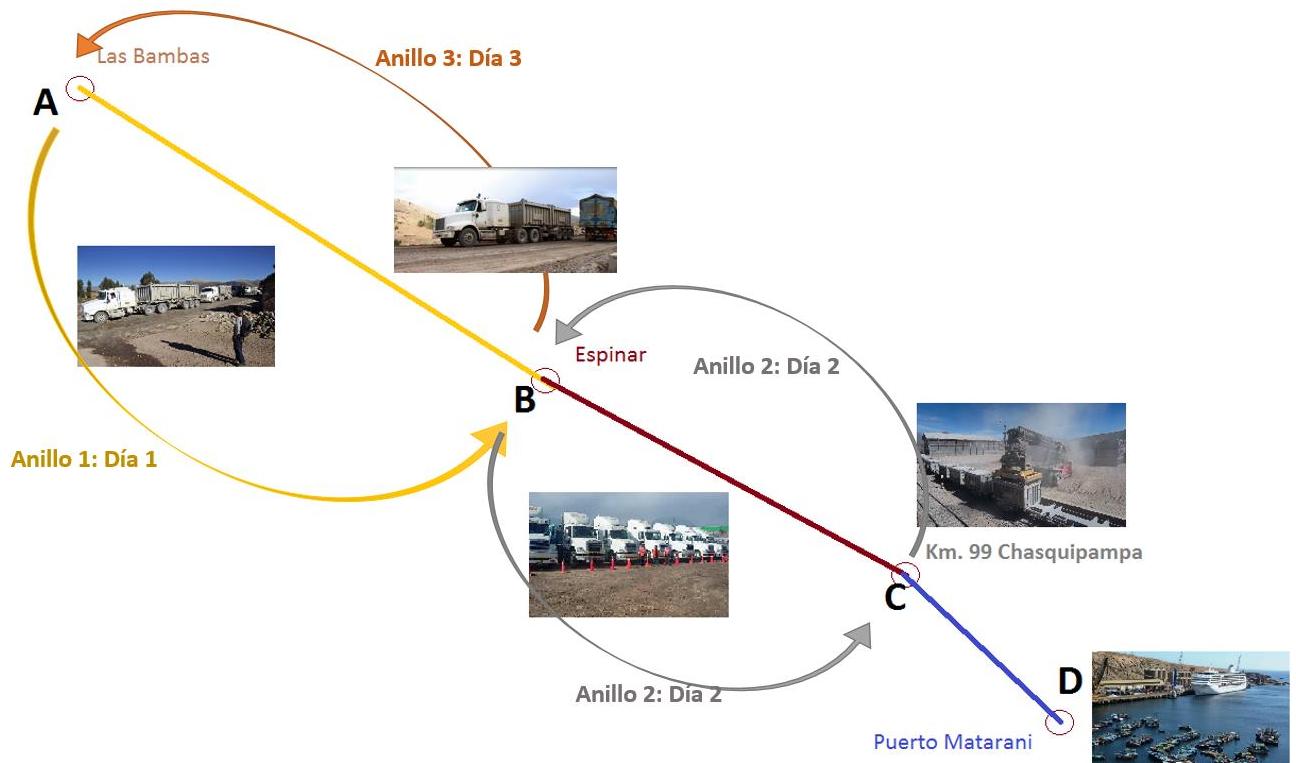


Figura 9. Round Trip, descripción del transporte Mina a Puerto. (Fuente: “Propuesta para la mejora del proceso de Transporte de concentrado de cobre de la minera Las bambas hacia la estación ferroviaria Kilometro 99 Chasquipampa - Arequipa”)

Ruta A – B: Día 1, Anillo 1 Las Bambas – Espinar



Figura 10. Ruta A – B: Día 1, Anillo 1 Las Bambas – Espinar. (Fuente: Elaboración propia)

El anillo 1 corresponde al primer día del Round Trip de operación y cubre las distancias comprendidas entre las Bambas y Espinar, cubriendo una distancia de 277.5 Km. entre ambos puntos.

El Round Trip en su primer día de operación atraviesa 24 localidades, observándose que casi en su totalidad el estado de la vía es afirmada.

Round Trip Anillo 1 Día 1					
Sentido	Item	Inicio	Fin	Distancia (Km)	Estado de vía
IDA - CARGADO	1	Las Bambas	Pumamarca	16	Afirmado
	2	Pumamarca	Antuyo	6	Afirmado
	3	Antuyo	Cruce Quehuire	13	Afirmado
	4	Cruce Quehuire	Congota	8	Afirmado
	5	Congota	Pisaccasa	2	Afirmado
	6	Pisaccasa	Yuricancha	3	Afirmado
	7	Yuricancha	Mara	12	Afirmado
	8	Mara	Pitij	8	Afirmado
	9	Pitij	Sayhua	11	Afirmado
	10	Sayhua	Ccaracha	2	Afirmado
	11	Ccaracha	Huascabamba	3	Afirmado
	12	Huascabamba	8 de Agosto	13	Afirmado
	13	8 de Agosto	Ccpacmarca	2.5	Afirmado
	14	Ccpacmarca	Km. 105 Cochapata	9.5	Afirmado
	15	Km. 105 Cochapata	Conguya	1.5	Afirmado
	16	Conguya	Pumapuquio	8	Afirmado
	17	Pumapuquio	Huininquiri	42	Afirmado
	18	Huininquiri	Plataforma Winchi	6	Afirmado
	19	Plataforma Winchi	Wincho	7	Afirmado
	20	Wincho	Huallpamayo	7	Afirmado
	21	Huallpamayo	Tacllapampa	9	Afirmado
	22	Tacllapampa	Velille	10	Afirmado
	23	Velille	Uninsaya	54	Afirmado
	24	Uninsaya	Cochera Espinar	24	Afirmado / Asfaltado
Total de Distancia recorrida				277.5	Km

Tabla 8. Round Trip Anillo 1 Día 1. (Fuente: "Propuesta para la mejora del proceso de Transporte de concentrado de cobre de la minera Las bambas hacia la estación ferroviaria Kilometro 99 Chasquipampa - Arequipa")



Figura 11. Ruta B – C – B: Día 2, Anillo 2 Espinar – Km 99(Chasquipampa) – Espinar. (Fuente: Elaboración propia)

El anillo 2 corresponde al segundo día del Round Trip de operación y cubre las distancias comprendidas entre Espinar, la estación ferroviaria Chasquipampa, Km 99 y retorno hacia Espinar, cubriendo una distancia de 400 Km. entre el punto inicial y el punto final.

El Round Trip en su segundo día de operación atraviesa 10 localidades, en este anillo, como se puede apreciar, posee la particularidad de cubrir el tramo correspondiente en sentido de ida y vuelta, encontrándose la mayor parte de la vía para este tramo en estado asfaltado.

