



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS**

**Mejora del Sistema de Aire Comprimido para Optimizar La
Perforación en La Cantera Caballo Viejo Jauja, Junín**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero de Minas

AUTORES:

Roque Boggiano, Juan Jose (ORCID: 0000-0001-8529-4578)

Torres Marin, Cesar Augusto (ORCID: 0000-0003-4651-0818)

ASESOR:

Dr. Martell Espinoza, Beder Erasmo (ORCID: 0000-0002-4169-9212)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Perforación y Voladura de rocas

CHICLAYO-PERÚ

2021

DEDICATORIA

Dedico este trabajo al Ser supremo forjador de mi destino, a mi padre celestial, que me brinda día a día su eterno amor y sabiduría, creador de mi abuelita y a mis padres.

A mi abuelita que es lo más lindo que pudo brindar mi Dios, por haber dado la vida y el amor de madre que nadie como ella lo sabe dar, a mis padres por darme la vida y hacerme cómo funciona la misma.

A mi hijo que es mi gran orgullo y motivación de superación, no es fácil, lo sé, pero si no te tuviera, no habrá aprendido nada de la vida, por tu afectuoso cariño que es mi felicidad entera, gracias bebé, Evans.

Al Fondo Social Michiquillay, por haberme apoyado con este paso de mi formación profesional,

César Augusto Torres Marín

Este trabajo está dirigido a todos que fueron mi fortaleza en el transcurso de mi carrera. A mis padres Rosa Boggiano y Fernando Roque por ser el pilar más importante y de demostrarme siempre su apoyo incondicional sin importar nuestras diferencias. A mis hermanos que siempre han estado brindándome su apoyo en todo momento.

A mis hijos, Dominick y Derek, que son mi más grande inspiración y motivo de superación cada día, porque nunca es tarde para empezar algo, por ello que hoy puedo decir con orgullo que estoy a un paso de lograr una gran meta y agradecerles por sean parte de ello. Y que este logro sirva como herramienta para guiar cada uno de sus pasos.

Juan José Roque Boggiano

AGRADECIMIENTO

Muy orgulloso de poder hacer mención de todos a quienes agradezco, el poder llegar al cumplimiento de esta meta tan anhelada que es mi título profesional, en honor a tal orgullo dese expresar mi agradecimiento con los siguientes: A Dios por haberme creado por amor, por darme la fuerza, la voluntad para poder terminar este proceso de realización personal

A mi Abuelita Julia Vásquez Fernández por enseñarme a valorar vida y la familia. A mi familia por haberme dado los ánimos y los mejores consejos para ser una persona de utilidad y éxito.

A la Universidad César Vallejo, por haberme dado la oportunidad de optar este grado importante en mi vida.

A la cantera Caballo viejo por brindarme la oportunidad de elaborar este trabajo satisfactoriamente.

César Augusto, Torres Marín

Agradecer en primer lugar a Dios de ser el motor principal en mi vida, por permitido dar un logro más en mi vida.

A mis padres porque desde muy pequeño me enseñaron el significado de perseverar y luchar por nuestros sueños, a mis hermanos porque fueron mis primeros compañeros de vida.

A la Universidad Cesar Vallejo, por haber brindado el apoyo para desarrollar nuestra tesis y obtener el título profesional.

Juan José Roque Boggiano

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	iv
ÍNDICE DE TABLAS.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
RESUMEN	vii
ABSTRACT.....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	3
III. METODOLOGÍA.....	10
3.1 Tipo y diseño de investigación	10
3.2 Variables y operacionalización.....	10
3.3 Población, muestra y muestreo.....	11
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	12
3.5 Procedimiento	12
3.6 Método de Análisis de Datos.....	13
3.7 Aspectos Éticos.....	14
IV. RESULTADOS	16
V. DISCUSIÓN.....	39
VI. CONCLUSIONES.....	43
VII. RECOMENDACIONES.....	45
REFERENCIAS.....	46
ANEXOS	53

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ubicación del proyecto.....	16
Tabla 2. Rutas de accesibilidad al proyecto.....	17
Tabla 3. Características del método de explotación superficial	19
Tabla 4. Producción año 2020	20
Tabla 5. Producción Programada año 2014	20
Tabla 6. Labores Programadas coord. UTM.....	20
Tabla 7. Equipos y Maquinarias.....	23
Tabla 8. Fuerza Laboral del proyecto	23
Tabla 9. Clasificación de la Masa Rocosa	24
Tabla 10. Evaluación de acuerdo Bieniawski.....	22
Tabla 11. Evaluación de acuerdo al SRM (Romana, 1985)	22
Tabla 12. Ficha Técnica de las Perforadoras RH-658	31
Tabla 13. Requerimiento de aire en labores de perforación	31
Tabla 14. Requerimiento de aire final en labores de perforación.....	31
Tabla 15. Requerimiento de aire en m ³	32
Tabla 16. Volumen del tanque pulmón	36
Tabla 17. Diferencia de presiones en el tanque pulmón	36
Tabla 18. Factor de corrección por altura	37
Tabla 19. Factor de simultaneidad en perforadoras.....	37

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Oferta de Valor del proyecto minero	24
Figura 2. Principales productos del proyecto minero	25
Figura 3. Leyes de laboratorio del travertino	26
Figura 4. Ficha técnica del Compresor - XAS 186 Dd Atlas Copco	30
Figura 5. Factor de simultaneidad.....	35
Figura 6. Procedimiento para el desarrollo de trabajo de investigación	56

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo principal proponer la mejora del sistema de aire comprimido para optimizar la perforación en la cantera caballo viejo Jauja Junín 2020. La realidad problemática vinculado a los tiempos de perforación de doble turno de 40 minutos donde se consumía más combustible y pérdida de tiempo para la voladura. Se realizó el estudio para mejorar el sistema de entrega de aire comprimido, tanto en los equipos de perforación como de compresión; teniendo una investigación de tipo básica y un diseño no experimental de tipo transversal descriptivo. El recojo de información se utilizó el método analítico, técnica de análisis documental y técnica de observación; siendo las variables principales la caída de presión y el tiempo de perforación. Finalmente, se obtuvo como resultado que la compresión de aire, calculada es de 2 minutos para el respaldo de caída de presión, permitiendo la entrega del recurso de manera óptima a un costo total de US\$ 6670.375. Por consiguiente, se propuso que se implemente el sistema de aire comprimido bajo las características del sistema encontrado, siendo la potencia del compresor de 86 kW con un costo de 0.25 US\$/kWh.

Palabras clave: compresor, perforador, aire comprimido, caída de presión.

ABSTRACT

The main objective of this research is to propose the improvement of the compressed air system to optimize drilling in the old horse quarry Jauja Junín 2020. The problematic reality linked to double shift drilling times of 40 minutes where more fuel is consumed and loss of time for blasting. The study was carried out to improve the compressed air delivery system, both in the drilling and compression equipment; having a basic type research and a non-experimental descriptive cross-sectional design. The collection of information was obtained by the analytical method, documentary analysis technique and observation technique; the main variables being pressure drop and drilling time. Finally, it was obtained as a result that the air compression, calculated is 2 minutes for the pressure drop support, achieving the optimal delivery of the resource at a total cost of US\$ 6,670,375. Therefore, it is recommended that the compressed air system be implemented under the characteristics of the system found, with the power of the compressor being 86 kW with a cost of 0.25 US\$/kWh.

Keywords: compressor, driller, compressed air, pressure drop.

I. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación tuvo por finalidad proponer la mejora del sistema de aire comprimido para optimizar la perforación en la cantera caballo viejo Jauja Junín 2020. La investigación surgió de la observación de la realidad problemática vinculado a los tiempos de perforación y el consumo de combustible ya que el tiempo de perforación era de doble de turno de 40 minutos de la cual se consumía más combustible y pérdida de tiempo para la voladura.

La Cantera Caballo Viejo desde el 2014 se encuentra laborando dentro de la U.E.A Jaime dedicándose a la explotación de material travertino, dentro de su área de perforación cuenta con un compresor portátil atlas Copco modelo Xas 186, que abastece con aire comprimido a ocho perforadoras jackleg, de estas ocho, cinco laboran en paralelo y las otras tres deben esperar, por insuficiencia de aire comprimido. En esta parte de las labores encontramos diversas consecuencias que afectan al desabastecimiento de aire comprimido como: mangueras en mal estado, de diferente diámetro, la distancia entre la compresora y labores es inadecuada, y con las pérdidas de presión.

En esta investigación se planteó que al compresor portátil de aire comprimido atlas Copco modelo Xas 186, se adaptará un tanque pulmón con tubería de polietileno, un manómetro y una válvula de paso, de esta manera se almacenará aire para abastecer a las 8 perforadoras. Nos dice López (2013), a través de su investigación en la U.E.A. Orcopampa mina Chipmo. El aire comprimido es muy importante para el proceso de perforación, pero es consecuente en su producción y su transmisión de esta energía, por lo que debemos reducir su costo. Su producción tiene un importante problema al tomar en cuenta un total de equipos que laboran en perforación y usan esta energía neumática.

Proponemos realizar un circuito de aire comprimido para cumplir con la demanda requerida de las maquinas neumáticas perforadoras Jackleg, Es así que se han inspeccionado cada uno de los factores diferentes que nos apoyen a definir las principales variables que están relacionadas al problema del desabastecimiento de,

como esto afecta a los diferentes frentes de trabajo, lo cual la necesidad del aire comprimido estudio va más allá del interés social y económico Tenorio (2015). El problema empeora porque en la cantera caballo viejo necesitan producir en alto volumen, creando tiempos muertos en las labores dentro de la cantera debido a que ellos son los principales afectados con la poca producción.

Una vez expuesto la realidad problemática se formuló el siguiente problema ¿De qué manera se puede optimizar las labores en perforación en la Cantera Caballo Viejo Jauja Junín 2020?

Una vez expuesto las justificaciones de la presente tesis, En función al problema planteado, se estableció el siguiente objetivo general: Mejorar el sistema de aire comprimido para optimizar labores de perforación en la Cantera Caballo Viejo, Jauja, Junín, 2020. En base a este objetivo general, se planteó los siguientes objetivos específicos: Identificar las características que enmarcan a la realidad problemática de la Cantera Caballo Viejo. Así mismo Determinar la capacidad del tanque pulmón portátil para el aprovechamiento óptimo de aire comprimido en cada frente de trabajo en la Cantera Caballo Viejo. También reducir los costos utilizados en la generación del aire comprimido por el compresor.

Se planeó la siguiente hipótesis: mediante el mejoramiento sistema de aire comprimido mediante la adaptación de un tanque pulmón portátil se logrará satisfacer el requerimiento de caudal y presión en las labores de perforación optimizando así las operaciones en la Cantera Caballo Viejo, Jauja, Junín, 2020.

II. MARCO TEÓRICO

Palacios (2019) A nivel internacional, “Análisis de eficiencia energética en sistemas de aire comprimido para industrias” referente a este tipo de investigación, el objetivo principal es aplicar un método de análisis de las medidas de eficiencia energéticas, aplicadas a diferentes sistemas de aire comprimido que usan en la industria; como objetivos específicos son: evaluar los sistemas de aire comprimido que se usan en la actualidad, con la finalidad de ampliar nuestros conocimientos.

Esta metodología comprende en la medición de eficiencia energética, la reducción de fugas; el aire es utilizado en válvulas y automatización de equipos, donde se efectuó el método desarrollado de la cual nos permitió identificar las mejoras en las fugas de aire y una baja distribución del sistema reduciendo la presión, obteniendo tres propuestas de rediseñar la red de aire. Dando como resultado la reducción de fugas incrementando la eficiencia del sistema de aire comprimido a un 16% con un PRI de 2 años y VAN positivo.

Cuxil (2009). En su trabajo de graduación. “Mantenimiento y Factores de Seguridad Industrial en Redes de Aire Comprimido. Se propuso como objetivo una guía de establecimiento y esquema de una red de aire comprimido, así también un plan de mantenimiento y medidas de seguridad para su aprovechamiento eficiente. La vida útil del compresor estará financiada por el coste de energía pues se espera que superen el costo de adquisición. Razón, por la cual el buen provecho energético para generar aire comprimido. El filtrado es una técnica de separación, por la cual se hace pasar una mixtura de consistentes, líquidos y gas, a través de un medio poroso, este dispositivo es denominado filtro, aquí se retiene la mayor parte de los elementos sólidos de la mixtura. Se concluyó que los colores como medio de seguridad no descartan por sí mismo los riesgos, también no pueden suplir las medidas de prevención de accidentes. Los colores se utilizan para prevenir accidentes en las personas, por esto se debe aplicar con el cumplimiento estricto de este trabajo.

Toasa (2014). Mediante el “Diseño e implementación de la red de aire comprimido para el laboratorio de automatización y neumática en la escuela de ingeniería industrial de la facultad de mecánica – Espoch”, el objetivo general: Diseñar e implementar una red de aire comprimido para su laboratorio de automatización y neumática en el plantel de Ingeniería industrial de la facultad de Mecánica - Espoch. Utilizando el método de comparación, se llegó a determinar que los compresores de tipo alternativo de pistón de una etapa son la mejor alternativa para cubrir las necesidades de nuestra red de aire comprimido. El aire comprimido con una presión determinada se puede usar como una fuente energía, calculando el caudal necesario para posibles ampliaciones al futuro, para la determinación del diámetro de tuberías se usó dos procesos: Se formula una ecuación para la determinación del diámetro ficticio, usando la distancia de la tubería, a partir de este diámetro y saber el grosor de la tubería que presencia la pérdida de presión alrededor de 0,1 bar, usando la longitud de tubería mostrada por el frotamiento de los diferentes accesorios.

