



## ANEXO 1

### FORMATO PARA LA PRESENTACIÓN DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN CON EL FINANCIAMIENTO DEL FEDU

#### 1. Título del proyecto

SELECCIÓN DE LOCOMOTORA PARA TRACCIÓN DE CARROS MINEROS EN LA  
GALERÍA PRINCIPAL DE LA MINA POMPERÍA - PUNO

#### 2. Área de Investigación

Área de investigación	Línea de Investigación	Disciplina OCDE
Ingeniería de Minas	Servicios auxiliares requeridos en operaciones mineras	

#### 3. Duración del proyecto (meses)

12 meses

#### 4. Tipo de proyecto

Individual	<input type="radio"/>
Multidisciplinario	<input type="radio"/>
Director de tesis pregrado	<input type="radio"/>

#### 4. Datos de los integrantes del proyecto

Apellidos y Nombres	Marín Paucara, Esteban
Escuela Profesional	Ingeniería de Minas
Celular	930337642
Correo Electrónico	<a href="mailto:esmarinpa@gmail.com">esmarinpa@gmail.com</a> <a href="mailto:emarin@unap.edu.pe">emarin@unap.edu.pe</a>

#### I. Título

SELECCIÓN DE LOCOMOTORA PARA TRACCIÓN DE CCARROS MINEROS EN  
LA GALERÍA PRINCIPAL DE LA MINA POMPERÍA - PUNO

#### II. Resumen del Proyecto

El proyecto denominado selección de locomotora para tracción de carros mineros en la galería principal de la Mina Pompería - Puno, cuyo estudio que realizará durante el año 2022 dentro del seno de la Facultad de Ingeniería de Minas de la Universidad Nacional del Altiplano, donde se observa que se cuenta con pocos vagones mineros tipo U que requiere indagar la capacidad de carga útil y sus características fundamentales, sin embargo se hace necesario contar con un equipo que traccione a dichos vehículos para el acarreo y transporte de mineral y/o estéril roto de interior mina hasta la cancha de acumulación en superficie exterior, así mismo se hace necesario para la enseñanza - aprendizaje de los estudiantes de minas en la universidad, cuyo propósito es determinar el peso y potencia del motor la locomotora, así como la carga útil y sus características de los carros mineros, por ende del convoy que prestará servicio en la institución y para lograr lo indicado se plantea como proceso metodológico el tener que revisar la literatura coherente al tema en forma amplia, de modo proceder a observar, examinar, interpretar los resultados de los cálculos suficientes y necesarios referidos a la locomotora adecuada para jalar el conjunto de los carros mineros



que se espera los resultados benéficos con el trabajo de investigación en el área de la maquinaria minera.

### III. Palabras claves (Keywords)

Carro minero, convoy, locomotora, tracción, y transporte.

### IV. Justificación del proyecto

En estos últimos años se tiene una necesidad prioritaria en el seno de la Facultad de Ingeniería de Minas de la Universidad Nacional del Altiplano Puno, Perú, es implementar con equipos de maquinaria minera que es fundamental para la enseñanza – aprendizaje de los estudiantes de minas y carreas afines dentro de la institución, por otra parte se observa que se cuenta con poca cantidad de carros mineros, escasa accesorios o elementos y pequeña distancia de instalación de línea férrea en la ciudad universitaria y sin equipo que traccione dichas vagonetas mineros, es decir es latente esta problemática de ausencia de una locomotora que traccione estos vehículos pequeños en la galería principal de la Mina Escuela de Pompería, por lo que se formula bajo las siguientes interrogantes:

*Pregunta general:*

¿Cómo es la selección de la locomotora para que traccione los carros mineros en la galería principal de la Mina Pompería - Puno?

*Preguntas específicas:*

¿Cuál es el peso y potencia del motor de la locomotora que se requiere en la galería principal de la Mina Pompería - Puno?

¿Cuáles son las características de los carros mineros que transiten por la galería principal en la Mina Pompería - Puno?