Round Trip Anillo 2 Día 2					
Sentido	Item	Inicio	Fin	Distancia (Km)	Estado de vía
IDA - CARGADO	1	Cochera Espinar	Marquiri	11	Afirmado
	2	Marquiri	Llavepata	31	Afirmado
	3	Llavepata	Capilla	19	Afirmado
	4	Capilla	Condoroma	8	Asfaltado
	5	Condoroma	Oscollo	17	Asfaltado
	6	Oscollo	Morocaqui	23	Asfaltado
	7	Morocaqui	Cruce Imata	20	Asfaltado
	8	Cruce Imata	Imata	12	Asfaltado
	9	Imata	Cruce Patahuasi	53	Asfaltado
	10	Cruce Patahuasi	Km. 99	6	Asfaltado

RETORNO - VACÍO	11	Km. 99	Cruce Patahuasi	6	Asfaltado
	12	Cruce Patahuasi	Imata	53	Asfaltado
	13	Imata	Cruce Imata	12	Asfaltado
	14	Cruce Imata	Moroaqui	20	Asfaltado
	15	Moroaqui	Oscollo	23	Asfaltado
	16	Oscollo	Condoroma	17	Asfaltado
	17	Condoroma	Capilla	8	Asfaltado
	18	Capilla	Llavepata	19	Afirmado
	19	Llavepata	Marquiri	31	Afirmado
	20	Marquiri	Cochera Espinar	11	Afirmado
Total de Distancia recorrida				400	Km

Tabla 9. Round Trip Anillo 2 Día 2. (Fuente: "Propuesta para la mejora del proceso de Transporte de concentrado de cobre de la minera Las bambas hacia la estación ferroviaria Kilometro 99 Chasquipampa - Arequipa")

Ruta B – A: Día 3, Anillo 3 Espinar – Las Bambas

El anillo 3 corresponde al tercer día del Round Trip de operación y cubre las distancias comprendidas entre Espinar y las Bambas en el circuito de retorno, cubriendo un distancia de 277.5 Km.

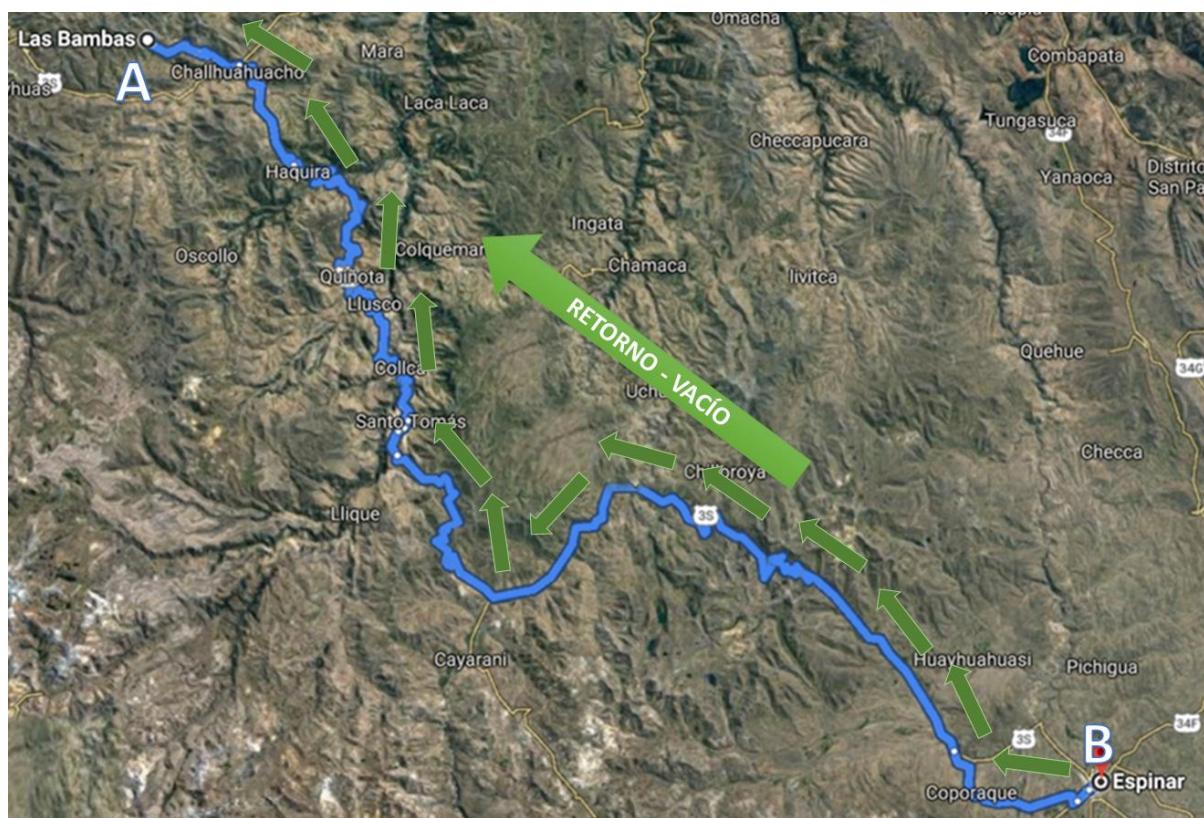


Figura 12. Ruta B – A: Día 3, Anillo 3 Espinar – Las Bambas. (Fuente: Elaboración propia)

El Round Trip en su tercer día de operación atraviesa 24 localidades, en el tramo comprendido entre Espinar y Las Bambas, completando el viaje de retorno de la flota de camiones porta contenedor.

Round Trip Anillo 3 Día 3					
Sentido	Item	Inicio	Fin	Distancia (Km)	Estado de vía
RETORNO - VACÍO	1	Cochera Espinar	Uninsaya	24	Afirmado / Asfaltado
	2	Uninsaya	Velille	54	Afirmado
	3	Velille	Tacllapampa	10	Afirmado
	4	Tacllapampa	Huallpamayo	9	Afirmado
	5	Huallpamayo	Wincho	7	Afirmado
	6	Wincho	Plataforma Winchi	7	Afirmado
	7	Plataforma Winchi	Huininquiri	6	Afirmado
	8	Huininquiri	Pumapuquio	42	Afirmado
	9	Pumapuquio	Conguya	8	Afirmado
	10	Conguya	Km. 105 Cochapata	1.5	Afirmado
	11	Km. 105 Cochapata	Ccpacmarca	9.5	Afirmado
	12	Ccpacmarca	8 de Agosto	2.5	Afirmado
	13	8 de Agosto	Huascabamba	13	Afirmado
	14	Huascabamba	Ccaracha	3	Afirmado
	15	Ccaracha	Sayhua	2	Afirmado
	16	Sayhua	Pitij	11	Afirmado
	17	Pitij	Mara	8	Afirmado
	18	Mara	Yuricancha	12	Afirmado
	19	Yuricancha	Pisaccasa	3	Afirmado
	20	Pisaccasa	Congota	2	Afirmado
	21	Congota	Cruce Quehuire	8	Afirmado
	22	Cruce Quehuire	Antuyo	13	Afirmado
	23	Antuyo	Pumamarca	6	Afirmado
	24	Pumamarca	Las Bambas	16	Afirmado
Total de Distancia recorrida				277.5	Km

Tabla 10. Round Trip Anillo 3 Día 3. (Fuente: "Propuesta para la mejora del proceso de Transporte de concentrado de cobre de la minera Las bambas hacia la estación ferroviaria Kilometro 99 Chasquipampa - Arequipa")

9.6.7. Gestión del transporte

El concentrado de cobre es transportado por camión 477 kilómetros de la mina hasta la estación de Chasquipampa, donde se transporta 286 kilómetros más en tren hasta el puerto de Matarani.

Características del camión portacontenedor

Los camiones de transporte de concentrado de mina al puerto tienen 2 contenedores, los cuales tienen una capacidad de 17.3 toneladas cada uno, con una flota de 106 camiones por día, lo que genera una transferencia de más de 3600 toneladas métricas húmedas.