Juvenil (2019). En su investigación “Evaluación del consumo de aire para perforadora Jack Leg De acuerdo a la altitud – mina Las Bravas”, se centró en el análisis y el método de trabajo, teniendo como objetivo la evaluación del consumo del aire por corrección por altura los equipos de perforación Jack leg, y evaluando su consumo de efectividad global de aire a una altura aproximada a 1820 m.s.n.m. Se tomó en cuenta las fórmulas de consumo de aire comprimido, condiciones de corrección por altura, Se realizó con nueve perforadoras Jack leg S250 teniendo un consumo de 156 cfm a presión de 90 psi según la descripción del catálogo, teniendo resultados el requerimiento de aire corregido a una altura de 1820 m.s.n.m. para los equipos de perforación es de 196 cfm y un requerimiento efectivo de aire total de 746 cfm.

Narrea (2016). Con su investigación “Diseño del sistema de aire comprimido para la planta metalmecánica Cantol”. Detalló el cuidado global de los compresores, y nos da conocer los conceptos esenciales del aire comprimido, como los elementos electrónicos, sistemas eléctricos y los componentes mecánicos. Con el objetivo principal: el planteamiento del sistema de aire comprimido para satisfacer la

demanda en la planta y objetivo secundario fue de calcular el caudal de aire comprimido que requiere en planta.

Teniendo definido el diseño del sistema, se seleccionan los equipos para mejorar la actividad del sistema. Con este diseño nos permite cubrir la demanda de aire comprimido, el diseño de las tuberías será de tipo cerrada mixta, permitiendo una presión y consumo uniforme, siendo menor la caída de presión. Seleccionar las tuberías que forma parte de la red para el aire comprimido, el compresor, el tanque de acumulación y los accesorios. Se definió la distribución del aire comprimido, que consta con una tubería principal y 39 de servicio (acometida) y sus diámetros será de 2" y 1½" respectivamente, haciendo llegar los caudales requeridos a los elementos neumáticos. Para atender esta demanda en planta se llegó a seleccionar dos compresoras de la marca Atlas Copco tipo tornillo modelo GA75, permitiendo el suministro necesario y tener en la aportación el sistema eficiente.

Vivanco (2018). Por otro lado, "Mejora de la producción en los hornos secadores mediante el desempeño de un plan de mantenimiento preventivo en el sistema de aire comprimido del área de secado de la Compañía Minera Miski Mayo" 2018. Se propuso como objetivo principal aumentar la producción aplicando el mantenimiento preventivo en el área de secado de los hornos. La población conformada por producción de fosfato realizados el año 2017 y 2018, las pruebas para el pre test fueron entre los meses de septiembre, octubre, noviembre y diciembre del 2017 y para el post test se seleccionó de los meses de enero, febrero, marzo y abril del 2018. Para esto se insertó un programa de mantenimiento preventivo que contiene un check list o una lista comprobación, modo de mantenimiento preventivo y un plan de mantenimiento, para disminuir las detenciones por descenso presión de aire, posibilitando estar al tanto y realizar las medidas correctivas y de esta forma mejorar su disponibilidad para la producción. Como resultado, tenemos setiembre hasta diciembre del 2017 la disponibilidad, las detenciones correctivas debido por baja presión de aire fueron 53 horas, perturbando así su disponibilidad, siendo esta de 96.9%. Y consecutivamente usando el plan de mantenimiento anticipado al sistema de aire comprimido, el recurso en los meses

de enero a abril del 2018, las paradas correctoras por baja presión de aire se redujeron a 7.5 horas, acrecentando su disponibilidad a 97.6%.

López (2013) Así mismo en su investigación “Mejora Del Sistema de aire Comprimido para Optimizar Perforación en trabajos de Mineras Subterráneas En U.E.A. Orcopampa Mina Chipmo”. Se planteó como objetivo general corregir el método de aire comprimido para compensar la necesidad, reserva y exigencias tanto en caudal y presión de aire en el interior de la mina y presentar los resultados logrando optimizar el sistema. Los resultados fueron que la caída de presión precisa del sistema de aire comprimido estando en rango de 0,3 a 1.0 Bar, de igual manera se ha calculado el diámetro de tubería y de acuerdo a los cálculos, las presiones de trabajo convenientes son de 85 lb/pulg². También se dispuso que el costo por pérdida son 0,124 Kw / PCM y una pérdida de 980 PCM en el sistema, se precisaría el consumo potencial para su compresión de 121,5 Kw dando costo por escape de US \$ 729 x día, así mismo multiplicado por 365 días/año tenemos un total de US \$ 266 085, estos costos se pueden eliminar los escapes de aire en el sistema de aire comprimido.

Aedo (2013). En su investigación titulado “Diseño, evaluó, calculó un sistema de aire comprimido en minas subterráneas” de forma técnica y económicamente, en cuanto a la pérdida de aire comprimido ocasionada por la falta de capacidad de suministro de los compresores y la mala de distribución. Se planteó el objetivo general diseñar una red para un sistema de aire comprimido y proponer resultados de la investigación para la optimización de sistema en minas subterráneas. Se pudo subrayar lo importante del sistema de aire comprimido, y también el traslado del aire por las tuberías para el acrecentamiento de la producción y de tal forma para la disminución de costos. Según su método es de, especificar la potencia del compresor, la estimación del sistema de aire comprimido, pérdida de aire comprimido, procesamiento de datos del uso del aire comprimido en minería, obtención el consumo real de aire comprimido de un total de las maquinarias usadas en mina. El cálculo de tuberías de repartición de aire comprimido en mina, el cálculo de pérdida de presión en tuberías. Precio de obtención de aire comprimido, determinación de la presión que obtiene por la pérdida de presión por

fugas. Como resultado el producto final, se pudo optimizar el sistema de aire comprimido, la caída de presión debe estar entre el 0,3 a 1.0 Bar. El diámetro determinado según el cálculo realizado en los diferentes frentes de trabajo, se determinó que la presión debe de ser 85 lb/pulg². De igual manera se evaluó los costos de pérdida sobre las fugas de aire comprimido son de 0.124 Kw/PCM, mencionando que a una pérdida de 980 PCM se hará necesario consumir una potencia de 121.5 Kw para su compresión, que nos da una pérdida US \$ 729 por día por fugas, multiplicando por 365 día/año con un total de US \$ 266 085, que pueden ser reducidos o eliminados mejorando el sistema de aire comprimido.

López (2020) por su trabajo donde “Diseño de un procedimiento de aire comprimido para descartar fugas durante el transcurso de carbonatación en Arca Continental Lindley – Trujillo, aquí se estableció el objetivo de plantear un sistema de aire comprimido para descartar fugas durante el transcurso de carbonatación. Se trabajó una metodología aplicada tecnológica de diseño no experimental y guías de registro de datos. Los resultados obtenidos se determinaron que el compresor se hallaba recargado debido a que tenía flujo de aire perdido al ambiente de 158.4 kg/h durante el transcurso de carbonatación, esto significa un quebranto anual de 52,911.73 soles. Se planteó un sistema aire comprimido para el proceso de carbonatación, autónomo del sistema existente de aire comprimido. Este diseño contiene un sistema de control automático el cual evadiría fugas y perfeccionaría el proceso para este nuevo sistema de aire comprimido por si se llegaría a implementar. Conjuntamente, evaluado de manera económico el nuevo sistema se estimó una inversión de S/128,619.08 soles con un regreso de inversión de 7 meses.

Campos (2017). El Instituto Colombiano ahorro La Ciencia y La Tecnología En su proyecto de La Unidad De Planeación Minero Energética en Colombia (Upme) Francisco José De Caldas” Colciencias, Nos dicen: El aire comprimido hoy en día es manejado en las industrias, desde los talleres pequeños y las grandes instalaciones industriales. Estos sistemas de aire comprimido pueden cambiar completamente en su tamaño, desde mecanismos de menos de 5 hp, inclusive sistemas de más de 50.000 hp. Y por lo tanto estos consumen más energía en

generar aire y resulta muy costosos. La mejora de la eficiencia energética de estos sistemas permite la disminución de un 20 a 50 % del uso de energía en su elaboración, esto podría significar el ahorro de miles o cientos de miles de dólares potenciales anuales. Se puede incrementar la productividad, mejorar la calidad de un servicio, disminuir interrupciones, reducir mantenimientos, ahorrar energía, siempre que el sistema de aire comprimido este operado apropiadamente.

Loayza (2019). "En Su Trabajo De Suficiencia Profesional "Consumo De Aire Para Perforadoras Jack Leg". Los objetivos del artículo realizado fueron establecer el empleo de aire de una perforadora Jack Leg en una definitiva altitud con los respectivos ajustes por perdidas en tuberías y otros accesorios. Sus resultados obtenidos son: para una perforadora Jack Leg modelo Secan a 4600 m.s.n.m. la demanda es de 85 cfm con una presión de aire comprimido de desde su salida de compresores deben ser 100.98 psi para asi la presión que alcance a las máquinas perforadoras Jack Leg sea 90 psi y realizar un trabajo optimo sin sobre esfuerzo. Conclusión se necesita elevar la presión de salida desde compresores, por la cuantía de aire requerido, pues no hay problema ya que las compresoras si satisfacen la exigencia de aire comprimido.

Valderrama (2018). Por el lado de costos en su investigación "Propuesta de mejora para la reducción de tiempos en el proceso productivo para uvas de mesa variedad Red Globe aplicando herramientas Lean Manufacturing". El objetivo siendo: Desarrollar la propuesta para mejorar producción de uvas de mesa Red Globe una aplicando metodología Lean Manufacturing que consta principalmente en la reducción de tiempos de procesos. Los resultados fue la implementación, conjuntamente con evaluación económica, financiera del proyecto indicando el VAN y el TIR para corroborar que el proyecto resulta viable para la organización. Finalmente, las conclusiones mediante la propuesta de un estudio de tiempos para cada labor y postrero balance de línea, se logró mejoras importantes, como es disminución de mano de obra en 35% por temporada, descenso del tiempo de ciclo en 32%, permitiendo que los embarques puedan enviarse como máximo en 6 días bajando así las cajas almacenadas.

Guerrero (2016) de su investigación "Reducción de costos forjados por no aprobaciones de costura mediante la implementación de materiales Lean Manufacturing". Proponiéndose como objetivo general Comprimir los costos generados por No aprobaciones del proceso de costura por la implementación de materiales Lean Manufacturing. Mediante estudios realizados se encontró como principales recortes: las fallas, evidenciadas con alto índice de reprocesos y los capitales mal utilizados, evidenciados en el estándar de personal que realiza inspección 100%. Estos desperdicios a su vez tienen de origen falta de estandarización en métodos de trabajo con personal de costura. Como resultados la presente investigación expone: de la ejecución de un Proyecto Lean Manufacturing, de dichas herramientas se ha conseguido optimar los indicadores de %reprocesos, pasando de 17.5% a 4.4%; eficacia, pasando de 65% a 70%, los costos por sobretiempos del personal de aptitud de S/12,013 a S/5,082 y la expulsión de las concesiones. Estos indicadores han sido valorizados teniendo como resultados finales del proyecto un TIR de 50% y un VAN de \$14,479, es por eso que comprueba su factibilidad.

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño de investigación

- **Tipo de investigación**

Según Muntané (2010). Investigación básica, se denomina pura y teórica o dogmática, se caracteriza por ser originado por marco teórico y pertenece en él, teniendo como objetivo principal el incrementar el conocimiento científico y fundamentada pero no contrastada en ningún aspecto práctico.

- **Diseño de Investigación**

Según Hernández, Fernández Y Baptista (2014). Los diseños transaccionales descriptivos, el objetivo principal es de investigar los niveles de variables en una población. De ubicar o encontrar las diversas variables de un grupo y la descripción de ello.

Los estudios son netamente descriptivos y también se plantean hipótesis, éstas son también descriptivas. La siguiente tesis es de tipo de investigación básica, y diseño descriptivo, porque información de nuestras variables recogidas en campo, nos ayudará a tener una proponente de solución en la cantera caballo viejo en teorías fundamentadas.

3.2 Variables y operacionalización

Variable independiente: Contreras (2015) aire comprimido corresponde a aire del ambiente al cual, por medio de un compresor, que se aumenta la presión por encima a la atmosférica. Este aire comprende de oxígeno, nitrógeno y vapor de agua.

Mejora del sistema de aire comprimido, Según el autor Díaz (2017). Empezamos por tener que la optimización, se trata de buscar la manera eficiente para realizar una actividad, teniendo resultados eficaces con un desempeño mayor. Es la acción y efecto de una actividad para su mejoría. En este caso, el proceso de perforación.

Asociamos sinónimos como: mejorar, optimar o perfeccionar. En este sentido, se hace modificaciones para optimizar el proceso de perforación.

Sabemos que el aire comprimido en minería subterránea es medio fundamental para los trabajos, se usa como energía para perforadoras en el proceso de perforación, también en las palas neumáticas o como ventilación artificial para la evacuación de gases nocivos. En donde nosotros proponemos para la mejora del sistema aire comprimido, es la adaptación de un tanque pulmón, en la cual acumularemos aire suficiente para generar energía neumática suficiente para las perforadoras Jack leg, para así poder mejorar el proceso de perforación en las labores en la cantera Cabello Viejo.

Variable dependiente: Optimizar la perforación, Según el autor Palomino (2016).la perforación es óptima cuando cumple con los estándares unitarios de la perforación, logrando así conseguir un avance eficaz en cuanto a metros lineales perforados; es decir metro perforado es igual a metro avanzado.