Frente a esta problemática se pretende de realizar el estudio de la determinación del tipo de locomotora adecuada para completar el equipo de acarreo y transporte subterráneo horizontal o casi horizontal que pueda prestar servicio en la operación correspondiente de transporte de mineral, material rocoso estéril, materiales de sostenimiento y otros con los que se debe poner en funcionamiento de este equipo y ser instalado en la Mina Escuela Pompería de modo que se pueda contar con una infraestructura minera real para las prácticas pre profesionales y profesionales, por tal razón se plantea realizar el estudio a fin de lograr el propósito anhelado en el programa de minas de la universidad, y de esta manera se desea que los egresados tengan un perfil requerido por las empresas mineras privadas a nivel regional y nacional.

Entonces por eso es preciso llevar a cabo la investigación a fin cubrir el requerimiento de equipos de acarreo y transporte de mineral roto y estéril, así como para la enseñanza - aprendizaje, por lo que se debe conseguir una locomotora por adquisición o gestionar su donación con alguna empresa minera que opera en la región de Puno o en el país según los resultados obtenidos en la selección del equipo indicado en bien de la formación profesional del Ingeniero de Minas.

### V. Antecedentes del proyecto

Académicamente, la locomotora de uso en mina subterránea se conceptualiza como un vehículo motor, que no lleva ninguna carga útil y se encarga de traccionar otros vehículos como son las vagonetas que son utilizada en galerías de minas subterráneas y que pueden ser de combustión interna o eléctricas, así mismo las vagonetas se definen como vehículos pequeños que transitan sobre rieles para el transporte de minerales y estériles de una mina, movidos por una locomotora a la que se enganchan (Ministerio de minas y energía, 2015), así mismo Oscategui (2017) considera como



convoy al conjunto conformado por la locomotora y las vagonetas mineros; además Serminsa (s/f) construye vehículos de carga de materiales y locomotoras de uso subterráneo que ha dado un nuevo impulso a esta marca inglesa de locomotoras y vehículos industriales fabricando todo tipo de locomotoras: eléctricas, a batería, y diésel utilizadas en la actualidad con eficiencia en minas de diferentes países de Sudamérica y en especial en el país.

La planificación y diseño del transporte con locomotora y carros mineros se ha realizado con el uso de técnicas de cálculo para una producción de 400 toneladas por día se cumple con objetivo programado al ejecuta el proyecto, esto permitió un ahorro de 205 671 dólares americanos y se han disminuido la capacidad de ventiladores así mismo obtiene como en resultados de 3,49 t de peso de la locomotora y una potencia de 30 HP de potencia del motor traccionando 08 carros mineros tipo Gramby de 60 pies<sup>3</sup> de capacidad de carga (Paye, 2020), por otra parte, para comprobar el éxito del transporte sobre rieles se calculó el rendimiento real de la locomotora el cual cumple con mover 410,40 t/día y se logró la mejora de ventilación en 4,62% de la velocidad del aire, además es sus cálculos resulta 5,75 toneladas de peso de la locomotora y 34,4 Hp de la potencia del motor de la locomotora (León, 2019).

En el municipio de Segovia, en Antioquia, Colombia, la empresa Frontino Gold Mines (FGM), realiza el transporte de minerales con volquetes a 6,5 km por carretera en estado regular, con fuertes pendientes, que es un proceso costoso e ineficiente, por eso se propone un ferrocarril especializado en minería, transportando inicialmente 300 t/día en 12 horas con dos trenes de locomotoras eléctricas que van arrastrando 14 vagones cada uno y esto pueda aumentar gradualmente su capacidad de transporte a 800 t/día, con diseño del ferrocarril que comprende: velocidad máxima de 20 km/h, radios mínimos de 20 m, ancho de trocha de 600 mm, pendiente de 2% y la utilización de curvas de transición tipo clotoide (Ochoa *et al.*, 2006).