Figura 13. Camión portacontenedor. (Fuente: lasbambas.com)



Figura 14. Contenedor ISO. (Fuente: lasbambas.com)

La primera parte de la operación de transporte se realiza a través de camiones portacontenedor, compuestos por un tractor remolcador y un semi remolque porta contenedor, que conducen dos contenedores ISO cerrados, con capacidad de carga total de 34,20 toneladas de concentrado por camión.

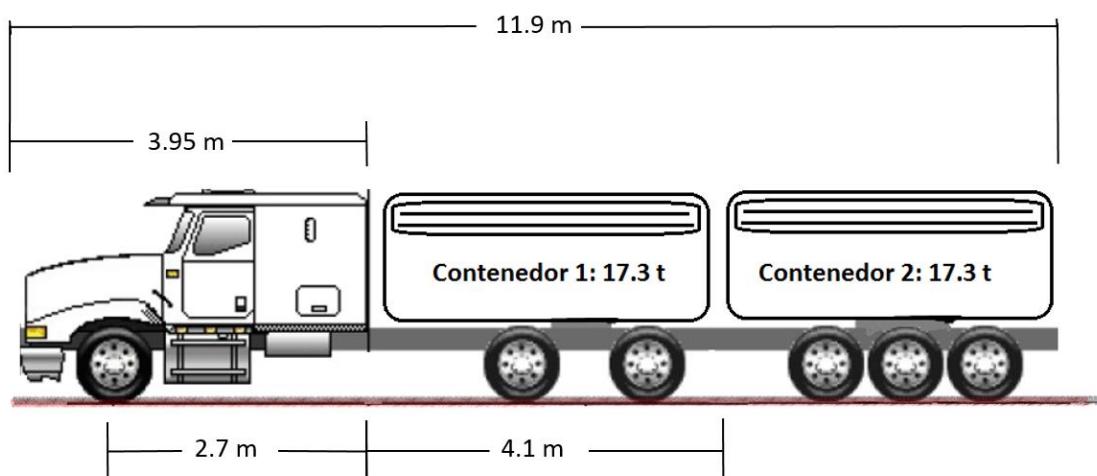


Figura 15. Dimensiones del camión portacontenedor. (Fuente: Elaboración propia)

Monitoreo de flotas

- Velocidades por tramos.
- Administración de despachos.
- Ubicación en tiempo real del vehículo.
- Zonas de riesgo en carretera.
- Paradas autorizadas.
- Total de horas de conducción.
- Identificación de geocercas.

Innovación tecnológica

Los vehículos se encuentran equipados con la tecnología más moderna para una gestión eficiente de la flota:

- Radio con cobertura de 16 frecuencias.
- Cámara frontal y delantera con memoria incluida.
- Teléfono Satelital.
- Dispositivo AVL.
- Sensor de temperatura de motor y rpm.
- Botón de pánico.
- Control de velocidad y posición.
- Botón de sabotaje.

Especificaciones técnicas

Vehículo	Remolcador
Marca	International
Modelo	9200I SBA 6x4
Cabina	Techo Bajo con Litera
Peso Bruto	60,000 Lb (27,715 Kg)
Peso Seco	17,359 Lb (7,874 Kg) Aprox.
Aros - Neumáticos	
Aros delanteros	De disco, de aluminio, 8.25 x22.5"
Aros posterior	De disco, de aluminio, 8.25 x22.5"
Neumáticos delanteros	11R22.5, 16 pliegues
Neumáticos posteriores	11R22.5, 16 pliegues
5º Rueda	
Marca	Fontaine/SL7FMA-D69-3
Tipo	Fija
King Pin	2"

Tabla 11. Especificaciones técnicas de los camiones. (Fuente: "Propuesta para la mejora del proceso de Transporte de concentrado de cobre de la minera Las bambas hacia la estación ferroviaria Kilometro 99

Chasquipampa - Arequipa")

Producción de concentrado transportado

Dado que el proceso de transporte de concentrados de minera las Bambas se convierte en actividad primaria, dentro de la cadena de valor de esta, el alcance del análisis de procesos se circunscriben a este, por ello es indispensable considerar los factores que se involucran en la ruta de transporte.

Factores para el diseño del Round Trip	
Factor	Valor/Situación
Producción diaria de concentrado	4400 TMH
Distancias entre Las Bambas y Chasquipampa	955 Km.
Jornada Laboral	12 h
Horarios de trabajo	Diurnos/vespertinos
Capacidad camión porta contenedor	34 TMH
Estado de vía	Afirmada/Asfaltada

Tabla 12. Factores del Round Trip. (Fuente: "Propuesta para la mejora del proceso de Transporte de concentrado de cobre de la minera Las bambas hacia la estación ferroviaria Kilometro 99 Chasquipampa - Arequipa")

Dadas las consideraciones anteriores, calculamos el dimensionamiento total de la flota de camiones necesaria para el proceso de transporte del concentrado, bajo el esquema de Round Trip de 3 días.

Dimensionamiento de tamaño de flota		
Concepto	Cantidad	unidades
# camiones por anillo/día	130	unidades
# camiones Round Trip 3 días	390	unidades
Necesidad de flota (spare)	20	%
Flota total operativa	468	unidades

Tabla 13. Dimensionamiento de flota. (Fuente: "Propuesta para la mejora del proceso de Transporte de concentrado de cobre de la minera Las bambas hacia la estación ferroviaria Kilometro 99 Chasquipampa - Arequipa")

Para 130 camiones portacontenedores utilizados para transportar la producción de un día de concentrados, se hizo necesario calcular la cantidad óptima de convoyes en función al número de camiones.

Característica	Consideración	Unidades
Round trip	3 días	días
Anillos	3	viajes
Conformación de flota	20	unidades
Escoltas	1	floteo
	1	protección
Separación entre convoy	3	Km
	5	min
Separación entre unidades	375 - 500	m
Horarios de salida convoy	6:30 - 8:00	am
Patrullas	4	A lo largo de la ruta

Tabla 14. Detalle de transporte por camiones. (Fuente: "Propuesta para la mejora del proceso de Transporte de concentrado de cobre de la minera Las bambas hacia la estación ferroviaria Kilometro 99 Chasquipampa - Arequipa")

Plan de producción de transporte de concentrados

Mes	Tons. húmedas (wet)	Tons. Secas (dry)
Enero	20.500.00	18.636.36
Febrero	35.000.00	31.818.18
Marzo	54.000.00	49.090.91
Abril	58.000.00	52.727.27
Mayo	60.000.00	54.545.45
Junio	115.000.00	104.545.45
Julio	110.000.00	100.000.00
Agosto	120.000.00	109.090.91
Septiembre	122.000.00	110.909.09
Octubre	145.000.00	131.818.18
Noviembre	122.000.00	110.909.09
Diciembre	137.000.00	124.545.45
Total	1.098.500.00	998.636.34

Tabla 15. Plan de producción de transporte de concentrados. (Fuente: "Propuesta para la mejora del proceso de Transporte de concentrado de cobre de la minera Las bambas hacia la estación ferroviaria Kilometro 99 Chasquipampa - Arequipa")

9.6.8. Análisis de costos

9.6.8.1. Costos del transporte de concentrado mina – puerto

El contrato de transporte firmado entre minera las Bambas y TRANSALTISA S.A, considera dos factores para la liquidación de los costos totales mensuales, los cuales son: tarifa fija y tarifa variable.