Debemos tener en cuenta todos los factores que implica en el proceso, como: la dimensión de tuberías, el distanciamiento del compresor de aire comprimido y las perforadoras Jack leg y accesorios, y poder minimizar cualquier pérdida de presión para la optimización del proceso de perforación en las labores en la cantera Caballo Viejo.

3.3 Población, muestra y muestreo

Población: Carrillo (2015). “Totalidad de unidades de análisis del conjunto a estudiar”. “Conjunto de individuo, objetos, elementos o los fenómenos de los cuales puede presentar determinada característica susceptible de ser estudiada”

La población estará formada por, cantera caballo viejo, las labores que utilizaran los equipos de perforación y donde usen el aire comprimido

Muestra: Carrillo (2015) es el subconjunto del universo. Desde el punto estadístico son las probabilidades o no probabilísticas. Unidad muestral. Son elementos

sacados de la población que, elementos sacados de la población que son parte la muestra. Las unidades elementales y las unidades muestrales pueden no coincidir. El sistema de aire comprimido, tuberías de polietileno y las perforadoras en las labores.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Según Caro (2021) La observación como técnica que radica precisamente en no perder de vista el progreso del fenómeno que se desea estudiar ya sea en metodología cualitativa o cuantitativa de acuerdo con el modo que se está trabajando

Castro (2019) son las técnicas a realizar como se van a obtener los datos y los instrumentos son los medios materiales, de las cuales se hacen para obtener los datos y archivo de la información requerida para la investigación.

La obtención de información de los equipos de perforación y condición del sistema del aire comprimido. Se llevó a cabo una visita técnica haciendo la observación correspondiente en la Cantera Caballo Viejo en el área de perforación y voladura, para obtener datos de los equipos y sistema de aire comprimido instalados.

Para lograr la optimización de perforación fue necesario hacer un registro del tiempo empleado en la perforación en cada frente de trabajo.

Instrumento. Por Yuni, Ariel (2014) Los instrumentos de recolección de datos son módulos que ayudan al investigador observar y/ o medir los sucesos empíricos, estos han sido creados para obtener una requerida información de una realidad.

3.5 Procedimiento

Procedimiento para el desarrollo de trabajo de investigación

En la figura 7 señalamos los pasos que seguimos para la realización de este trabajo

Primero. Nos planteamos el mejoramiento del sistema de aire comprimido en la cantera caballo

Segundo. Identificamos los problemas que tiene la cantera que era tener más producción por demanda en sus mercados

Tercero. Buscamos los permisos por parte de la cantera Caballo viejo e información puntual en este tema por parte de una universidad.

Cuarto. Al tener luz verde o habilitación por parte del encargado de la escuela de ingeniería de minas realizamos una visita técnica y realizando la observación directa además de tomar los apuntes correspondientes en nuestra ficha de recolección de datos.

Quinto. Plantemos la solución con diversas teorías y si estas convencen planteamos la propuesta

Sexto. Una vez obtenido los resultados los evidenciamos con la sustentación de nuestra investigación.

3.6 Método de Análisis de Datos.

En esta investigación fue incluido varios métodos de análisis

Peña (2017). La base de datos es un sistema de almacenamiento relacionados a estudiar, también puede verse como un repositorio de organización, departamento o persona guarda de dicha información relacionada al estudio que podemos, consultar o integrarse. Dentro de las entidades, por ejemplo, se pueden crear bases de datos según las áreas que la componen.

Método Sistemático: Rodríguez (2017) en su investigación nos indica, que el sistemático está vinculado al desarrollo científico, su uso más aplicado es de, la clasificación, el ordenamiento e información de datos. Y en segundo plano el desarrollo en un periodo determinado, en contexto económico-social dentro de una institución. Este método, permite definir un orden específico basado en reglas. Esto permite que la propia investigación obtenga una comprensión sistemática en determinadas situaciones. Utilizando Excel y software, la información recopilada

permitió organizar, monitorear y revisar diferentes tipos de investigación y descifrar toda la información recopilada sobre la base de un enfoque teórico. Esta es la base de la investigación realizada.

3.7 Aspectos Éticos.

El código de ética en la investigación de la universidad Cesar Vallejos, según la ley universitaria n°30220, la investigación es básica y obligatoria en nuestra universidad, donde los conocimientos y adelanto tecnológico responde las carencias de la sociedad y país.

Regulando las buenas prácticas y asegurando los principios éticos que garantizan la satisfacción y la autonomía de los participantes que realizan los estudios así: de los investigadores en la obtención, procesamiento, interpretación de la información y finalmente la ejecución del informe de la investigación y terminando con la publicación de los mismos.

Según las fuentes estudiadas por los investigadores de nuestra universidad, los códigos de conducta, tienen la orientación de, salvaguardar el bienestar de los colaboradores y elevar los estándares de competitividad profesional y de investigación.

Destacamos para nuestra investigación los siguientes:

Respecto de las personas en su integridad y su autonomía. Se reconoce la dignidad humana, la condición social o económica, etnia donde los interés y bienestar del ser humano los priorizamos por los intereses de la ciencia.

De la política anti plagio. La universidad Cesar Vallejos, promueve la innovación de las investigaciones, ya que el plagio es delito por pasar un trabajo, obra u idea ajena como propio. Tanto parcial o de forma total.

Los investigadores deben nombrar en su obra las fuentes consultadas según estándares de publicación de acuerdo a su campo disciplinar según exija la universidad Cesar Vallejos, para así evitarlo.

El centro de investigaciones tiene a disposición el programa de evaluación de trabajos de investigación turnitin permitiendo detectar coincidencia con fuentes consultadas.

Honestidad. Los investigadores deben respetar derecho de propiedad sabia de algún investigador, para evitar el plagio total o parcial de otros investigadores. Refiriéndose el paso de transparencia de la investigación

IV. RESULTADOS

Los resultados que presentamos a continuación, fueron alcanzados mediante la metodología presentada, que nos ayudó a recaudar datos, identificar y la evaluación del sistema del aire comprimido instalado en la cantera Caballo Viejo, con todos los alcances anteriormente dicha, nos permite a plantear un nuevo diseño para el mejoramiento u optimizar el sistema de aire comprimido.

Identificar las características que enmarcan a la realidad problemática de la Cantera Caballo Viejo

4.1 Ubicación del proyecto.

La Cantera “Caballo Viejo” se encuentra ubicada en Curicaca, correspondiente a la provincia de Jauja a la vez se encuentra en el departamento de Junín, a una altitud que varía entre los 3,710 a 3,730 m.s.n.m. la cantera Caballo Viejo tiene un área de 9.53 Has. Este proyecto se encuentra aproximadamente a 35.47 Km. en línea recta al Sureste de la ciudad de La Oroya.

La ubicación del proyecto dentro la Carta Nacional del Instituto Geográfico Nacional. Denominada 24-L (La Oroya), con una altitud 3720 m.s.n.m. tiene como coordenadas UTM mostradas en la siguiente tabla 1.

Tabla 1. Ubicación del proyecto

Vértice	Este	Norte
V1	242,457.18	8'698,958.52
V2	424,646.15	8'698,405.87
V3	424,529.65	8'698,286.30
V4	424,310.62	8'698,923.95
V5	424,442.02	8'698,968.88

Fuente: Elaboración propia de la cantera

4.2. Accesibilidad del proyecto.

La Cantera Caballo Viejo por vía Terrestre partiendo desde Lima, es muy fácil de llegar, la trayectoria es por la Carretera Central y corta trocha Carrozable, Lima - La Oroya - San Francisco - Cantera "Caballo Viejo", con un recorrido total de 252 Km, el que se resume en la tabla 2.

Tabla 2. Rutas de accesibilidad al proyecto

Ruta	Distancia (km)	Tipo de vía
Lima – La Oroya	202	Asfaltado
La Oroya – San Francisco	47	Asfaltado
San Francisco - Cantera	03	Trocha
Total	252	---

Fuente: Elaboración propia de la cantera

4.3. Geología.

En el área del Proyecto principalmente aflora el travertino, bien estratificado formando mantos - bloques regulares, los cuales se depositado sobre las areniscas goyllarisquizga con contacto discordante. Hacia las partes altas tenemos grandes afloramientos de las calizas Condorsinga. Los depósitos cuaternarios están constituidos por conglomerados en la parte basal y por travertinos en la parte superior, cubriendo a estos depósitos se tienen los coluviales.

4.4. Geología regional.

El área de la cantera Caballo Viejo, las rocas sedimentarias se manifiestan en mantos con cuerpos irregulares y fracturados debido a la metamorfosis del lugar, donde encontramos una variedad de calizas de tonalidad oscura y travertino en gran magnitud. Así mismo se puede visualizar diques volcánicos posteriores al metamorfismo.

La Cantera se encuentra dentro de las siguientes formaciones:

4.5 Formación Condorsinga. Esta formación tiene un espesor entre 500 y 1500 metros, contiene calizas de bancos regulares que varía 0.20 y 1.00 metros

que podría llegar fácilmente a 3 metros. Con presencia de Dolomita en la parte superior, lutitas en escasez, los cherts son comunes en la parte baja, con lechos continuos. Comúnmente las calizas presentan pellets cementados con micrita. Encargándose de los pequeños granos de cuarzo, que puede construir aproximadamente el 20 % de la roca cerca de la formación. Los bioclastos que se encuentra en el área son muy frecuentes, que estan compuestos por pelecípodos y crinoideos.

4.6 Formación Goyllarisquizga. Están conformadas con aglomerados de cantos de caliza o de chert, que su extensión local y se encuentran cerca de su origen de las formaciones infrayantes. El miembro superior de la formación está conformado por crestones de areniscas macizas de 10 a 150 mts. de grosor, separados por depresiones limolíticas y carbonosas de 10 a 15 mts.

4.7 Hidrografía de la zona.

La Cantera Caballo Viejo, su hidrología se ubica a la falda del cerro Aricocha que se encuentra en la cuenca del río Mantaro, formado por la quebrada Jallampite, la corriente de agua se encuentra seca durante el año en excepción en épocas de lluvias, su caudal varía dependiendo por las precipitaciones en el lugar, es afluente del río Mantaro, que se encuentra aproximadamente en unos 3 kilómetros al NW en línea recta referente a la Cantera.

4.8 Explotación del yacimiento.

La explotación de la cantera se realiza a cielo abierto, a través de explotación de bancos. Por la característica del yacimiento nos permite a explotar con perforación y voladura, usan la mano de obra y cuando se necesite se utilizará maquinarias para desbrozar.

4.9 Parámetros de diseño.

Se analizó la estabilidad de taludes para cuatro bancos con una altura de ocho metros con un ángulo de 75% con bermas de seguridad de tres metros de ancho, con los resultados del análisis se establece que su comportamiento es estable. Su explotación de la cantera será de método superficial.

Tabla 3. Características del método de explotación superficial

Parámetros	Valores
Altura de banco	8m.
Angulo de talud de banco	75°
Angulo de talud final	61°
Ancho de berma	3m.
Número de bancos	4
Altura final	32m.

Fuente: Cantera área de planeamiento.

4.10 Planeamiento de minado.

Para el plan de minado de la Cantea Caballo Viejo, se realizó el estudio geológico y el análisis de estabilidad de taludes para el diseño de la cantera.

El mismo que se presentara a continuación, tomándose en cuenta los tres planes de minado: corto, mediano y largo plazo.

4.11 Planeamiento de minado a corto plazo.

El planeamiento a corto plazo, esta con la relación de la producción del año, la preparación y la explotación que se considera una producción de 300 TM al mes. (1200 TM/año) los trabajos fueron programados en campañas de 4 meses/año. En el área no se presencia de aguas subterráneas, de lo cual favorece para la estabilidad de taludes.

4.12 Planeamiento de minado a mediano plazo.

Acorde al mercado de los no metálicos, el programa de la producción es muy difícil a mediado plazo; pero, se estimó sostener la misma producción de 1200 TM/año, si hubiese una modificación en el mercado, se rectifica el planeamiento y se dará aviso inmediatamente a la autoridad encargada.

4.13 Planeamiento de minado a largo plazo.

Refiriéndose al planeamiento de largo plazo, en lo no metálico es impreciso su producción, aunque, las reservas se mantendrá la producción a 1200 TM/año, tomando en cuenta la oferta y demanda del mercado.

Tabla 4. Producción año 2020

Producción año 2020		
Material económico tm.	Enero-septiembre tm.	Total, proyectado a diciembre
Material económico (travertino) tm.	60,048	92,048
Desmote TM.	5,160	7,650
Total	65,208	99,698

Fuente: Área de Planeamiento de la cantera

Tabla 5. Producción Programada año 2014

Producción Programada Año 2014	
Material Económico (Travertino) TM.	90,000
Desmote TM	7,500
TOTAL	97,500

Fuente: Área de Planeamiento de la cantera

La apertura de estas 3 labores fue programada por encima del afloramiento del material económico, donde se encuentran a una altitud de 3715 m.s.n.m.

Tabla 6. Labores Programadas coord. UTM.

Labor	Este	Norte	Cota m.s.n.m
Labor Sarita	424,520	8'698,589	3,702
Labor Rampa	424,504	8'698,636	3,713
Labor Hueco	424,364	8'698,910	3,712

Fuente: Área de Planeamiento de la cantera

4.14 Método de explotación del yacimiento

Sobre la explotación de la Cantera Caballo Viejo, se realiza mediante el método superficial, por métodos de bancos de explotación, es de forma artesanal con personal capacitado, y cuando se requiere se usará maquinarias pesadas para desbrozar, evitando el uso de perforación y voladura.