El crecimiento de la actividad minero energética en Colombia es una oportunidad para impulsar el crecimiento de la economía, generación de empleo y capacidades sostenibles en otros sectores; por eso, de este modo la locomotora de la minería se complementa con la locomotora de innovación a fin de generar capacidades renovables a partir de recursos no renovables (Vargas & Polanía, 2011), se indica también que la empresa fabrica carros mineros de todo tipo y modelos varios (Serminsa, s/f), por otra parte el peso de los carros vacíos varían de 46 a 63% del peso neto de la carga y las locomotoras son equipos de tracción por adherencia que sirven para mover los carros mineros durante la operación de transporte subterráneo que deben ser pesadas y de altas potencia debido al esfuerzo de tracción (Antapaccay, s/f).

Se tiene los últimos desarrollos de locomotoras de 15 y 20 toneladas métricas de peso que son adherentes para acarreo de minerales de hasta 200 toneladas métricas por viaje en galerías de extracción, siendo sus características principales el uso de controles electrónicos de última generación IGBT para uso específico en minas, sistemas de freno neumáticos, y potencias de 120 hasta 150 HP 250 (Sandvik y Barrick, 2019), entonces en las locomotoras es necesario el uso de controladores electrónicos que ahora son preferidos en mina profundas como en la minas de Sudafricanas de oro, diamante y platino (Lewis, 2021).

La unidad minera Julcani de la Compañía de Minas Buenaventura tiene gran importancia por la innovación desarrollada que radica en que puede beneficiar a las operaciones subterráneas donde se realizan acarreo y transporte de desmote y



mineral con locomotoras a baterías, así mismo por implementar la cabina para el ayudante y disminuir el riesgo de accidentes de los motoristas (Martínez, 2021).

## VI. Hipótesis del trabajo

Realizando la selección de la locomotora adecuada, traccionara sin dificultad los carros mineros que transiten en la galería principal de la Mina Pompería - Puno.

## VII. Objetivo general

Realizar la selección de la locomotora para que traccione los carros mineros que transiten en la galería principal de la Mina Pompería - Puno.

## VIII. Objetivos específicos

- Calcular el peso y potencia del motor de la locomotora que se requiere en la galería principal de la Mina Pompería - Puno.
- Identificar la capacidad de carga útil y las características de los carros mineros que transiten en la galería principal de la mina Pompería - Puno.

## IX. Metodología de investigación

### Tipo y diseño de investigación

En este caso el estudio será del tipo de investigación descriptivo, con un diseño no experimental transeccional donde se tomaran datos en solo momento y tiempo, que podrá ser en la época de lluvia o en el de estiaje, donde se describirá las características y capacidad de carga útil de los carros mineros que se encuentran en las inmediaciones de la Facultad de ingeniería de Minas – UNA que viene a ser la variable independiente ya que la selección de la locomotora dependerá de dichas características de las vagonetas, entonces para lograr la selección adecuada de la locomotora según Llanque *et al.* (2008) y (Marín, 2014) se tiene que realizar el diferentes cálculos que son considerados como un proceso metodológico a seguir que tentativamente son las siguientes: \_

- Calcular la carga útil, la tara, las diferentes resistencias de los carros mineros.
- Mencionar el número de carros mineros, según el material a transportar.
- La instalación de la línea cauville.
- Calcular el peso de la locomotora según la cantidad de carros mineros y sus características.
- Calcular las diferentes resistencias y adherencia de la locomotora.
- Determinar la potencia del motor de la locomotora.
- El tipo de la locomotora.
- El consumo de energía de la locomotora.
- Con otros cálculos adicionales se identifica el tipo de locomotora mediante consulta a los catálogos existentes de estos equipos.
- Realizar trabajos en gabinete que consistirá en hacer los cálculos correspondientes los carros mineros y locomotora.
- Identificar la excavación subterránea que ha de instalarse los equipos en estudio.
- Hacer trabajos complementarios que requieran en el desarrollo de la investigación.