Tarifa fija

Es la que minera las Bambas, conviene con el contratista, mediante la cual cubre las necesidades básicas del servicio de transporte de concentrado, la composición de la tarifaria fija, en función de sus principales componentes.

Rubro

- Mano de obra
- Alimentación
- Hospedaje
- Exámenes Médicos
- Gastos administrativos
- Gastos financieros

El costo convenido para el primer año de operación es aproximado \$2.200.000.00 por mes.

Tarifa variable

Es la que minera Las Bambas conviene con TRANSALTISA S.A. para cubrir aspectos operacionales y que corresponden a aspectos de índole dinámico en el desarrollo de las operaciones de transporte de concentrado.

Rubro

- Combustible
- Neumáticos
- Peajes

A continuación se muestra el cálculo de la tarifa variable para la operación de transporte en las condiciones actuales de operación, la que considera aspectos, como el consumo de combustible y la duración de los neumáticos en las condiciones actuales de la vía, además del costo de los peajes.

Consideraciones Tarifa variable		
Distancia Total	955	Km
Tipo Cambio	3.4	s./
Capacidad camión	34	t
Duración delanteras	32000	Km
Duración tracción	21000	Km

Tabla 16. Consideraciones de tarifa variable. (Fuente: "Propuesta para la mejora del proceso de Transporte de concentrado de cobre de la minera Las bambas hacia la estación ferroviaria Kilometro 99 Chasquipampa - Arequipa")

Componente	Unidad	Total	Costo unidad s./	Total s./	Total \$
Combustible	Galón	121.5	10.2	1239.3	364.5
Neumático	Delanteras	2	1700	50.73	359.97
	Tracción	8	6800	309.24	
Peajes	Unidad	4	40	160	47.06
Costo variable /t (\$)					22.7

Tabla 17. Componentes de la tarifa variable. (Fuente: "Propuesta para la mejora del proceso de Transporte de concentrado de cobre de la minera Las bambas hacia la estación ferroviaria Kilometro 99 Chasquipampa - Arequipa")

El costo determinado actualmente se precisa en \$ 22.70 por tonelada de concentrado que se transporta.

Reajuste de tarifa

Las tarifas convenidas, entre minera Las Bambas y TRANSALTISA S.A. para realizar el proceso de transporte, se reajustan periódicamente según la naturaleza de los cambios y según la siguiente fórmula polinómica:

$$T_r = T_b \times F_a$$

T_r : Tarifa reajustada

T_b : Tarifa base

F_a : Factor de ajuste

9.6.8.2. Reajuste de Tarifa

Reajuste de tarifa fija

El factor de ajuste para la tarifa fija está dado por la siguiente formula:

$$F_a = 1 + (\% \text{ Peso Hospedaje} + \% \text{ Peso Remuneración, exámenes médicos y capacitaciones} + \% \text{ Peso Alimentación})$$

En donde:

- El reajuste del componente hospedaje se realiza cada vez que ocurra la variación del mismo.
- El reajuste del componente Remuneraciones, exámenes médicos y capacitación, se reajusta una vez al año.
- El reajuste del componente Alimentación, se realiza cada vez que ocurra la variación del mismo.

Ponderación de pesos tarifa fija	
Rubro	%
<i>Hospedaje</i>	7
<i>Remuneración, exámenes médicos y capacitación</i>	35
<i>Alimentación</i>	6
<i>Sin ajustes</i>	52

Tabla 18. Ponderación de pesos tarifa fija. (Fuente: “Propuesta para la mejora del proceso de Transporte de concentrado de cobre de la minera Las bambas hacia la estación ferroviaria Kilometro 99 Chasquipampa - Arequipa”)

Reajuste tarifa variable

El factor de reajuste para la tarifa variable está dado por:

$$F_a = 1 + (\%Peso\ Combustible + \%Peso\ Neumáticos + \%Peso\ Peajes)$$

En donde:

- El reajuste del componente Combustible se realiza con una frecuencia mensual
- El reajuste del componente Neumático se realiza en forma trimestral.
- El reajuste del componente Peajes se realiza cuando ocurra la variación del mismo

Ponderación de Pesos Tarifa Variable	
Rubro	%
<i>Combustible</i>	55
<i>Neumáticos</i>	15
<i>Peajes</i>	1
<i>Sin ajuste</i>	29

Tabla 19. Ponderación de pesos tarifa variable. (Fuente: “Propuesta para la mejora del proceso de Transporte de concentrado de cobre de la minera Las bambas hacia la estación ferroviaria Kilometro 99 Chasquipampa - Arequipa”)

9.6.8.3. Evaluación de desempeño

La evaluación de desempeño del proceso de transporte se realizará tomando en cuenta tres factores importantes que son:

- Factor costo
- Factor tiempo
- Factor proceso

Los costos variables durante los primeros meses de operación, del año 2016, corresponde al costo precisado, hasta la culminación de la construcción del almacén ubicado en las instalaciones de TISUR, por lo que corresponde a la tarifa por tonelada de concentrado transportado desde el almacén de minera Las Bambas hasta el puerto de Matarani.

Los reajustes al valor del costo variable han ocurrido debido al incremento del uso del combustible, componente del costo variable, debido fundamentalmente al deterioro del estado de la vía, lo que provoca transito lento de la flota y en consecuencia, incremento del uso de combustible. (121.50 galones por round trip)

Asimismo disminución de duración de los neumáticos, componente del costo variable, debido fundamentalmente al deterioro del estado de la vía.

Se aprecia claramente el incremento de los costos, debido al reajuste de la tarifa variable, teniendo como origen fundamental el deterioro del estado de la vía de transporte.

MINERA LAS BAMBAS

Detalles

	1600	Summary
	Ton	2016
Concentrate Production		
Cu Conc. (dry)	Ton	
Cu Conc. Wet	Ton	1,571,328
Mo Conc. (dry)	Ton	
Mo Conc. (wet)	Ton	
		2,514,124,800
	\$	
Concentrate Transport By Truck		
Concentrate Transport by Truck - Fixed	\$	26,683,116
Concentrate Transport by Truck - Variable		35,669,146
Concentrate Transport by Truck - Variable (Moly)	\$	209,670
Carguío de Concentrado y colocar tapas	\$	1,225,800
Total Concentrate Transport By Truck		62,937,731
Concentrate Transport by Truck - Variable	\$/WMT	22.70
Cu Conc. (wet) - Take or Pay Port (TISUR)	WMT	1,571,328
Mo Conc. Production		3,437

Tabla 20. Resumen de costos para el transporte por camión. (Fuente: "Propuesta para la mejora del proceso de Transporte de concentrado de cobre de la minera Las bambas hacia la estación ferroviaria Kilometro 99 Chasquipampa - Arequipa")

La tarifa variable de \$ 22.70 dólares por Tonelada de concentrado actual proyectado, genera 35 Millones de dólares de costo variable anual y un pago de \$ 63 millones de dólares anuales por costo de transporte a TRANSALTISA S.A. tomando en cuenta el actual Round Trip de tres días y las consideraciones ya descritas anteriormente.

Las Bambas actualmente genera un costo para el proceso de transporte de 137 Millones de dólares anuales (5% de la venta), generando una utilidad bruta después del transporte de 2,377 Millones de dólares anuales.