4.15 Diseño de bancos de explotación

Su diseño de explotación de cantera es a cielo abierto, formados por bancos de explotación, se tomó las propiedades físicas – mecánica, la estructura del terreno, se analizó la estabilidad de taludes y se explotara mediante la formación y extracción de gradines o minibancos de 2m. De altura en forma descendente, para cuatros bancos con una altura de ocho metros con una inclinación de 75% con bermas de seguridad de tres metros de amplio, con los estudios de análisis se establece que su comportamiento es inalterable.

4.16 Ciclo de minado

4.16.1 Decapeo.

Es la acción de retirar del material orgánico (Topsoil), el área de la cantera, la mayoría presenta afloramiento de travertino, el material es retirado para evitar la contaminación con la extracción del material en la cantera, el material orgánico extraído será almacenado en lugar temporal que posterior ser usado para mitigar el impacto producidos por la explotación del material económico, la etapa de reforestación y de cierre será progresivo y final de las operaciones en la cantera.

4.16.2 Desbroce.

El material infértil o no económico, es extraído y acumulados en el botadero, para la extracción del material económico Travertino. El material retirado contiene travertino, pero contaminada y es considerado sin valor económico. Para después ser usado como relleno para la nivelación de terreno y el cierre progresivo y final de las operaciones.

4.16.3 Explotación.

El material económico es explotado a tajo abierto en la cantera, es por medios bancos que tiene 8 metros de altura con cuatro bancos teniendo una altura de 32 metros. Cada uno de los bancos tendrá cuatro gradines de 2 metros de altura cada uno, la etapa será:

Formación de los minibancos o gradines de 2 metros de altura, la explotación será descendente.

Los gradines serán sacados por medios de perforación y voladura, se iniciará con la perforación y voladura empleando una malla de 0.80x0.80 metros. Luego se procederá con la extracción manual (pallaqueo del material económico) usando picos, barretas, combas y lampas.

Cada 4 gradines o bancos de ocho metros de altura que contará con bermas de seguridad de 3 metros ancho.

El material explotado, será depositado en una cancha temporal, para luego ser traslado a Lima para su utilidad.

4.16.4 Clasificación.

El material extraído Travertino, serán trasladado mediante carretillas tipo Buggy, en una cancha de depósito para su clasificación (pallaqueo) sugerido al mercado, y ser enviado a Lima para su aprovechamiento y comercialización.

4.16.5 Acarreo y transporte.

El material será acarreado a la cancha selección de material económico para luego ser transportado a Lima para su aprovechamiento y comercialización. El desmonte o el material no económico serán depositados en un botadero posteriormente ser usado en la mitigación de contaminación y en el cierre progresivo de cantera.

4.17 Equipos y maquinaria

Los equipos que se usará en las operaciones son los siguientes:

Tabla 7. Equipos y Maquinarias

Descripción	Modelo	Unidades
Compresora Portátil	Atlas Copco de 250cfm	01
Perforadora Manual	RH - 658	02
barretas	Barretas de fierro de 1"	04
Cargador frontal	SEM	01
Tractor Oruga	CAT – D6	01
Volquete	IVECO T400	01

Fuente: Elaboración propia de la cantera

Las maquinarias pesadas que se emplearán para la limpieza de labores son cargador frontal y volquete. Que son contratados a terceros que se realizará una vez por año.

4.18 Fuerza laboral.

La Cantera Caballo Viejo, contarán con 18 trabajadores especificado en el cuadro siguiente:

Tabla 8. Fuerza Laboral del proyecto

Etapa	Cargo	Cantidad	Total
Preparación y Explotación	Ing. Residente	01	18
	Perforista	08	
	Ayudante	08	
	Perforista	08	
	Capataz	01	

Fuente: Elaboración propia de la cantera

4.19 Estudio geotécnico

4.19.1 Caracterización del macizo rocoso.

Para esta clasificación utilizamos la clasificación geomecánica de Bieniawski del año 1989, esta establece 5 parámetros para obtener caracterización del macizo. Los parámetros son: resistencia de roca intacta, esta correlaciona la dureza de la roca. Nivel de fracturamiento que está definido por el RQD de Deere, Eespaciamiento medio del sistema dominante este a su vez precisará las dimensiones de bloques que se generen, las situaciones de discontinuidades que involucran, la apertura, que es el espacio entre las paneles de la discontinuidad, la rugosidad, que mide el grado de rigidez, la persistencia, que es disposición de continuidad de la discontinuidad, el relleno, material que está dentro de la discontinuidad y el grado de alteración, basada en función de las situaciones climatológicas de la zona; el agua, que es la presencia y cantidad de agua en zona de operación. Estos parámetros son valorados independientemente nos y en conjunto da la clasificación de Bieniawski llamado también RMR.

Tabla 9. Clasificación de la Masa Rocosa

Estaciones	Coordenadas Utm		Rmr Bieniawski	Rqd %	Tipo de Roca
	Este	Norte			
E-1	424,548	8'698,568	52	65 – 70	III -A
E-2	424,531	8'698,586	62	70 – 75	II – B
E-3	424,462	8'698,582	60	75 – 80	III – A
E-4	424,408	8'698,648	55	55 – 60	III – A
E-5	424,409	8'698,706	55	70 – 75	III – A
E-6	424,394	8'698,758	54	65 – 70	III – A
E-7	424,323	8'699,013	55	65 – 70	III – A
E-8	424,381	8'698,924	55	65 – 70	III – A

Fuente: Área de Geomecánica de la cantera

4.19.2 Clasificación geomecánica

Estos parámetros que fueron valorados independientemente, y conjunto nos dan la tipificación de Bieniawski llamado también RMR (1979). Se analizaron dos estaciones mapeadas, en estas se han definido los poderíos estructurales y características físicas, siendo las propiedades de la roca in-situ. Según la clasificación de Bieniawski (ver tabla) se ha definido los siguientes parámetros:

Tabla 10. Evaluación de acuerdo Bieniawski

Estaciones	RMR Básico	RMR Ajustado	RQD %	Tipo de Roca
E - 1	52	47	66	III - A
E - 2	62	57	73	II - B
E - 3	60	55	79	III - A
E - 4	55	50	59	III - A
E - 5	55	50	73	III - A
E - 6	54	49	69	III - A
E - 7	55	50	66	III - A
E - 8	55	50	66	III - A

Fuente: Área de Geomecánica de la cantera

Según datos obtenidos tenemos de acuerdo a la clasificación geomecánica de Bieniawski (1979), que la característica de roca es buena del tipo II-B y III-A, con raras caídas de bloques aislados.

La estimación de acuerdo al SRM de los taludes se evidencia en el cuadro.

Tabla 11. Evaluación de acuerdo al SRM (Romana, 1985)

Talud	RMR	SRM	Clase	Descripción	Estabilidad	Rotura	Tratamiento
E - 1	52	59	III	Normal	Parcialmente Estable	Algunas Juntas o Muchas Cuñas	Sistemático

E – 2	62	68	II	Buena	Estable	Algunos Bloques	Ocasional
E – 3	60	62	II	Buena	Estable	Algunos Bloques	Ocasional
E – 4	55	61	II	Buena	Estable	Algunos Bloques	Ocasional
E – 5	55	59	III	Normal	Parcialmente Estable	Algunas Juntas o Muchas Cuñas	Sistemático
E – 6	54	55	III	Normal	Parcialmente Estable	Algunas Juntas o Muchas Cuñas	Sistemático
E – 7	55	61	II	Buena	Estable	Algunos Bloques	Ocasional
E – 8	55	53	III	Normal	Parcialmente Estable	Algunas Juntas o Muchas Cuñas	Sistemático

Fuente: Área de Geomecánica de la cantera

4.20 Información técnica del proyecto minero

En el mercado nacional abastece al 80% y se encuentra presente en los principales sectores industriales. En el mercado exterior, exporta el 35% de producción y atiende mercados de Argentina, Bolivia Chile, Colombia, Ecuador, Venezuela, América de Norte y Centro América.

	Canteras	COMACSA es titular de todas sus concesiones mineras distribuidas en todo el Perú, muchas de ellas a 4 000 m s.n.m
	Productos	Ofrecemos insumos industriales de calidad mundial, elaborados con minerales no metálicos cuidadosamente seleccionados de nuestras propias canteras, asegurando un abastecimiento continuo.
	Asesoría comercial y técnica	COMACSA cuenta con un staff de profesionales con amplia experiencia en la aplicación de nuestros productos en todos los sectores industriales que atendemos.
	Servicio al cliente	Contamos con personal calificado para su atención en central telefónica, post venta y entrega de productos que es nuestra prioridad.
	Laboratorio	COMACSA cuenta con laboratorios tecnificados que garantizan la estandarización y calidad de nuestros insumos y productos.
	Investigación y desarrollo	Estamos a la vanguardia en la búsqueda de soluciones funcionales y desarrollo de nuevos productos. Nuestra amplia variedad de minerales nos permite elaborar productos de alto valor agregado y calidad.

Figura 1. Oferta de Valor del proyecto minero
Fuente: Comacsa s.a, (2021)



Figura 2. Principales productos del proyecto minero

Fuente: comacsa s.a, (2021)

4.21 Leyes del laboratorio de la composición química del travertino en el proyecto minero

En la figura que se presenta a continuación se muestra los datos de laboratorio correspondientes a las leyes del travertino.

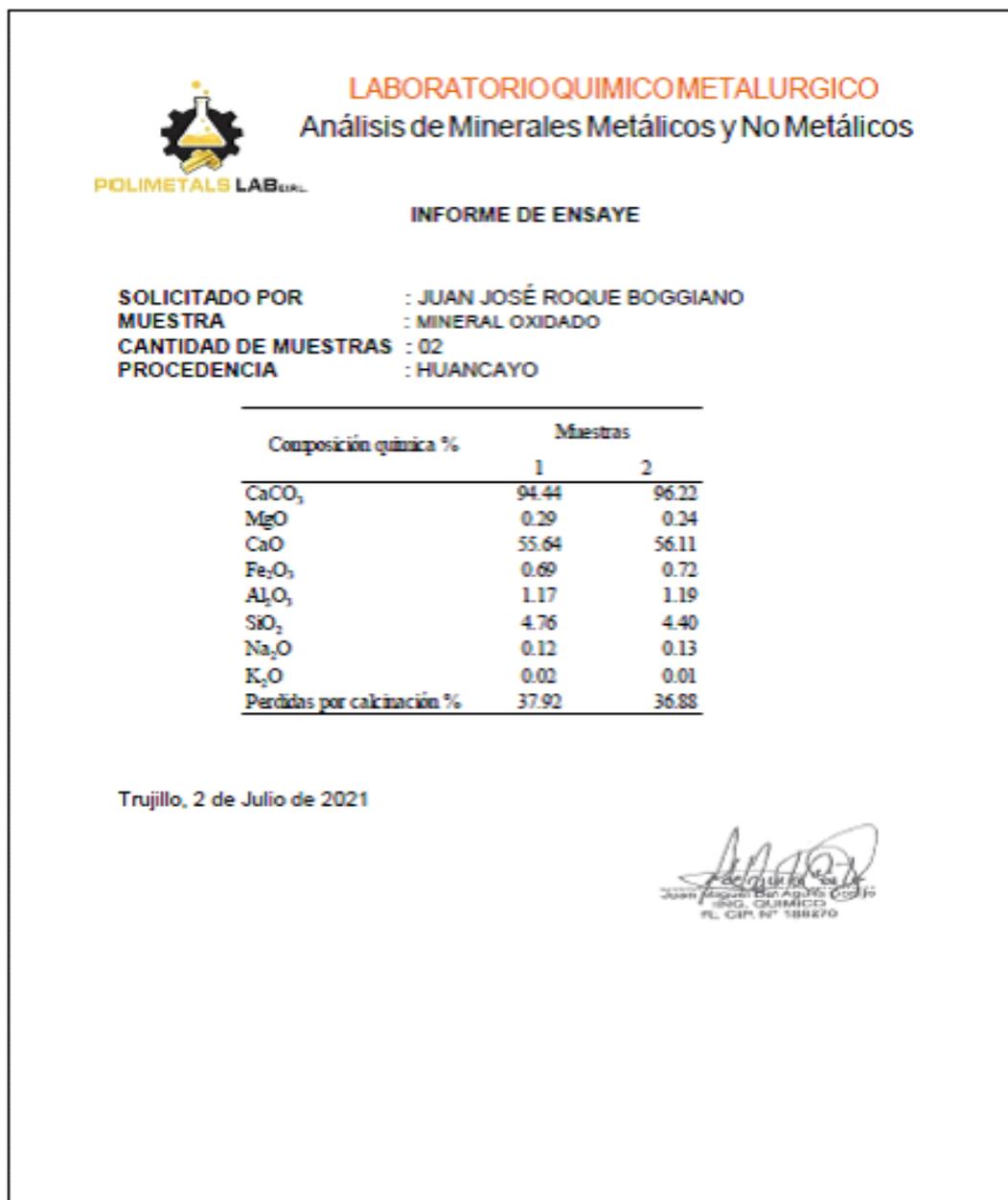


Figura 3. Leyes de laboratorio del travertino

Fuente: PolimetalsLAB (2021).

4.22 Determinar la capacidad del tanque pulmón para el aprovechamiento óptimo de aire comprimido en cada frente de trabajo.

4.22.1 Adaptación de tanque pulmón

WSI (2019). También es llamado como “deposito acumulador”, se utiliza para la acumulación aire comprimido para ciertos trabajos a realizarse, que son abastecidos por el compresor de manera directa, así como para amortiguar y compensar variaciones de presión en sistemas neumáticos. El almacenamiento de aire comprimido es muy importante para reducir la caída de presión, también puede funcionar para el enfriamiento del caudal de aire, la eliminación de humedad de la condensación y también como un modulador para el ciclo de trabajo del compresor.