### Población y muestra

La muestra es equivalente a la población en razón a que se realizará el estudio con los



equipos existentes y por determinarse, así el lugar de su instalación de la línea férrea en la galería principal indicado.

### **Instrumentos y recopilación de datos**

- Carros mineros tipo U.
- Instalación de línea cauville.
- GPS para la georeferenciación la Mina Pompería.
- Wincha para medir las dimensiones de los carros mineros, la trocha de línea férrea y sus elementos.

### **Tratamiento de datos**

- Se utilizará la técnica de la estadística descriptiva
- Fórmulas establecidas para los cálculos correspondientes.
- Algunas fórmulas que sean necesarios para complementar el estudio.

## **X. Referencias**

- Antapaccay (s/f). *Rieles, carritos mineros y locomotoras*. Buenaventura.  
<https://1library.co/title/rieles-carritos-mineros-y-locomotoras>
- León, C.G. (2019). Implementación del sistema de transporte sobre rieles con locomotora a baterías en la Mina Arcata. *Tesis de pregrado*. Universidad Nacional del Altiplano.  
[http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/12548/Leon\\_Mu%C3%B1oz\\_Cesar\\_Gustavo.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/12548/Leon_Mu%C3%B1oz_Cesar_Gustavo.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Lewis, S. (2021). Locomotoras mineras: controladores electrónicos versus mecánicos. *Revista Seguridad Minera*.  
<https://www.revistaseguradadminera.com/operaciones-mineras/locomotoras-mineras-controladores-electronicos-versus-mecanicos/>
- Llanque, O.E., Marín, E., Velásquez, B., Laricano, E., Olivera, C., & Ccalla, R. (2008). *Servicios auxiliares mineros*. Puno, Perú: Editorial UNA.
- Marín, E. (2014). *Maquinaria minera: teoría y problemas*. Puno.
- Martínez, M. (2021). Seguridad sobre rieles: Julcani implementa cabina para ayudantes motorista. *Revista Seguridad Minera*.  
<https://www.revistaseguradadminera.com/minas/seguridad-sobre-rieles-julcani-implementa-cabina-para-ayudante-motorista/>
- Ministerio de minas y energía (2015). *Glosario técnico minero*. Bogotá, Colombia.  
<https://www.minenergia.gov.co/documents/10180/698204/GLOSARIO+MINE+RO+FINAL+29-05-2015.pdf/cb7c030a-5ddd-4fa9-9ec3-6de512822e96>
- Ochoa, E.J., Restrepo, D.R., Arbelaez, I.J. & Molina, J.M. (2006). Prefactividad para la construcción de un ferrocarril minero de transporte de carga en la Empresa Minera Frontino Gold Mines. *Boletín de Ciencias de la Tierra*, (18), 77-90. <https://www.redalyc.org/pdf/1695/169517424008.pdf>
- Oscategui, F. (2017). *Estándar locomotoras E-COR-SIB-04.05*. Buenaventura.  
[https://www2.trabajo.gob.pe/archivos/dirgenfpcl/caplab/modulos/2016/INSTALACION\\_DE\\_TUBERIAS/F2043004-3-M3-V1.pdf](https://www2.trabajo.gob.pe/archivos/dirgenfpcl/caplab/modulos/2016/INSTALACION_DE_TUBERIAS/F2043004-3-M3-V1.pdf)
- Paye, J.F. (2020). Implementación del sistema de extracción con locomotora y carros mineros sobre rieles-Unidad Operativa Arcata. *Tesis pre grado*. Universidad Nacional del Altiplano.  
[http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/14516/Paye\\_Ponce\\_Junior\\_Felix.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/14516/Paye_Ponce_Junior_Felix.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Sandvik & Barrick (2019). *Locomotoras mineras*.  
<https://pdfcookie.com/documents/locomotoras-mineras-1g2w99jmok15>
- Serminsa (s/f). *Locomotoras y carros mineros*. Inglaterra: catálogo.  
<https://toaz.info/doc-viewer>