Analizando los costos de operación con las inversiones realizadas

CAPEX		
Descripción	Unidad	\$
Longitud de vía	Km	83

Ancho de vías	m	9
Construcción de vías (Cotabambas y anexos)	\$	200,000,000

OPEX		
Descripción	Unidad	\$
Precio de concentrado	\$/t	1,600
Concentrado Cu (Wet)	t	1,584,000
Venta	\$	2,534,400,000
Distancias entre Las Bambas y Chasquipampa	KM	955
Jornada Laboral	H	12
Capacidad camión porta contenedor	TMH	34
Estado de vía	Afirmada/Asfaltada	
Tipo Cambio	s./	3.4
Capacidad camión	t	34
Costo variable	Ponderación %	\$/t
Combustible	55	364.5
Neumático	15	359.97
Peajes	29	47.06
Costo variable	\$/t	22.7
Costos Fijos	Ponderación %	\$
Alimentación	6	\$
Hospedaje	7	\$
Exámenes Médicos	35	\$
Gastos administrativos		\$
Mano de obra		\$
Gastos financieros	52	\$
Otros		\$
\$	100%	2,200,000

Tabla 21. Análisis de costos para el transporte por camión. (Fuente: "Propuesta para la mejora del proceso de Transporte de concentrado de cobre de la minera Las bambas hacia la estación ferroviaria Kilometro 99 Chasquipampa - Arequipa")

9.6.8.4. Cálculo del costo total de transporte

Costo de Transporte 2016					
Mes	Producción (TMH)	Costo de transporte \$			
		Tarifa fija \$	Costo variable \$/t	Tarifa variable \$	Total \$
Enero	20,500	2,200,000	78.00	1,599,000	3,799,000
Febrero	35,000	2,200,000	78.00	2,730,000	4,930,000

Marzo	54,000	2,200,000	78.00	4,212,000	6,412,000
Abril	58,000	2,200,000	78.00	4,524,000	6,724,000
Mayo	60,000	2,200,000	28.76	1,725,600	3,925,600
Junio	115,000	2,200,000	28.76	3,307,400	5,507,400
Julio	110,000	2,200,000	28.76	3,163,600	5,363,600
Agosto	120,000	2,200,000	29.50	3,540,000	5,740,000
Setiembre	122,000	2,200,000	29.50	3,599,000	5,799,000
Octubre	145,000	2,200,000	30.25	4,386,250	6,586,250
Noviembre	122,000	2,200,000	30.25	3,690,500	5,890,500
Diciembre	137,000	2,200,000	30.25	4,144,250	6,344,250
	1,098,500	26,400,000	548.03	40,621,600	67,021,600

Tabla 22. Costos mensuales para el transporte por camión. (Fuente: "Propuesta para la mejora del proceso de Transporte de concentrado de cobre de la minera Las bambas hacia la estación ferroviaria Kilometro 99 Chasquipampa - Arequipa")

9.6.8.5. Cálculo del costo de operación (OPEX)

Finalmente, basándose en esos costos, para una producción anual de 1,584,000 toneladas métricas húmedas anuales (4400 TMH/día), se tendrá lo siguiente:

Costo fijo = \$ 26,683,116

Costo Variable Unitario = \$ 22.7/ TMH → Costo Variable Total = \$ 35,956,800

Costos adicionales = \$ 1,435,440

Costo anual de operación = 64,075,356 USD/año

9.6.8.6. Cálculo del costo total de transporte

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
INVERSIÓN (M \$)	0															
CAPEX ANUALIZADO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
COSTO DE OPERACIÓN (M \$)		-64,075	-64,075	-64,075	-64,075	-64,075	-64,075	-64,075	-64,075	-64,075	-64,075	-64,075	-64,075	-64,075	-64,075	
COSTO TOTAL (M \$)		-64,075	-64,075	-64,075	-64,075	-64,075	-64,075	-64,075	-64,075	-64,075	-64,075	-64,075	-64,075	-64,075	-64,075	

Tasa de descuento 12%

Tabla 23. Costo anual equivalente para el transporte empleando camiones. (Fuente: Elaboración propia)

COSTO ANUAL EQUIVALENTE = 64,075,356 \$ / año

COSTO UNITARIO = 40.45 \$/TMH

9.7. Uso de vía férrea para el transporte de concentrado de mineral

9.7.1. Situación Actual

El Ferrocarril Central es el principal medio de transporte de productos minerales en la región central del país, es empleado para el traslado del 80% de la producción minera del centro. En el centro del país operan Nexa Resources, Volcan, El Brocal, Chinalco y otras mineras importantes, cubre importantes áreas mineras ubicadas en el departamento de Pasco, Junín y Lima. El ferrocarril transporta producciones minerales de Cu y Zn.



Figura 16. Mapa del recorrido del Ferrocarril Central. (Fuente: web)

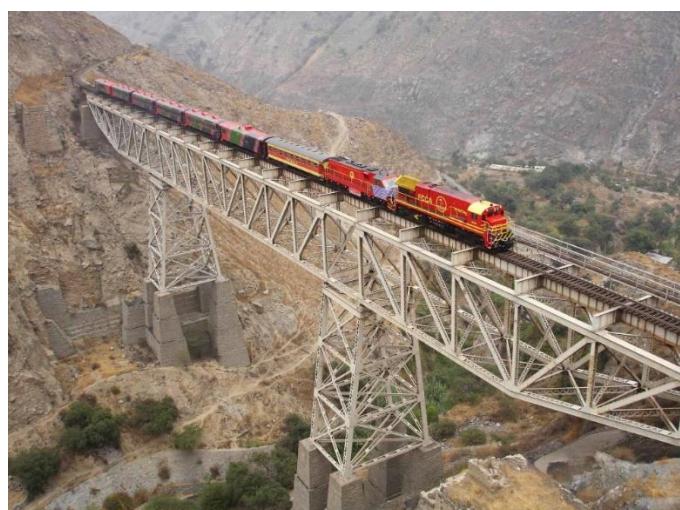


Figura 17. Ferrocarril Central. (Fuente: andina.pe)

Desde hace más de 10 años, El Ferrocarril del Sur y Sur – Oriente, viene siendo empleado en un tramo de 62 km por la Sociedad Minera Cerro Verde para el transporte de concentrado de Cu. En esta vía férrea también se desplazan trenes de carga con mercancías provenientes de empresas como Repsol, Petroperu, Alicorp, Yura, Grupo Gloria, entre otras.