Sirve para evitar las variaciones de presión que vienen del compresor, que son causadas principalmente por compresores de pistones.

Almacenar una cantidad suficiente de aire para hacer frente a la demanda de este. Estabiliza la presión de descarga evitando fluctuaciones que puedan afectar el desempeño del compresor.

Un tanque de aire adecuado es indispensable para la productividad, así como para el ahorro energético.

Según González (2016) También llamado “tanque acumulador” de aire comprimido. El acopio del aire comprimido, quizás no sea visto como un punto importante ya que solo le ve como almacenador de aire, para ser usado cuando se requiere. Pues no demanda o genera energía mecánica o eléctrica.

- En este trabajo de investigación se ha planteado la adaptación de un tanque pulmón portátil, dado que el compresor presenta la misma característica.
- A la vez, un tanque pulmón apropiado, permite ayudar a mejorar el rendimiento en varios aspectos en las labores, así como:

- Mejorar rendimiento energético del compresor, ayuda para que otros equipos no tengan arranques innecesarios, así también el número de ciclos carga-descarga del compresor.
- Reducir el tiempo de perforación en las labores.
- Reduce el consumo de combustible.
- No habrá tiempo de espera de traslado de las tuberías a las otras labores.

Para hallar el tamaño o capacidad del tanque pulmón, tendremos en cuenta los siguientes parámetros y formula:

$$VR = \frac{V_1 \times (DF - DF^2)}{(Z \times D_p)}$$

Donde:

VR = Volumen real del tanque pulmón [m³]

V₁ = Flujo de aire del compresor [m³ /h]

V₂ = Demanda de aire en labores [m³/h]

Z = N° de ciclos de carga y descarga permitidos por hora del compresor.

D_p = Diferencia de la presión del compresor [bar].

El control del compresor no será capaz para ajustar por sí solo los ciclos de carga-descarga, para llevar a cabo esta acción es necesario considerar el ajuste de presión al control del compresor, este valor para el análisis estará basado en una presión diferencial de 10 psi (0.689 bar).

D_F = V₂ / V₁ = factor de carga.

En base a la práctica y como valor empírico, este valor de factor de carga (DF) se alcanza a considerar de 0.5 para equipos de 3 – 25 hp, 0.79 en equipos de 30 - 100 hp, y 0.885 hacia equipos de 125 – 450 hp.

Mejía (2018). nos dice que, la producción del aire comprimido, es obtenido de compresora que se utiliza como materia prima. Compuestos por acondicionador de aire, por depósitos de acumulación, tuberías que funcionan como red de distribución, estas aplicaciones que se apoyan por elementos de control, como

diferentes actuadores y un compresor. Los compresores es un mecanismo que ayudan a elevar la presión del aire que es obtenido del ambiente hasta la presión que se desee. Para optimizar las instalaciones neumáticas debemos utilizar compresores que pueden producir, almacenar y regular los suministros de aire comprimido para los diferentes frentes de trabajo que se utiliza aire comprimido. Para calcular el valor total que se va emplear en las instalaciones neumáticas, se determina mediante el aire comprimido por el tiempo que fluye en una sección de trabajo. La fluidez de aire puede ser medido en: m³/h, m³/min., l/min. O l/s, se representa:

$$Q=V/t= (S.L)/t= S.v$$

Donde:

V: volumen del fluido que atraviesa la sección de la tubería en m³ o litros (l).

S: Representa la sección de la tubería en m².

L: Representa la longitud de la tubería en metros.

T: tiempo en segundos o minutos.

V: Representa la velocidad del movimiento del fluido.

Fundamentos termodinámicos

Introducción de los fundamentos de la termodinámica, ayuda a entender principio de funcionamiento de estos equipos involucrados en un sistema de aire comprimido (compresores, tuberías...).

Primero la ecuación general de los gases (constitución del aire: nitrógeno 78% y oxígeno en 21. La ecuación que concierne presión, volumen y temperatura para un gas es de la siguiente manera:

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

Donde:

P: presión absoluta gas (Pa)

V: es volumen que este ocupa (m³)

N: número de moles

R : es constante de los gases ($8,314 \text{ J/mol}\cdot\text{K}$)

T : la temperatura absoluta (K).

Tutorial n° 201 diseño de sistemas de aire comprimido

Del análisis técnico tenemos en cuenta que en labores se cuenta con:

DATOS TÉCNICOS

Rendimiento		XATS 186	XAVS 186
Presión de trabajo	bares (g)	7-10	7-14
	psi (g)	100-150	100-205
Entrega máx. de aire (1)	m ³ /min	9,8-11,4	10,1-11,4
	l/seg	190	190
	cfm	345-402	358-402
Temperatura ambiente máxima	°C	50	50
Temp. mín. de arranque / (función de arranque en frío)	°C	-10 / -25	-10 / -25
Motor			
Modelo		John Deere 4045HFC04	John Deere 4045HFC04
Número de cilindros		4	4
Salida a la velocidad nominal	kW	86	104
Velocidad nominal	r.p.m.	1900-2200	1950-2200
Velocidad de descarga	r.p.m.	1500	1500
Capacidad			
Aceite de motor	l	14,7	14,7
Aceite del compresor	l	26,5	26,5
Capacidad del depósito de combustible	l	168	168
Nivel de ruidos			
Potencia acústica (LpA) a 7 m.	dB(A)	71	71
Dimensiones y peso			
Longitud con barra de remolque fija	mm.	4940	4940
Ancho	mm.	1580	1580
Altura	mm.	1800	1800
Peso	kg	2340	2340

Figura 4. Ficha técnica del Compresor - XAS 186 Dd Atlas Copco

Fuente: Atlas Copco Atlas copco. Datos técnicos
Maldonado (2021)

Tabla 12. Ficha Técnica de las Perforadoras RH-658

Tipo de martillo	Surface rock drill
Rango de barrenos	29 mm - 40 mm
Peso	24 kg
Longitud	565 mm
Consumo de aire	58 l/s
Frecuencia de impacto	2 040 blows/min
Revoluciones	215 rpm
Velocidad de penetración	425 mm/min
Conexión de manguera	19 mm
Diámetro del pistón	65 mm
Longitud de carrera	59 mm

Fuente: gc service & parts sac derechos reservados

Tabla 13. Requerimiento de aire en labores de perforación

Sección	Equipo	Cantidad	Consumo Unitario (litros/min) Catálogo	Consumo total (litros/min)	Coef. Útil	Consumo útil (litros/min)
Perforación	PERFORADORA RH-658	8	3480	27840	0.8	22272
Compresor	Compresor Atlas Copco Xas 186	1	11300	11300	0.8	9040

Fuente: Elaboración propia

Se añade 10% de fugas y 50% de posibles ampliaciones.

Tabla 14. Requerimiento de aire final en labores de perforación

Descripción	Litros/min.
Consumo útil de perforadoras	22272
50% de posibles ampliaciones	11136
10% de fugas	2227.2
Consumo total útil	35635.2

Fuente: Elaboración propia

Se convierte litros/min. A m³/hora.

Tabla 15. *Requerimiento de aire en m³*

Consumo requerido de las perforadoras	22272 litros/min.	22.272 m ³ /min.	
Consumo de fugas y posibles ampliaciones	13363.2 litros/min.	13.3632 m ³ /min.	
Consumo útil total	35635.2 litros/min	35.6352 m ³ /min.	2138.112 m ³ /h.

Fuente: Elaboración propia

4.23 La perforación.

Nicolai (2019) Nos indica, con el aire comprimido es utilizado para impulsar un barreno de percusión de rotación en una forma lenta que nos permite funcionar como un martillo neumático. El barreno generalmente está equipado con protuberancias endurecidas, mayormente con tungsteno, que nos ayuda triturar la roca en el fondo de un taladro. En lo general, requieren plataformas montadas con uno o más vehículos de apoyo para el traslado de los barrenos de perforación y el compresor de aire abastece el aire.

Rojas (2019) nos habla que el costo de mantenimiento de las maquinarias es una inversión que se debe realizar a los equipos para rentabilidad de la producción de la empresa. Las operaciones mineras se ocupan más en la rentabilidad de la producción y dejan de lado el mantenimiento de los equipos que son fundamental para la producción. Por lo cual tratar de minimizar el tiempo que las máquinas están inactividad, por ello con un mantenimiento proactivo puede ayudar a maximizar las ganancias en la producción. Con mantenimiento preventivo nos permite identificar los mantenimientos de corrección o programados, esto significa que el tiempo de reparación será en un horario confiable. Por lo tanto, el propósito de implementar una técnica de mantenimiento preventivo, es mejorar la rentabilidad de las perforadoras mediante indicadores establecidos. Con esta mejora nos permite la adaptación de tareas de inspección y mantenimiento periódico para la prevención de paradas imprevista.

4.24 Diferencia de presiones en el tanque pulmón.

Sandoval (2019). Presión. El concepto básico de la presión nos indica, que la fuerza ejercida por la unidad de forma perpendicular. Esta fórmula se expresa en la ecuación. Y es para presión en sólidos (esfuerzo), líquidos (presión hidráulica) y gases (presión neumática)

$$P = F A$$

Cassani (2012). Un tanque pulmón, sin una diferencia de presiones con una línea no tiene un efecto y no almacena aire. Este debe ser como un dique en un río. Si existirá un caudal, pero no acumulará aire ya que el ingreso y salida son iguales y no genera diferencia de presión. La salida de aire debe ser menor a la entra para comenzar acumular aire, para cuando tengamos un requerimiento podamos cubrir el déficit con la diferencia acumulada.

El volumen de aire siempre dependerá de las diferencias de presiones para ser usable. Para ello se usará la siguiente formula con los diferentes parámetros:

$$T = V * \frac{(P1 - P2)}{(C * Pa)}$$

Siendo:

T: Tiempo en minutos

V: Volumen del tanque

P₁: Presión inicial en bar

P₂: Presión final en bar

C: Demanda de aire en m³/min

P.a.: Presión Atmosférica

4.25 Factor de corrección por altura

Yanque (2020) en su estudio realizado, nos menciona que el relieve terrestre que nos encontramos, su densidad de aire y presión varía de acuerdo a la altura, también ocurre con la humedad relativa y temperatura. Los factores resaltados son importantes para los equipos compresores, ya que los compresores absorben el aire del ambiente para poder comprimirlo. El aire que absorbe no tiene las mismas

características alrededor del mundo y por eso es importante saber los factores mencionados anteriormente para poder determinar su composición.

Con la siguiente formula podemos calcular la entrega del aire a diferentes condiciones:

- $SCFM = CFMFAD * \frac{\left[\frac{PSIA(a) * 144}{53.3 * (TEMP(a) + 460)} - \frac{RH(a)}{SVSV(a)} \right]}{\left[\frac{PSIA(s) * 144}{53.3 * (TEMP(s) + 460)} - \frac{RH(a)}{SVSV(a)} \right]}$
- CFMFAD = Aire libre entregado
- SCFM = CFM a condiciones estándar
- PSIA(a) = Presión ambiental absoluta actual
- PSIA(s) = Presión ambiental estándar absoluta
- TEMP(a) = Temperatura ambiental actual (F)
- TEMP(s) = Temperatura estándar (F)
- RH(a) = Humedad relativa actual
- RH(s) = Humedad relativa estándar
- SVSV(a) = Volumen específico de saturación de vapor actual $\frac{ft^3}{lb}$
- SVSV(S) = Volumen específico de saturación de vapor estándar $\frac{ft^3}{lb}$

Según Arenas (2013), nos dice que el uso de aire de las perforadoras referente a la altitud, se debe de optar por el factor de corrección, que tiene una relación entre la presión atmosférica a nivel del mar y presión atmosférica en el lugar donde se va a trabajar.

$$Fi = Pa / Pe$$

Siendo:

Pa: Presión atm. Sobre el nivel del mar (psi)

Pe: Presión atm. En el lugar de trabajo (psi)

4.26 Factor de simultaneidad para uso de perforadoras

Ramos (2021). Nos indica que todas las cargas no funcionan simultáneamente, por lo tanto, este factor es aplicable en cada grupo de carga para obtener una información más acierta de la máxima demanda del sistema. El diseñador es el responsable de la determinación de estos factores.

Mestas (2019). La simultaneidad es una evaluación que se toma en cuenta un número de perforadoras que operan al mismo tiempo en los frentes de trabajo.

Se muestra una gráfica donde la curva que desciende de acuerdo que el número de máquinas neumáticas aumenta, la intercepción de dicha curva con el número de máquinas neumáticas nos permite evaluar el factor de simultaneidad que se encuentra en el eje vertical.