Serminsa (s/f). *Vagones*. Catalogo. <https://www.serminsa.com/vagones>  
Vargas, F.E., & Polanía, O.L. (2011). Las locomotoras de desarrollo: minas, energía y innovación. *Revista de Ingeniería*, (34), 44-48.  
<http://www.scielo.org.co/pdf/ring/nspe34/nspe34a07.pdf>

## XI. Uso de los resultados y contribuciones del proyecto

Serán utilizados por los profesionales, estudiantes, y personas o trabajadores que tengan interés en el tema de los cálculos de peso y potencia del motor de la locomotora, vagonetas mineras y selección de equipos de acarreo y transporte de mineral, estéril y materiales varios.  
Contribuirá en el desarrollo académico del curso de maquinaria minera, en la FIM-UNA y otros cursos en carreras profesionales afines de nuestra universidad y/o instituciones públicas y privadas.

## XII. Impactos esperados

### i. Impactos en Ciencia y Tecnología

Motiva realizar cálculos y selección de equipos de acarreo y transporte subterráneo con instalación de rieles, ya sea para extracción de mineral, estéril, materiales varios en el proceso de minado.  
Motiva la investigación científica y tecnológica referida a equipos mineros y maquinaria minera en su conjunto en la casa superior de estudios de la nuestra universidad.

### ii. Impactos económicos

La inversión en la adquisición de locomotora y carros mineros motiva llevar a cabo operación en mina y abarata el aprendizaje de los estudiantes.  
Bajo costo de operación y buen rendimiento en acarreo y transporte en galerías de la mina.

### iii. Impactos sociales

Aumenta el conocimiento de los equipos de acarreo transporte subterráneo sobre rieles, en particular de locomotoras y vagonetas mineras de uso subterráneo.

### iv. Impactos ambientales

Produce impacto ambiental benéfico para las personas, estudiante y profesionales que desean conocer dichos equipos como locomotora y vagonetas mineras de la FIM-UNA Puno.

## XIII. Recursos necesarios

- Recurso humano calificado
- Bibliografía, en el área maquinaria de acarreo y transporte minero
- Catálogos de locomotoras y carros mineros.
- Material de escritorio.



- Movilidad para traslado para mediciones descripción de características de los equipos.
- Lubricantes y combustible.
- GPS, cámara fotográfica.
- Herramientas de mecánica.

#### XIV. Localización del proyecto

El proyecto de investigación políticamente está ubicado en la localidad de Pompería, Distrito, Provincia y Región Puno.  
Geográficamente está ubicado entre las coordenadas UTM 8 241 572 Norte y 389 847 Este y 3985 m.s.n.m. de cota aproximadamente.

#### XV. Cronograma de actividades

Actividad	Meses (Trimestres)											
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Revisión bibliográfica	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Formulación y presentación del proyecto de estudio	X											
Reconocimiento de equipos existentes, imágenes y mediciones.				X	X	X		X	X	X		
Observación, examen, análisis y descripción de equipos				X	X	X	X		X	X	X	
Cálculos y tratamiento de datos e interpretación de resultados.							X	X			X	X
Elaboración y presentación del artículo científico.												X

#### XVI. Presupuesto

Descripción	Unidad de medida	Costo Unitario (S/.)	Cantidad	Costo total (S/.)
Ingeniero de Minas	c/u	1200,00	1	1200,00
Personal de apoyo	c/u	700,00	1	700,00
Herramientas mecánicas y de medición	c/u	50,00	2	100,00
Alquiler de movilidad	c/u	80,00	2	160,00
Insumos (combustible, lubricantes)	galones	50,00	2	100,00
Material de escritorio	c/u	20,00	4	80,00
Imprevistos (10 %)	c/u	234,00	1	234,00

Puno, 11 de enero de 2022

Ing. Esteban Marín Paucara, M.Sc.