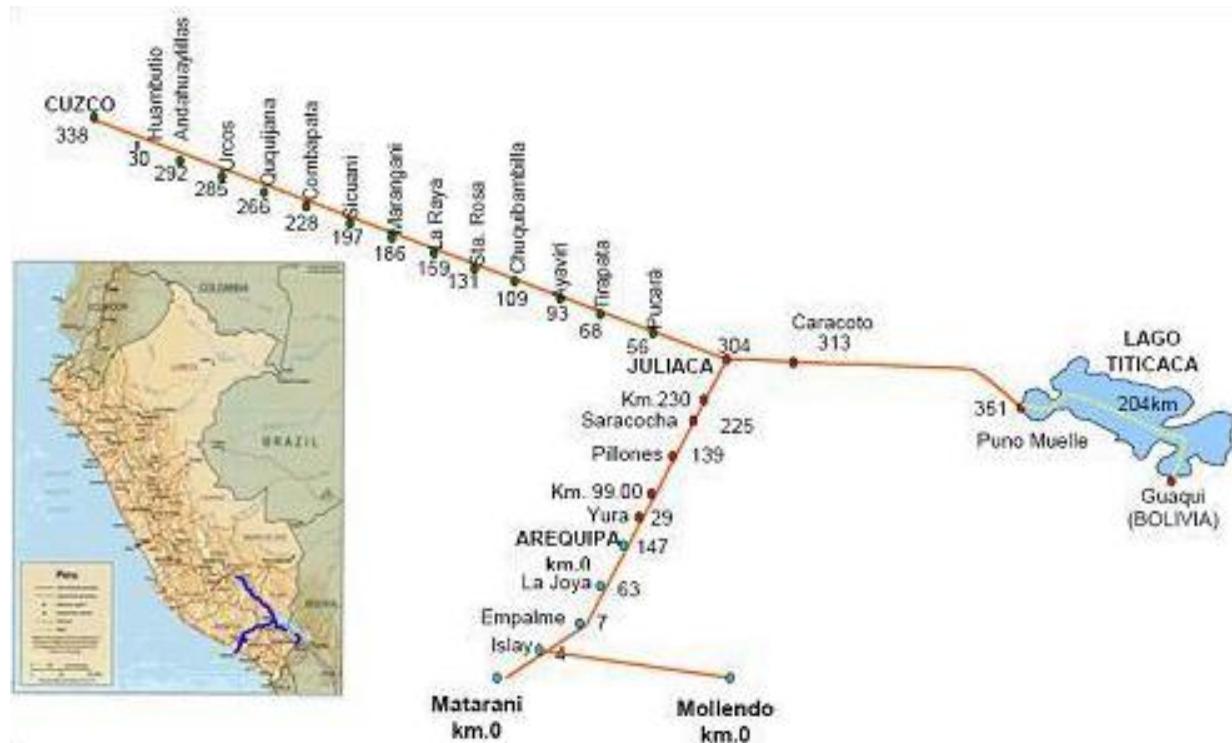


Figura 18. Estaciones del recorrido del Ferrocarril del Sur y Sur Oriente. (Fuente: portal.mtc.gob.pe)

9.7.2.Caso Las Bambas

La empresa minera Las Bambas viene empleando un sistema bimodal para el transporte de concentrados desde las instalaciones de la mina hasta el puerto Matarani, lugar donde se lleva a cabo el embarque para su comercialización.

Sistema bimodal

El sistema bimodal representa una revolución en el transporte ferroviario, pues rompe el mito que dice que para usar trenes en el transporte de carga, es necesario que la vía férrea llegue hasta la puerta de la mina o la fábrica.

Este transporte se realiza en tramos, combinando así tramos donde el transporte se realiza en camiones y tramos donde el transporte se realiza en vía férrea.

El acuerdo firmado entre la empresa minera Las Bambas y Perurail prevé el transporte de concentrados por ferrocarril desde la estación de transferencia del Km 99 Chasquipampa hasta el Puerto de Matarani, una distancia de aproximadamente 280 kilómetros.



Figura 19. Estación de trasferencia en el Km 99 Chasquipampa (Fuente: perurail.com)

Los componentes básicos para la operación del sistema bimodal de transporte de concentrado de cobre son: sistema de carga, camiones, locomotoras, plataformas ferroviarias, sistema de descarga y contenedores.

Concepto	Cantidad	Unidad
Capacidad x plano	51.3	toneladas húmedas
Planos x tren	18	Planos
Capacidad total de carga x tren	923.4	toneladas húmedas
Total concentrado x día	4400	toneladas húmedas
Necesidad de trenes x día	5	Trenes

Tabla 24. Detalles de requerimientos de trenes. (Fuente: "Propuesta para la mejora del proceso de Transporte de concentrado de cobre de la minera Las bambas hacia la estación ferroviaria Kilometro 99 Chasquipampa - Arequipa")

Cada plano tiene la capacidad de trasportar 3 contenedores, en total se tendría 54 contenedores.

El tren tarda aproximadamente 36 horas en viajar desde la estación de del Km 99 Chasquipampa hasta el puerto de Matarani. La longitud del tren es de 348 metros.

Velocidad aproximada: 9 km/h

9.7.3. Propuesta de mejora

La propuesta es que el trasporte de concentrado se realice en su mayoría por vía férrea y para esto existen dos alternativas:

- Construcción de nueva e independiente vía férrea la cual inicie en las instalaciones de la empresa minera las bambas y se extienda hasta la estación ferroviaria Km 99, Chasquipampa.
Esta alternativa implicaría una gran inversión y demandaría un considerable periodo de gestación y construcción del proyecto.
- Construcción de un tramo de menor longitud y que estratégicamente logre empalmar con la ya existente infraestructura del Ferrocarril del Sur y Sur – Oriente, la cual se extiende desde Cuzco hasta Matarani, reduciendo así los kilómetros a ser construidos y por tanto reducir la inversión. Esta alternativa es mucho más viable. El gran mérito estará en elegir el punto de empalme.

9.7.4. Ventajas del transporte de concentrado por vía férrea

- Los contenedores empleados para el transporte de concentrados son herméticos lo cual permite que estos no estén expuesto al ambiente, reduciendo así un posible impacto.
- Las vías férreas son de menor transito diario en comparación a las carreteras, lo cual la hace una vía más segura y de mínimo riesgo a accidentes.
- Este sistema de transporte nos permite aliviar el tráfico en las carreteras, descongestionando así las principales vías de transporte. Nos evita exponernos al tráfico existente en las horas punta y favorecer al tránsito de vehículos en ciudades de gran población, favoreciendo entonces a las políticas de ordenamiento del transporte.
- El costo de construcción de un kilómetro de vía férrea es mucho menor en comparación al costo de construir un kilómetro de carreteras asfaltadas. A esto se le suma que para la construcción de una carretera se necesita mucha mayor sección que la requerida para una vía férrea.
- En comparación al sistema de transporte por camiones, un solo tren permite trasladar un gran tonelaje de concentrados, sin embargo para trasladar ese mismo tonelaje se requiere una gran cantidad de camiones.
- Los trenes permiten un menor impacto ambiental, esto al reducir la contaminación por gases que se emiten de la quema de combustible. Incluso hoy en día hay nuevas y mejores opciones de energía para trenes las cuales son ecoamigables.
- Una vía férrea permite la disminución en las emisiones de polvo y del ruido generado por el paso de camiones, con esto se logaría disminuir la afectación a comunidades aledañas a la carretera.

9.7.5. Desventajas del transporte de concentrado por vía férrea

- Este sistema de transporte también está expuesto a daños generados por las condiciones climáticas tan extremo en nuestro país. Se puede ver afectado por huaycos y por un posible bloqueo de la vía a causa del lodo generado por las lluvias.
- Los tiempos de viaje son muy extensos, esto debido a la baja velocidad a la que se desplazan los trenes en nuestro país, sin embargo en países de Europa y Asia, los trenes son muy veloces y a futuro podría superarse en nuestro país esta desventaja.
- Dado que las vías férreas en nuestro país no solo están destinadas al transporte de carga sino también al transporte de personas, a lo largo de la vía existen comunidades y ciudades con las que se debe negociar y llegar a buenos acuerdos a fin de evitar conflictos futuros.
- Este sistema de transporte es inflexible, esto por su dependencia a las vías ferroviarias, sin embargo es fácilmente capaz de complementar a otros sistemas de transporte, generando así un sistema bimodal o intermodal.