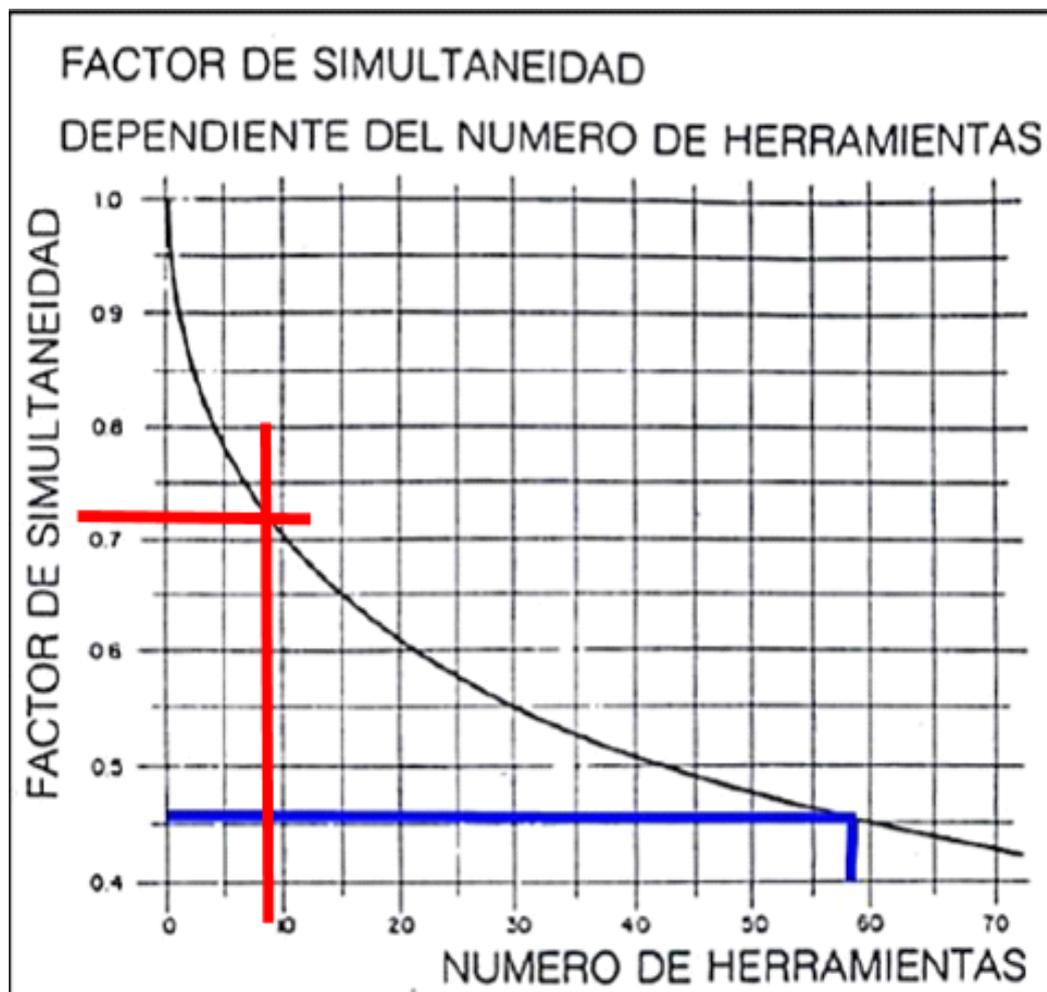


Figura 5. Factor de simultaneidad

Fuente: Mestas pag. 13 (2019).

El consumo real por uso corresponde al tiempo de inactividad de la unidad neumática debido a la naturaleza del trabajo. El alcance de esta operación intermitente depende del mantenimiento de cada herramienta, máquina o accionamiento. El análisis actual considera 50 usos reales (lo que es coherente con el hecho de que la perforación lleva unos 40 minutos).

Se realizaron los cálculos del volumen real del tanque pulmón tomando en cuenta la fórmula y datos técnicos del compresor, siendo el resultado del cálculo:

Tabla 16. Volumen del tanque pulmón

V ₁ :	Flujo de aire del compresor [m ³ /h]	683.00
V ₂ :	Demanda de aire en labores [m ³ /h]	
Z:	Número de ciclos carga – descarga permitidos por hora del compresor.	25
D _p :	Diferencial de presión del compresor [bar]	0.475
D _F :	V ₂ / V ₁ = factor de carga	0.5
VR:	Volumen real del tanque en [m ³]	11.71
T:	Tiempo (min de respaldo hasta la caída de presión)	2
V:	Volumen del tanque [m ³]	11.71
P1:	Presión Inicial (bar)	10
P1:	Presión Inicial en (PSI)	150
P2:	Presión final en (PSI)	127.12
C:	Demanda de aire en m ³ /min	9.04
Pa:	Presión atmosférica Junín (hPa)	1022
Pa Junín:	Presión atmosférica Junín (PSI)	14.82
DIFERENCIA DE PRESIONES (PSI)		22.88

Fuente: Elaboración propia

Tabla 17. Diferencia de presiones en el tanque pulmón

Compresor	Consumo Catálogo=	11300 l/min
	1 cfm =	0.0353 l/min
Perforadoras	Consumo Catálogo=	398.89 cfm
	Consumo Catálogo=	3480 l/min
Perforadoras	1 cfm =	0.0353 l/min
	Consumo Catálogo=	122.84 cfm
Consumo de aire compresor =		395.66 cfm
Consumo de aire perforadora =		121.85 cfm

Fuente: Elaboración propia

Tabla 18. Factor de corrección por altura

Compresor	Consumo Catálogo=	11300 l/min
	1 cfm =	0.0353 l/min
Perforadoras	Consumo Catálogo=	398.89 cfm
	1 cfm =	0.0353 l/min
Consumo de aire compresor =		395.66 cfm
Consumo de aire perforadora =		121.85 cfm

Fuente: Elaboración propia

Tabla 19. Factor de simultaneidad en perforadoras

Factor de simultaneidad	0.72
Consumo ajustado	121.85 cfm
Consumo efectivo de aire (unid) =	43.866 cfm
Consumo efectivo de aire (8 perforadoras) =	350.928 cfm

Fuente: Elaboración propia

4.26 Reducir el costo de combustible utilizado en el compresor.

Cabrera. (2020) en su investigación nos resalta el facturamiento del servicio eléctrico en la minera Mincampa, que su costo posee el valor de 0.093 USD/KWh. Donde realiza el cálculo de consumo eléctrico de potencia activa en la siguiente ecuación:

$$\text{Costoenergía} = P \text{ activa} \cdot \frac{\text{horas}}{\text{dia}} \cdot \frac{\text{dias}}{\text{mes}} \cdot \text{tarifa}$$

$$\text{Costoenergía} = 68,062 \text{ kW} \cdot \frac{6\text{h}}{\text{dia}} \cdot \frac{31 \text{ dias}}{\text{mes}} \cdot 0,093 \text{ USD kWh}$$

$$\text{Costoenergía} = 1\,177,34 \frac{\text{USD}}{\text{mes}}$$

Nos manifiesta que el valor calculado se debe aumentar el rubro por concepto de demanda, perdida y penalización de transformación por bajo factor de potencia, según el consumo de kWh-mestal. El historial de los últimos años de consumo es de \$1800/mes, donde representa 2/3 del consumo actual del compresor. Basado a los cálculos realizados determina un ahorro promedio de un 33.33% al variador de

velocidad generado al compresor instalado por consumo energético. Donde se obtiene un ahorro anual de \$16935,20. Al repotenciar el sistema neumático. También resalta que el ahorro promedio de los equipos es de 35% por consumo energético con los compresores de velocidad variable, indicado por el fabricante.

Costo de operación: aquí se calculamos el valor económico que será utilizado en el componente principal (compresora) para la generación del aire comprimido. Contamos con un compresor de un potencial de 86 kW, que en hp nos da un resultado de 115.33 hp

Nuestro tiempo el cual operamos es de 2 turnos/día, 0.83 hrs/turno, todo esto en 365 días/año x 0.25 US\$/ kW-h

Con esto tenemos que el costo para la producción anual es de:

Obtenemos un total de: **US\$ 13340.75 año.**

Dividimos a la mitad de turnos para reducir el tiempo de la perforación que sería entre 2:

El resultado final es de: **US\$ 6670.375 año.**

A este resultado lo dividimos por los meses en el año

Tenemos que el precio estimado por mes es de **US\$555.864 mes.**

V. DISCUSIÓN

El mejoramiento de nuestro sistema de aire comprimido empezamos comprobando y analizando los costos que implican generar aire comprimido deduciendo de tal forma que se convierten en beneficios, ahorros o ganancias, los resultados obtenidos, nos indican que por turno el costo total es de US\$ 6670.375, siendo este monto una cantidad adecuada en el mejoramiento del sistema de compresión de aire. Estos resultados nos permiten tener en cuenta la estimación de recursos que serán utilizados y que pueden varían de acuerdo al precio de combustibles que cueste en el momento de la operación.

La mejora en la eficacia energética de estos sistemas logra reconocer la disminución de 20 al 50 % de consumo combustibles, esto significaría el ahorro potencial de cientos de dolares e incluso miles de cientos por año. Los sistemas de aire comprimido operados de una buena manera ayudan a ahorrar energía, reduciendo sus mantenimientos, disminuyendo dificultades productivas, incrementando su rendimiento y permitiendo mejorar su calidad, coincidiendo con Campo (2017).

Uno de los aspectos importantes aquí es el tema económico de tal manera que si utilizamos lean Manufacturing que es la eliminación de reprocesos en este caso doble turno de perforación, con un tiempo de 0.83hrs reduciendo a 0.42hrs y con costos de US\$ 13340.75 año a US\$ 6670.375 año respectivamente, tenemos un TIR DE 50% y VAN US\$ 6670.375. Según una investigación "Reducción de costos forjados por no aprobaciones de costura mediante la implementación de materiales Lean Manufacturing" sus resultados fueron resultados la presente investigación expone: de la ejecución de un Proyecto Lean Manufacturing, de dichas herramientas se ha conseguido optimar los indicadores de % reprocesos, pasando de 17.5% a 4.4%; eficacia, pasando de 65% a 70%, los costos por sobretiempos del personal de aptitud de S/12,013 a S/5,082 y la expulsión de las concesiones. Estos indicadores han sido valorizados teniendo como resultados finales del proyecto un TIR de 50% y un VAN de \$14,479, al comprar estos indicadores finales vemos que resulta comprobada la factibilidad del proyecto.

Según la tabla 15, se tiene que la demanda de aire tanto en el proceso de perforación y compresión es de 22272 l/min y 9040 l/min respectivamente, sin embargo, es necesario considerar algunas imperfecciones que se pueden presentar en dicho proceso, y se debe considerar dentro del cálculo. Estas imperfecciones suelen ser fugas las cuales se deben considerar dentro del cálculo, ya que éstas se evidencian tanto como pérdidas en el transporte de aire comprimido como incremento en los costos operativos, así como en la disminución del requerimiento calculado. Es por ello que se considera un incremento del 10% en la demanda para superar estas fugas y no tener inconvenientes de déficit del insumo. Así también, es necesario tener en cuenta las posibles ampliaciones y/o incremento en la demanda debido a la capacidad de producción.

Es importante considerar el incremento de la demanda en el cálculo debido a las ampliaciones en las instalaciones industriales por aumento de la producción, y de esta manera evitar tener problemas futuros por el despacho del requerimiento del insumo; por tal motivo se dispone de un 50% en el cálculo de la demanda o requerimiento. Por tal motivo y de acuerdo con la tabla 16, el consumo total útil es de 35635.2 l/min o de 2138.112 m³/h en otras unidades.

La capacidad total del tanque acumulador de aire comprimido es de 11.71 m³, como se puede apreciar en la tabla 18, volumen del tanque pulmón; siendo este volumen el adecuado para realizar las operaciones de perforación descritas.

Así pues, tenemos que la presión de salida del tanque pulmón es menor a la de entrada, pasa que a un tanque acumulador se lo debe ver como cuando en un río se construye un dique, si el caudal que sale es igual al que ingresa no se acumula agua, pasa igual en el tanque acumulador o pulmón. Cassini (2012).

De la misma manera este tanque pulmón o tanque acumulador que logramos su cálculo, su capacidad nos sirve para amortiguar y a la vez compensar las variaciones que se dan en la presión de los equipos y todo el sistema neumático, dado que la compresora y todo equipo que genera aire comprimido tienen caída de presión en instantes. WSI (2019). De esta forma y con la ayuda del pulmón ya

tenemos una diferencia de presión estable de 22.88 psi como se muestra en la tabla 19 con la cual vamos a trabajar y es la adecuada en nuestro sistema.

Uno de los aspectos importantes es la diferencia de presión en el tanque pulmón, esto, debido a que la caída de presión juega un rol importante en el proceso de entrega de aire comprimido, ya que, en fluidos, el costo operativo del proceso se basa en su presión, al incrementar la caída de presión se incrementan estos costos, debido al transporte dentro del fluido. En los resultados obtenidos, la diferencia de presión es de 22.88 psi, siendo el tiempo de respuesta de 2 minutos, tiempo suficiente para reponer y respaldar como se puede apreciar en la tabla 19. Según los estudios realizados en la compañía minera Misky Mayo, la caída de presión debe ser de hasta 85 lb/pulg² (85 psi), por lo que el cálculo determinado anteriormente de 22.88 psi, es mucho menor y por lo tanto es correcto.

Cabe indicar que uno de los aspectos importantes, y poco considerados, es el trabajo de estos equipos en zonas de altura, donde la presión atmosférica el lugar varía con la altitud. Según Juvenil (2019), una perforadora Boart Longyear S250 tiene un consumo de 156 cfm a una presión de 90 psi, sin embargo, a una altura de 1820 msnm estos equipos requieren de 196 cfm y un requerimiento efectivo total de 746 cfm; en este caso y de acuerdo con la Tabla 20, el consumo de aire del compresor es de 395.66 cfm y un consumo de aire de perforadora de 121.85 cfm, esto para la región Junín; para un compresor XAS 186 Dd Atlas Copco y una perforadora RH-658, permitiendo que el trabajo sea lo más eficiente posible, y un consumo energético acorde con los costos de operación.