9.7.6. Construcción del tramo Las Bambas – Estación Cambapata (Cusco)

Como bien se mencionó, el mérito del proyecto sería encontrar una estación en la infraestructura del Ferrocarril del Sur y Sur – Oriente que nos sirva como punto de empalme entre la nueva infraestructura a construirse y la mencionada infraestructura ya existente. Con ello se cumpliría con el objetivo de reducir el monto de inversión inicial y lograr la viabilidad de este proyecto de gran envergadura.

La estación Cambapata en el departamento del Cusco parece ser el punto idóneo para este empalme. Por tanto el proyecto se reduciría a construir el tramo que nos permita conectar las operaciones de la Minera Las Bambas con la estación existente de Combapata.

Con apoyo de las herramientas de Google, se pudo identificar un posible recorrido de la vía de conexión. Esta tendría un aproximado de 105 km.

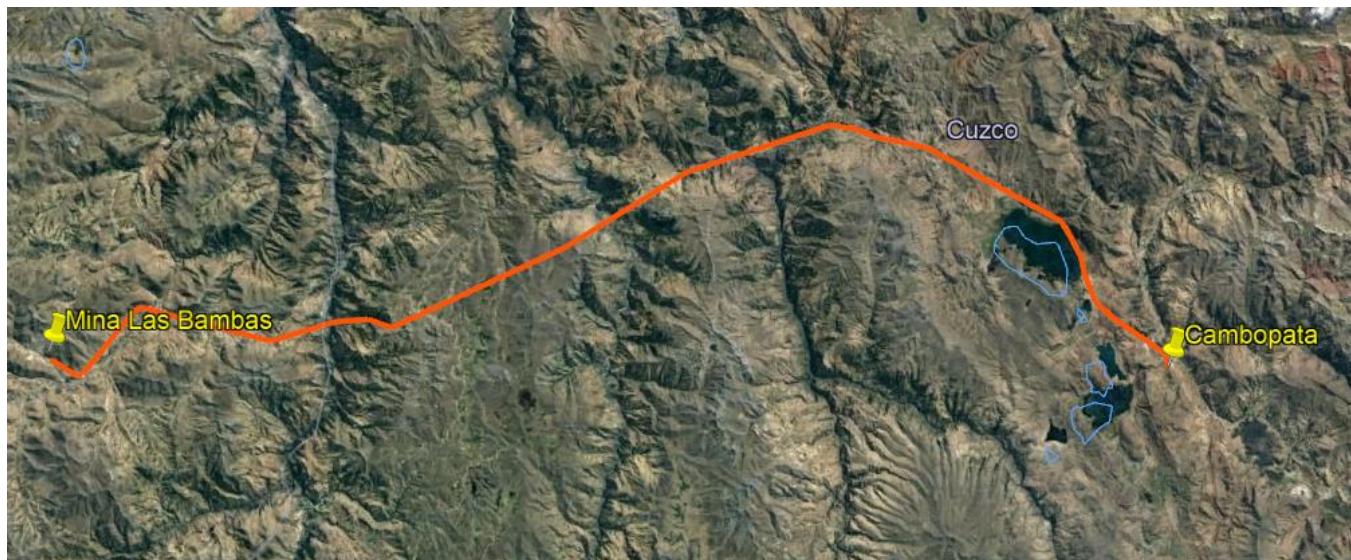


Figura 20. Tramo Las Bambas – Estación Cambopata (Fuente: Elaboración propia)

El recorrido total podemos dividirlo en tres tramos

- Tramo Las Bambas – Estación Cambopata (Cusco)

Longitud a recorrerse: 105 km

Tiempo estimado: 11 horas

- Tramo Estación Cambopata (Cusco) – Estación Km 99 Chasquipampa (Arequipa)

Longitud a recorrerse: son 440 km

Tiempo estimado: 48 horas

- Tramo Estación Km 99 Chasquipampa (Arequipa) – Estación Matarani

Longitud a recorrerse: 250 km

Tiempo estimado: 28 horas

Los tramos mencionados hacen un recorrido total de aproximadamente 795 km y un tiempo de ciclo de aproximadamente 176 horas.

Para el presente estudio solo se está evaluando sistemas de transporte hasta la estación del Km 99 Chasquipampa (Arequipa), lo cual significaría una longitud de 545 km para el tramo de ida y por tanto una longitud de ciclo de 1090 km. El tiempo de ciclo sería de aproximadamente 121 horas lo cual equivale a 5 días.

9.7.7. Cálculo del costo de inversión (CAPEX)

En enero del 2018, el ex presidente peruano, Pedro Pablo Kuczynski, comentó que se estaba evaluando un proyecto ferroviario para transportar minerales de una región andina rica en cobre, en la que se ubica la mina Las Bambas, hasta la costa del Pacífico para su exportación, esta vía se extendería unos 600 kilómetros. La estimación preliminar indica que la propuesta costaría al menos US\$2,400 millones para su construcción.

Tomando esto a consideración, se requiere la construcción de un tramo de 105 km, por tanto la inversión sería aproximadamente de US\$ 420 millones.

9.7.8. Cálculo del costo de operación (OPEX)

La producción estimada es de 1,584,000 toneladas métricas húmedas anuales (4400 TMH/día).

Los costos operativos para el tramo Estación Km 99 Chasquipampa (Arequipa) – Estación Matarani de 250 km son los siguientes:

Costo fijo = \$ 25,045,603

Costo Variable Unitario = \$ 12.84 / TMH → Costo Variable Total = \$ 20,338,560

- Haciendo el ajuste de los costos para el tramo Las Bambas – Estación Km 99 Chasquipampa (Arequipa) de 545 km:

Costo fijo = \$ 25,045,603

Costo Variable Unitario = \$ 28.00 / TMH → Costo Variable Total = \$ 44,352,000

Costo total anual = 69,397,603 \$ / año

9.7.9. Cálculo del costo total de transporte

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
INVERSIÓN (M \$)	-420															
CAPEX ANUALIZADO		-62	-62	-62	-62	-62	-62	-62	-62	-62	-62	-62	-62	-62	-62	
COSTO DE OPERACIÓN (M \$)		-69,398	-69,398	-69,398	-69,398	-69,398	-69,398	-69,398	-69,398	-69,398	-69,398	-69,398	-69,398	-69,398	-69,398	
COSTO TOTAL (M \$)	-69,459	-69,459	-69,459	-69,459	-69,459	-69,459	-69,459	-69,459	-69,459	-69,459	-69,459	-69,459	-69,459	-69,459	-69,459	
Tasa de descuento	12%															

Tabla 25. Costo anual equivalente para el transporte empleando trenes. (Fuente: Elaboración propia)

COSTO ANUAL EQUIVALENTE = 69,459,000 \$ / año

COSTO UNITARIO = 43.85 \$/TMH

CAPITULO III: METODOLOGÍA

Revisión de literatura para reunir información sobre los métodos de transporte de mineral, criterios de evaluación y selección, limitaciones, etc.

Realizar cálculos, y comparaciones para evaluar los tres métodos, mediante criterios identificados en los antecedentes del proyecto, comparación con proyectos similares y estudio de la literatura.

Dado que los ingresos son iguales para cada proyecto en estudio, se hará una evaluación de los costos de capital y operación a través del costo anual equivalente.