De acuerdo con Loayza (2019) una perforadora jack leg a los 4600 m.s.n.m la demanda es de 85 cfm y con presión de aire desde su salida del compresor es de 100.98 psi y su llegada a la máquina perforadora es de 90 psi están logrando un óptimo trabajo y siendo du diferencia de presión de 10.98, nosotros en la región Junín a una altura de 3600 m.s.n.m con un compresor XAS 186 Dd Atlas Copco más la adaptación de un tanque pulmón estamos generando una presión de 150 psi, llegando hasta la maquina jack leg con una presión de 127.12 ver tabla 20, es necesario elevar la presión de salida ya que contamos con un compresor muy

pequeño pero con la ayuda del tanque pulmón logramos obtener una buena y estable diferencia de presión siendo 22.88 psi.

La diferencia con los resultados de Loayza (2019) tenemos que su diferencia de presión es de 10.98 y nuestro resultado es de 22.88, pero vemos que nuestra presión inicial y final superan la de Loayza, entonces asumimos que nuestro trabajo si tiene buen resultado.

El factor de simultaneidad en perforaciones es de 0.72, resultado que se presenta en la tabla 21, y lo que permite indicar que es el rango promedio donde las perforadoras operan al mismo tiempo y que a la vez permiten evidenciar la capacidad de carga dentro de la empresa en las actividades que compete al sistema de aire comprimido. En muchos casos se manejan rangos de entre el 0.6 y 0.85, por lo que, en este trabajo, la cantidad obtenida se encuentra dentro del rango.

VI. CONCLUSIONES

1. Para este trabajo concluimos con la comprobación de nuestros objetivos de la mejora del sistema de aire comprimido. Identificar las características que enmarcan a la realidad problemática de la Cantera Caballo Viejo.
2. Se identificó todas las características que engloban a la realidad del problema al que se dio solución, gracias a las informaciones que pudimos obtener en línea y visita técnica a la cantera haciendo uso de la observación, donde obtuvimos la base legal con la que traban en esta cantera que es texto único Decreto Supremo N°014-94-EM. Regulado por la Ley General de Minería.
3. También su método de explotación, siendo de tajo abierto con 4 bancos de 8 m más 3 m de berma para seguridad en 32 m de altura que tiene la se conoció también que laboran un total de 18 personas entre ellas tenemos a 1 Ing. residente, 08 perforistas, 08 ayudantes, 01 capataz. Los instrumentos para esta labor son; compresor Atlas Copco Xas 186, perforadoras manuales 8, carretillas 4, barretas 4, lampas 4, tractor oruga CAT-D6, volquete IVECO.
4. El macizo rocoso, tiene una clasificación de tipo III-A y IIIB con un RMR Bieniawski de 52-60, RQD% 65-70 y RMR 62, RQD% 70-75 respectivamente.
5. Conocimos de la misma manera que el material de travertino arrancando del manto rocoso, llega a la ciudad de Lima y se transforman en los siguientes productos: Cal Hidráulica, cal Kimikal, cal viva, cemento blanco Huascarán, Cemento Blanco Pastoruri, Cemento Blanco Nieve, Talco Blanco Micronizado, Terrazo Pre mesclado, Baritina Api.
6. En la corrección por altura, cada perforadora consume 121.85 cfm, la presión final obtenida del sistema es de 127.12 psi, de esta forma no se cae en tentación de si elevo la presión se tiene más aire comprimido, lo que pasaría es que tendríamos más fugas. De esta forma no se cae en tentación de si elevo la presión se tiene más aire comprimido, lo que pasaría es que tendríamos más fugas.

7. Con estos resultados se optimiza la perforación, se obtuvo el factor de simultaneidad de 0.72, y el volumen del tanque pulmón 11.71 m³ que se necesita para trabajar en simultaneo en los 8 frentes de perforación.
8. También reducir los costos utilizados en la generación del aire comprimido por el compresor.
9. De los costos para la generación de aire comprimido tenemos calculado un aproximado de: **US\$ 13340.75 año.**
10. Con este resultado y teniendo como solución el objetivo anterior del tanque pulmón, podemos reducir este proceso a un solo turno. De esta manera al monto aproximado estimado lo dividiremos en tres y tenemos que reducimos los costos a la mitad que equivale a **US\$ 6670.375**

VII. RECOMENDACIONES

1. Es necesario considerar este cálculo dentro de la empresa, ya que permitirá no solo entregar aire comprimido de manera continua y efectiva, si no también, permite que sea lo más eficiente y económico posible, por lo que se recomienda su instalación de manera inmediata.
2. Para trabajos complementarios se recomienda hacer un estudio detallado del sistema de transporte, ya que es importante considerar las longitudes totales por donde se transporta el fluido, considerando para ello alturas, accesorios, trabajos en demanda máxima (para evaluar presión y temperatura).
3. Uno de los aspectos principales en este tipo de estudio es el abastecimiento de energía para el correcto funcionamiento, por lo que es importante considerar (para futuros trabajos de investigación en este tema), ver los planes de contingencia para el abastecimiento de energía, ya que debido a la robustez de estos equipos el consumo de energía para su funcionamiento debe ser mayor, por lo que sería necesario evaluar la fuente energética.
4. Se debe considerar, también, otros usos y aplicaciones menores que muchas veces se realiza dentro de las instalaciones de la empresa, como por ejemplo la limpieza de los equipos. En este trabajo se ha considerado de forma global dentro de los que son fugas (10%), pero se debe tener en cuenta dentro de los cálculos menores, ya que esto afecta directamente al incremento de los costos operativos.
5. El aire comprimido no solo se debe considerar como un insumo si no como forma de recurso energético vital dentro de una instalación industrial que utiliza este tipo de recurso considerado energético, ya que se manifiesta como acumulación de energía potencial, listo para su uso y aplicación.

REFERENCIAS

Aedo (2013). "Diseño, calculo y evaluación del sistema y red de aire comprimido en Minas Subterráneas" 2013 [en línea]. (Fecha de consulta 20 de enero de 2021). Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/4031>

Arenas (2013). "Diseño óptimo de la red de distribución de aire comprimido para reducir costos en la zona de mariana - unidad operativa Arcata". [En línea]. (Fecha de consulta 03 de marzo de 2021). Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/4036>

Atlas copco. Datos técnicos – Xas 186 De Atlas Copco. [En línea]. Fecha de consulta. 27 de enero de 2021. Disponible en: <https://www.lectura-specs.es/es/modelo/equipos-de-hormigon-generacion-y-maquinaria-ligera/compresores-diesel-atlas-copco/xas-186-dd-1161393>

Cabrera (2020) "Diseño de un sistema de control para el proceso de generación de aire comprimido a presión constante mediante compresor de tornillo de la minera mincampa S.A". 2020. [en línea] (Fecha de consulta 28 de agosto 2021). Disponible en: https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/23514/1/Jorge%20Eduardo_Cabrera%20Pati%C3%B1o.pdf

Campos (2017). "Eficiencias energéticas en los sistemas de aire comprimido (2017). [en línea]. Fecha de consulta 28 de enero 2021. Disponible en: <http://www.si3ea.gov.co/Portals/0/Gie/Tecnologias/aire.pdf>

Cantera (2014). "Plan de Minado Anual 2014 - Caballo Viejo 2014". [En línea] (Fecha de consulta 15 de diciembre 2020). Disponible en: <https://es.scribd.com/document/241933040/Plan-de-Minado-Anual-2014-Caballo-Viejo-docx>

Carrillo (2015) Métodos de la investigación [en línea] 2015. (Fecha de consulta 29 de agosto 2021). Disponible en: <http://ri.uaemex.mx/ojs/bitstream/20.500.11799/35134/1/secme-21544.pdf>

Caro (2021). Siete técnicas e instrumentos para la recolección de datos.2021. [En línea]. (Fecha de consulta 20 de agosto 2021). Disponible en: <https://www.lifeder.com/tecnicas-instrumentos-recoleccion-datos/>

Cassani (2012) Tanques de aire comprimido. [En línea]. 31 agosto 2012. (Fecha de consulta 28 de enero de 2021). Disponible en: <https://marcelocassani.com/2012/08/31/tanques-de-aire-comprimido/>

Castro (2016). Técnicas e instrumentos de recolección de datos [en línea] 2016. (Fecha de consulta 21 de mayo 2021). Disponible en: <https://sabermetodologia.wordpress.com/2016/02/15/tecnicas-e-instrumentos-de-recoleccion-de-datos/>

Contreras (2015). Aire comprimido tutorial para el trabajo en campo [en línea] 2015. (Fecha de consulta 09 de mayo 2021). Disponible en: https://energypedia.info/images/1/11/GIZ_Tutorial_Aire_Comprimido_2015.pdf

Cuxil (2009). “Mantenimiento y Factores de Seguridad Industrial en Redes de Aire Comprimido”. Octubre de 2009 [en línea]. (Fecha de consulta 15 de diciembre de 2020). Disponible en: https://www.sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2016-01-08_10-12-57130748.pdf

Díaz (2016). “Optimización de la perforación y voladura de rocas para maximizar utilidades en la mina panulcillo de minera cruz ltda. – 2016.” [En línea]. (Fecha de consulta 19 de mayo 2021). Disponible en: http://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/1966/T033_44147936_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y

González (2016). “Volumen adecuado del tanque de almacenamiento para garantizar el tiempo de servicio estimado de las unidades de compresión”. [En línea]. Febrero de 2016. (Fecha de consulta) 15 de diciembre de 2020. Disponible en: <http://airecomprimidokaeser.com/index.php/2016/02/15/volumen-adecuado-del-tanque-de-almacenamiento/>

Guerrero (2016). “Reducción de costos generados por no conformidades de costura mediante la implementación de herramientas Lean Manufacturing” [En línea]. (Fecha de consulta 3 de febrero del 2021). Disponible en: https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/4875/Guerrero_ma.pdf?sequence=3&isAllowed=y

Hernández, Fernández Y Baptista. Metodología de la investigación sexta edición. (2014). [En línea]. (Fecha de consulta 2 de febrero del 2021). Disponible en: <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>

Juvenil (2019). “Evaluación del consumo de aire para perforadora Jack Leg de acuerdo a la altitud - Mina Las Bravas Mestas Ali”. Noviembre de 2019. [En línea] (Fecha de consulta 23 de diciembre de 2020). Disponible en: <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/12555>

Loayza (2019). “Consumo de aire para perforadoras Jack leg, trabajo de suficiencia”. Octubre 2019. [En línea]. (Fecha de consulta 10 de marzo de 2021). Disponible en: <http://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/3280088>

López (2013). “Mejoramiento Del Sistema de aire Comprimido para Optimizar Perforación en Operaciones Mineras Subterráneas En U.E.A. Orcopampa Mina Chipmo” 2013. [En línea]. Fecha de consulta 22 de diciembre de 2020: <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/2174/Lopez%20Seiko.pdf?sequence=1>

López (2020). “Diseño De Un Sistema De Aire Comprimido Para Eliminar Fugas Durante El Proceso De Carbonatación En Arca Continental Lindley – Trujillo2020”. [En línea] fecha de consulta 25 de enero 2021. Disponible en:
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/51042>

Maldonado (2021). Dos Modelos - Múltiples Posibilidades agosto 2021. [En línea]. (Fecha de consulta 21 de agosto 2021). Disponible en:
<https://es.scribd.com/document/518975046/2958120040-L>

Mejía (2018) “Diseño y dimensionamiento de instalación de aire comprimido para Laboratorio de Neumática en la FETD-UCSG”. [En línea] 2018. (Fecha de consulta 28 de agosto 2021). Disponible en:
<https://www.bibliotecasdelecuador.com/Record/ir-:3317-11355/>

Mestas (2019). “Evaluación del consumo de aire para perforadora jack leg de acuerdo a la altitud – mina las bravas” 2019. [en línea]. (fecha de consulta 03 de marzo de 2021). Disponible en:
http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/12555/Mestas_Ali_Williams_Juvenil.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Muntané (2010). Introducción a la Investigación básica. Junio de 2010. [En línea]. (Fecha de consulta 29 de enero de 2021). Disponible en:
https://www.researchgate.net/publication/341343398_Introduccion_a_la_Investigacion_basica

Narrea (2016). “Diseño del sistema de aire comprimido para la planta metalmecánica cantol” 2016 [en línea] fecha de consulta 22 de enero de 2021. Disponible en:
<https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/12777?show=full>

Nicolai (2019). Uso de aire comprimido en la industria minera [en línea] 2019. (Fecha de consulta 25 de mayo 2021). Disponible en:

<https://europe.sullair.com/es/blog/uso-de-aire-comprimido-en-la-industria-minera>

Palacios (2019). “Análisis de eficiencia energética en sistemas de aire comprimido para industrias”. 2019 [en línea]. (Fecha de consulta 29 de enero de 2021). Disponible en: <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/170205/Analisis-de-eficiencia-energetica-en-sistemas-de-aire-comprimido-para-industrias.pdf?sequence=1>

Palomino (2016). “Optimización del proceso de perforación y voladura en las labores de desarrollo, para mejorar la eficiencia en compañía minera poderosa s.a.” [En línea]. (Fecha de consulta 2 de febrero del 2021). Disponible en: <https://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/5348/PALOMINO%20VIDA%20HENRRY%20ALEXANDER.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Peña (2014). Análisis de datos [En línea] 2017. (Fecha de consulta 17 mayo 2021). Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/326425169.pdf>

Ramos (2021) “Desarrollo de las instalaciones eléctricas del mercado de abastos del Distrito Encañada – Cajamarca” [en línea] 2021. (Fecha de consulta 30 de agosto de 2021). Disponible en: https://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12867/5015/K.Jorges_Trabajo_de_Suficiencia_Profesional_Titulo_Profesional_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Rodríguez (2017) Métodos científicos de indagación y de construcción del conocimiento [en línea] 2017. (Fecha de consulta 30 de agosto 2021). Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/ean/n82/0120-8160-ean-82-00179.pdf>

Rojas (2019). “ Sistema de mantenimiento para mejorar la disponibilidad Mecánica de los equipos de perforación subterránea (Trackless) De La empresa gestión minera integral sac”. [En línea] 2019. (Fecha de consulta 25 de mayo 2021). Disponible en: <https://repositorio.unprg.edu.pe/>

Sandoval (2019). “Calibración de esfigmomanómetros en el hospital Almanzor Aguinaga Asenjo”[en línea] 2019. (Fecha de consulta 26 de mayo 2021). Disponible en:

<https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/5072/BC3874%20SANDOVAL%20RAYMUNDO.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

Toasa (2014). “Diseño e Implementación de La Red de Aire Comprimido para El Laboratorio de Automatización y Neumática en La Escuela de Ingeniería Industrial de La Facultad de Mecánica – ESPOCH”. Diciembre de 2014. [En línea]. (Fecha de consulta 23 de diciembre de 2020). Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/4148>

Tutorial n° 201 diseño de sistemas de aire comprimido (2020). [En línea]. (Fecha de consulta 09 de mayo 2021). Disponible en: <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn201.html>

Valderrama (2018). “Propuesta de mejora para la reducción de tiempos en el proceso productivo para uvas de mesa variedad Red Globe aplicando herramientas Lean Manufacturing”. 2018. [En línea]. (Fecha de consulta 3 de febrero del 2021). Disponible en: https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/624262/VALDVALDER_LM.pdf?sequence=1

Vivanco (2018). “Mejora de la productividad en los hornos secadores mediante el cumplimiento de un plan de mantenimiento preventivo en el sistema de aire comprimido del área de secado de la Compañía Minera Miski Mayo” 2018. [En línea]. (Fecha de consulta 20 de enero de 2021). Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/28404>

Yanque (2020) “Análisis rápido de demanda de aire en sistemas de generación de aire comprimido con aplicativo móvil Android 2020”. [En línea] (Fecha de consulta 28 de agosto 2021). Disponible en:

<http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12773/12561/UPyabajr%281%29.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

Yuni, Ariel (2014). Recursos Metodológicos para la Preparación de Proyectos de Investigación. [En línea]. (Fecha de consulta 09 de mayo 2021). Disponible en: <https://abacoenred.com/wp-content/uploads/2016/01/T%c3%a9cnicas-para-investigar-2-Brujas-2014-pdf.pdf>

Wsi (2019). Tanque para aire comprimido [En línea] 2019. (Fecha de consulta 11 de mayo 2021). Disponible en: <https://susrefacciones.com/2019/03/19/tanque-para-aire-comprimido/>

ANEXOS

Anexo 1. Operacionalización de variables de estudio

Variables de estudios	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
Mejora del sistema de aire comprimido	Mejora del sistema de aire comprimido, empezamos por en tener que la optimización, es la acción y efecto de optimizar. Hace referencia a la búsqueda de mejorar la manera de realizar una actividad. PALOMINO. 2016	Adaptación y cálculo de volumen real de un tanque pulmón, en la cual acumularemos aire suficiente para generar energía neumática suficiente para las perforadoras Jack leg, para así poder mejorar el proceso de perforación en las labores en la cantera Cabello Viejo	Aprovechamiento de la energía neumática, y recursos físicos y financieros	Caídas de presión por diferencias de diámetro de tuberías, distanciamiento de compresor y perforadoras.	De razón
Optimizar la perforación	La perforación es óptima cuando cumple con los estándares unitarios de la perforación, logrando así conseguir un avance eficaz en cuanto a metros lineales perforados; es decir metro perforado es igual a metro avanzado. PALOMINO. 2016	Tener en cuenta todos los factores que implica en el proceso, como: Identificar las características que enmarcan a la realidad problemática de la Cantera Caballo Viejo Optimización del proceso de perforación en las labores en la cantera Caballo Viejo.	Aprovechamiento de la energía neumática, y recursos físicos y financieros	Optimización tiempo de perforación en horas	Nominal

Fuente: Elaboración propia

Anexo 2. Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS	VARIABLES	TIPO DE INVESTIGACIÓN	POBLACIÓN	TÉCNICAS
¿Cómo influirá la mejora del sistema de aire comprimido, con la adaptación de un tanque pulmón, para la perforación de labores?	Mejorar el sistema de aire comprimido, mediante la adaptación de un tanque pulmón, para optimización en el proceso de perforación en la cantera caballo viejo, Jauja – Junín	con la mejora del sistema de aire comprimido, y con la adaptación de un tanque pulmón, para la perforación de labores de la cantera caballo viejo: Permitirá el aumento de producción. Reducirá el tiempo de perforación y por ende se ahorrará e combustible en la generación de aire	Independiente : Mejora del sistema de aire comprimido Dependiente: Optimización de labores en perforación	Básica cuantitativa	La población viene dada por la cantidad unidades y labores que utilizan equipos de perforación	Se tomará datos, mediante una hoja de recolección de datos.
	OBJETIVOS ESPECÍFICOS					
	Determinar la capacidad del tanque pulmón para el aprovechamiento óptimo de aire comprimido en cada frente de trabajo (perforadora) en la Cantera Caballo Viejo, Jauja – Junín 2020 Identificar las características que enmarcan a la realidad problemática de la Cantera Caballo Viejo. Determinar la capacidad del tanque pulmón portátil para el aprovechamiento óptimo de aire comprimido en cada frente de trabajo en la Cantera Caballo Viejo. Reducir los costos utilizados en la generación del aire comprimido por el compresor.			DISEÑO	MUESTRA	
				Transversal descriptiva Teoría fundamentada	Se realiza en las labores en cada una de las perforadoras y compresora: 5 perforadoras 1 compresora	

Fuente: Elaboración propia

Anexo 3. Recolección de datos

Anexo 4.

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO				FICHA DE RECOLECCION DE DATOS			
OBSERVACION DIRECTA EN LA CANTERA CABALLO VIEJO							
AUTORES				ROQUE BOGGIANO, JUAN JOSE TORRES MARIN, CESAR AUGUSTO			
ITEM	MAQUINAS	EQUIPOS	VARIOS	MODELO	CANTIDAD	ESTADO	OBSERVACION
1	Compresor			XAS186	01	Bueno	
2		Perforadores		RH658	08	Bueno	Presencia de fuga en los acoples
3		Barrenos			08	Bueno	4 Pies
4		Barrenos			08	Bueno	3 Pies
5		Valvula de Poso			01	Bueno	2 Pulgadas
6		Acoples			10	Mal	Presenta Fugas
7		Monechhos		P-1590	01	Bueno	
8		Tubarios			400m		Presencia de fugas por picunas
9							
10							
NOTA: En el terreno se observa que el compresor se encuentra mal ubicada, tuberías de diferentes diámetros de 1 pulgada y 2", en los acoples presentan fugas de aire las tuberías están parchadas y presentan fugas							

Fuente: Elaboración propia

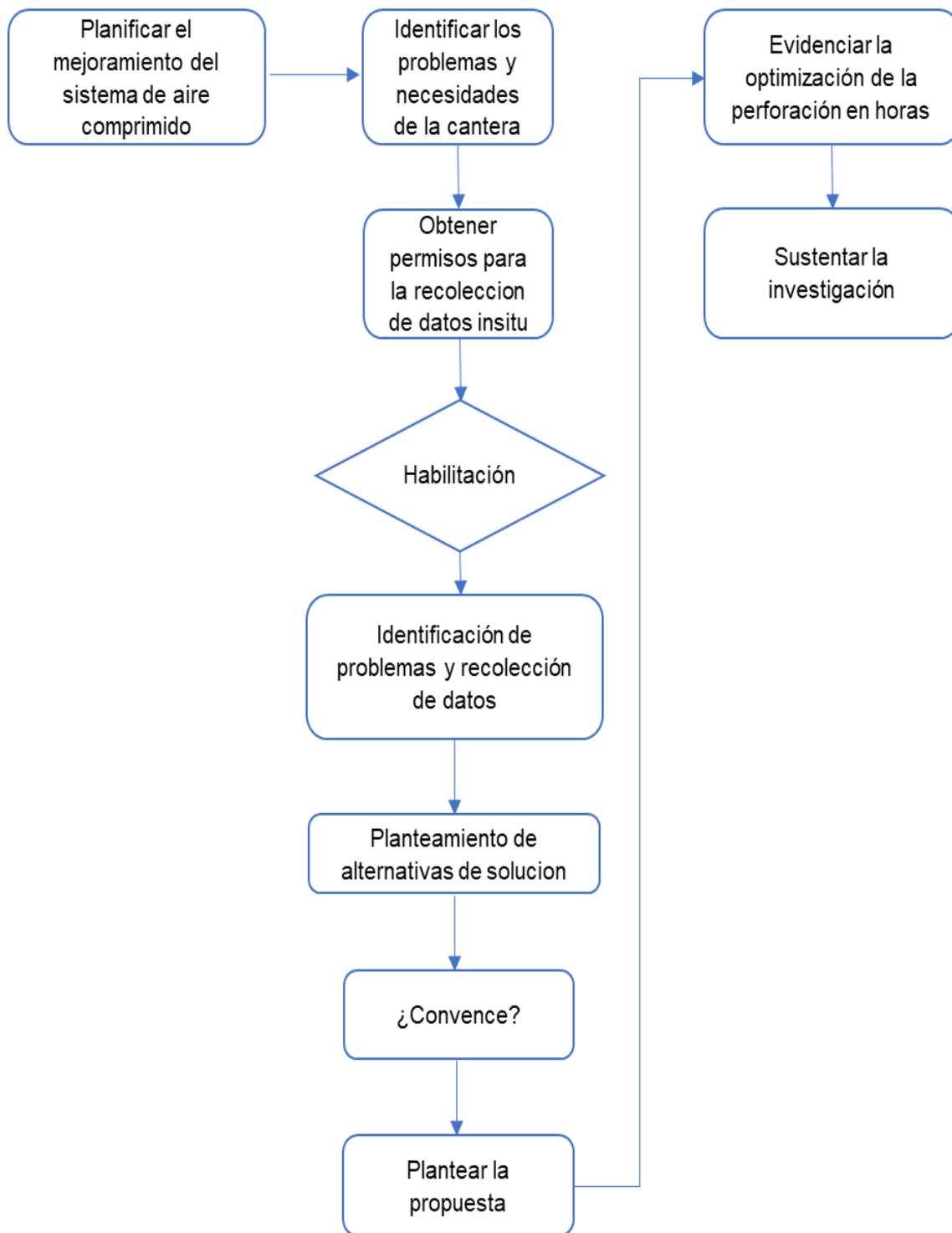


Figura 6. Procedimiento para el desarrollo de trabajo de investigación

Fuente: Elaboración propia

Anexo 5. Perforación para extracción del material



Fuente: Elaboración propia

Anexo 6. Desbroce del material orgánico



Fuente: Elaboración propia

Anexo 7. Pallaqueo del material



Fuente: Elaboración propia

Anexo 8. Tuberías en mal estado



Fuente: Elaboración propia

Anexo 9. Mala distribución de tuberías



Fuente: Elaboración propia

Anexo 10. Parches de tuberías incorrectas para evitar la fuga de aire y baja de presión



Fuente: Elaboración propia

Anexo 11. Consumo del compresor

FECHA	HORÓMETRO		HORAS		COMBUSTIBLE - D2	
	INICIO	FINAL	DIARIO	ACUMULADO	DIARIO	ACUMULADO
01/09/20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
02/09/20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
			9.2		63.0	
04/09/20	2131.0	2132.9	1.9	1.9	14.0	14.0
05/09/20	2132.9	2134.8	1.9	3.8	13.0	27.0
06/09/20	2134.8	2136.7	1.9	5.7	12.0	39.0
07/09/20	2136.7	2138.4	1.7	7.4	11.0	50.0
08/09/20	2138.4	2140.2	1.8	9.2	13.0	63.0
09/09/20	0	0.0	0.0			
11/09/20	2140.2	2142.3	2.1	11.3	0.0	63.0
12/09/20	2142.3	2144.1	1.8	13.1	27.0	90.0
13/09/20	2144.1	2145.6	1.5	14.6	10.0	100.0
14/09/20	2145.6	2147.5	1.9	16.5	12.0	112.0
15/09/20	2147.5	2149.3	1.8	18.3	12.0	124.0
16/09/20	0.0					

Fuente: Elaboración propia

Anexo 12. Consumo de combustible con el tanque pulmón.

FECHA	H. INICIO	H. FINAL	H. HORAS	H. ACUMULADA	C. COMBUSTIBLE	C. ACUMULADO
1/12/2017	2217.7	2219.2	1.5	1.5	9.0	9.0
2/12/2017				1.5	9.0	
4/12/2017	2219.2	2220.5	1.3	2.8	8.0	17.0
5/12/2017	2220.5	2221.7	1.2	4.0	8.0	25.0
6/12/2017	2221.7	2223.1	1.4	5.4	9.0	34.0
7/12/2017	2223.1	2224.4	1.3	6.7	8.0	42.0
8/12/2017	2224.4	2225.7	1.3	8.0	8.0	50.0
9/12/2017				6.5	41.0	
11/12/2017	2225.7	2227.0	1.3	9.3	8.0	58.0
12/12/2017	2227.0	2228.2	1.2	10.5	8.0	66.0
13/12/2017	2228.2	2229.6	1.4	11.9	8.0	74.0
14/12/2017	2229.6	2230.9	1.3	13.2	8.0	82.0
15/12/2017	2230.9	2232.2	1.3	14.5	8.0	90.0
16/12/2017				6.5	40.0	

Fuente: Elaboración propia