A través de diversas metodologías se determinan los costos de capital y operación involucrados en las tres alternativas, tanto para el transporte mediante ferrocarril, mineraducto y camiones, de manera independiente.

Los costos de capital involucrados en las tres alternativas se basan en estimaciones presupuestarias sugeridos por los proveedores.

Las estimaciones de los costos de mantenimiento y consumibles para cada una de las opciones se basan en información de proveedores en proyectos similares.

Mediante la utilización de matemáticas financieras se determinan los costos anuales equivalentes para cada proyecto.

Se comparan los costos anuales equivalentes, un factor de decisión será optar aquel proyecto que genere menores costos anuales.

Además de la importancia del factor económico, la decisión final se hará tomando en cuenta también factores de suma importancia en la viabilidad de un proyecto como son los factores ambientales, sociales, legales, políticos y otros que serán ponderados en una matriz de decisión.

CAPITULO IV: RESULTADOS

Los resultados obtenidos mediante la aplicación de la metodología del costo total para las tres alternativas de transporte de concentrados considerados en el presente trabajo se detallan a continuación.

SUPUESTOS:

Producción de concentrado = 1,584,000 TMH/año

Tiempo de vida útil del proyecto = 15 años

Tasa de descuento = 12 %

ALTERNATIVA EVALUADA			
	MINERADUCTO	VIA FERREA	CAMIONES
INVERSIÓN (M \$)	228,758	420,000	0
COSTO DE OPERACIÓN (M \$)	1,045	69,398	64,075
COSTO TOTAL ANUAL (M \$)	34,633	131,064	64,075

Tabla 26. Resumen de la evaluación económica de las tres alternativas. (Fuente: Elaboración propia)

Así mismo, se presenta un resumen del resultado de la ponderación de la matriz de decisión considerada para efectos de esta investigación.

	Alternativa #1	Alternativa #2	Alternativa #3
Transporte de concentrado por minero producto	Transporte de concentrado por camiones	Transporte de concentrado por vía férrea	
Peso del factor	Calificación ponderada	Calificación ponderada	Calificación ponderada
FACTOR ECONÓMICO	35%		
Minimizar el costo anual equivalente	35%	5	1.75
FACTOR SOCIAL	25%		
Minimizar el número de comunidades involucradas para negociación	7%	2	0.14
Mejorar la aceptación social	7%	4	0.28
Minimizar el impacto negativo en la sociedad	5%	4	0.2
Maximizar el impacto económico y progreso social	3%	3	0.09
Favorecer al ordenamiento del sistema de transporte nacional	2%	5	0.1
FACTOR AMBIENTAL	10%		
Minimizar la generación de material particulado	3.0%	5	0.15
Minimizar la generación de ruido	3.0%	5	0.15
Minimizar la ocurrencia de accidentes	3.0%	4	0.12
Minimizar la emisiones de gases	1.0%	5	0.05
FACTOR LEGAL	10%		
Minimizar el número requerimiento de permisos legales	5%	3	0.15
Minimizar la necesidad de expropiación de tierras	2%	3	0.06
FACTOR TÉCNICO Y DE INGENIERÍA	20%		
Sencillez del proyecto	10%	1	0.1
Características geotécnicas	5%	3	0.15
Topografía	5%	2	0.1
	100%	Puntaje	3.59
		Puntaje	2.49
		Puntaje	2.16
			Calificación
			1
			2
			3
			4
			5

Tabla 27. Matriz de decisión. (Fuente: Elaboración propia)

CAPITULO V: DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

La matriz de decisión ha sido elaborada tomando en cuenta los distintos factores involucrados en el proyecto, los cuales podrían afectar la viabilidad del mismo. Cada factor ha sido ponderado en función al grado de influencia directa sobre el proyecto.

La calificación asignada a cada uno de los subfactores está en el rango de 1 a 5 puntos, valores asignados en función a criterio propio y a la realidad en la que se ve envuelta cada proyecto.

Las calificaciones han sumadas, dando la calificación final siguiente:

Alternativa	Puntaje
Transporte de concentrado por mineroducto	3.59
Transporte de concentrado por camiones	2.49
Transporte de concentrado por vía férrea	2.16

Tabla 28. Resumen de los resultados de la matriz de decisión. (Fuente: Elaboración propia)

CONCLUSIONES

- El costo total del transporte de concentrado a través del mineraducto es de 34,633 M \$ siendo el menor de las tres alternativas en evaluación, por lo tanto, es la mejor alternativa desde el punto de vista económico.
- De los resultados obtenido en la matriz de decisión para la evaluación de las tres alternativas de transporte de concentrado a través de la ponderación de ciertos criterios considerados (económicos, ambientales, sociales, etc.), se concluye que el mineraducto es la mejor alternativa a seleccionar.
- A través de la revisión de la literatura disponible en cuanto a métodos de transporte de concentrado, se identificaron tres alternativas: transporte continuo por mineraducto, transporte discreto a través de vías férreas y camiones.
- El transporte de concentrado a través del mineraducto cumple con las leyes ambientales en cuanto a transporte de materiales, asimismo, no genera impactos significativos socio-ambientales, en relación a las alternativas restantes.

RECOMENDACIONES

- Antes de la toma de decisión con respecto a un proyecto es conveniente hacer una evaluación de las posibles alternativas a fin optar por la mejor alternativa y generar el mayor beneficio.
- Si bien el factor económico es muy determinante en la viabilidad de un proyecto, no debe ser el único a ser considerado. Se debe tomar en cuenta otros factores de menor influencia, pero de influencia determinante en algunos casos tal como lo muestra la historia de la industria minera en nuestro país.
- Es importante considerar los subfactores que a criterio personal son los más decisivos como parte de un factor en sí.
- Es necesaria la revisión de bibliografía de confianza y la recolección de basta información.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- León Florian, Jorge Adelfio (1999). Potencialidad del transporte hidráulico de sólidos a largas distancias en la minería peruana. (Tesis). Recuperado de <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/1915>
- Lipa Portugal, M. (2017). Propuesta para la mejora del proceso de transporte de concentrado de cobre de la minera las bambas hacia la estación ferroviaria kilómetro 99 Chasquipampa – Arequipa (Tesis). Recuperado de https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/624961/LIPA_PM.pdf?sequence=9&isAllowed=true
- Ositran (2018). Informe de desempeño 2018 concesión del ferrocarril del sur y sur oriente. Recuperado de https://www.ositran.gob.pe/wp-content/uploads/2017/12/ID_2018_FETRANSA.pdf
- Fondos sociales mineros Perú: Los casos de Las Bambas y Michiquillay (25 de enero 2018). Recuperado de <http://www.miningpress.com/nota/313974/fondos-sociales-mineros-peru-los-casos-delas-bambas-y-michiquillay>
- Armando Gallegos Monteagudo, Ph.D. (12 de septiembre de 2005). Herramientas de planeamiento estratégico para crear valor económico, social y ambiental en la empresa minera.
- MiningPress (2013). Mineroducto del proyecto minero Las Bambas. Recuperado de <http://cooperaccion.org.pe/wp-content/uploads/2015/07/Mineroducto-Las-Bambas.pdf>
- Gestión, R. (2019). Hay 56 conflictos activos que involucran al sector minero a febrero de 2019. Recuperado de <https://gestion.pe/economia/hay-56-conflictos-activos-involucran-sector-minero-febrero-2019-262883>