

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Industrial

Tesis

**Gestión de procesos y optimización de costos en
voladura aplicando un agente gasificante ecoamigable,
en Minera La Zanja S.R.L. Cajamarca - 2017**

Richard Lino Llanos Peña

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Industrial

Huancayo, 2020

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

DEDICATORIA

Con aprecio a mis hijos Emily y Richard, por ser mi inspiración y darme fuerzas para continuar en este proceso de obtener uno de mis mayores anhelos. Asimismo, a mi esposa por su apoyo incondicional y a mis padres por convertirme en una persona de bien. Finalmente, a mi hermano Gerlis por sus sabios consejos.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por su bendición y su presencia en cada etapa de mi vida quien me guía por el camino correcto.

A la Universidad Continental por su aporte valioso para mi formación profesional.

Al Ingeniero Javier Romero Meneses por su asesoramiento en la presente tesis.

A la compañía Minera La Zanja S.R.L. y a la empresa Famesa Explosivos S.A.C. por permitirnos realizar los trabajos y acceso a la información.

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
ÍNDICE.....	iv
ÍNDICE DE TABLAS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT.....	x
INTRODUCCIÓN.....	11
1. CAPITULO I PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO.....	13
1.1. Planteamiento del problema.....	13
1.2. Formulación del problema.....	19
1.2.1. Problema general.....	19
1.2.2. Problemas específicos.....	19
1.3. Objetivos de la investigación.....	20
1.3.1. Objetivo general.....	20
1.3.2. Objetivos específicos.....	20
1.4. Justificación e importancia de la investigación:.....	20
2. CAPITULO II MARCO TEÓRICO.....	21
2.1. Antecedentes del problema.....	21
2.1.1. Antecedente Nacionales.....	21
2.1.2. Antecedente internacional.....	23
2.2. Bases teóricas.....	24
2.2.1. Gestión de Procesos.....	24
2.2.2. KPI y la gestión de procesos.....	35
2.2.3. Optimización de costos.....	38
2.2.4. Voladura.....	39

2.2.5.	Agente gasificante.....	40
2.3.	Definición de términos básicos.....	41
3.	CAPÍTULO III HIPÓTESIS Y VARIABLES.....	43
3.1.	Hipótesis	43
3.1.1.	Hipótesis general.....	43
3.1.2.	Hipótesis específicas.....	43
3.2.	Identificación de variables	43
4.	CAPÍTULO IV METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	47
4.1.	Enfoque de la investigación	47
4.2.	Tipo de investigación.....	47
4.3.	Nivel de la investigación.....	47
4.4.	Métodos a utilizarse	48
4.5.	Diseño de la investigación	48
4.6.	Población y muestra.....	48
4.6.1.	Población	48
4.6.2.	Muestra	49
4.7.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	49
4.7.1.	Técnicas	49
4.7.2.	Instrumentos.....	50
5.	CAPÍTULO V RESULTADOS	51
5.1.	Descripción del trabajo de campo.....	51
5.1.1.	Agente gasificante ecoamigable PYROSAN-G	52
5.1.2.	Control de densidades.....	53
5.1.3.	Diseño de carga.....	55
5.1.4.	Recursos usados en las pruebas técnicas en Minera La Zanja S.R.L. 57	
5.2.	Presentación de los resultados	58
5.2.1.	Gestión de procesos de una voladura.....	58
5.2.2.	Análisis de Fragmentación:	66
5.2.3.	Control de gases.....	68

5.2.4.	Optimización de costos por la utilización del agente gasificante eco amigable PYROSAN-G®.....	70
5.3.	Contrastación de los resultados.....	74
5.3.1.	Hipótesis general.....	74
5.3.2.	Hipótesis específica 1	78
5.3.3.	Hipótesis específica 2	80
5.3.4.	Hipótesis específica 3	82
5.4.	Discusión de resultados	84
	CONCLUSIONES.....	86
	RECOMENDACIONES	88
	APÉNDICES	93

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Matriz de operacionalización de variables	45
Tabla 2: Indicadores Clave de la Minera La Zanja	64
Tabla 3: Prueba de correlación Consumo del agente gasificante y gestión de procesos	75
Tabla 4: R de Pearson la gestión de procesos y costos.....	77
Tabla 5: Interpretación del coeficiente de correlación	78
Tabla 6: Comparación del factor de potencia, agente gasificante	79
Tabla 7: Interpretación del coeficiente de correlación	80
Tabla 8: Comparación del nivel de fragmentación, agente gasificante.....	80
Tabla 9: Interpretación del coeficiente de correlación	82
Tabla 10: Comparación de la emisión de gases, agente gasificante	82

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de la detonación.....	51
Figura 2. Camión fábrica para PYROSAN – G.....	53
Figura 3. Emulsión matriz y gasificada PYROSAN – G.	53
Figura 4. Densidad promedio PYROSAN – G.....	54
Figura 5. Control de Densidad PYROSAN – G.....	55
Figura 6. Diseño de carga para un taladro de Producción.....	56
Figura 7. Flujoograma voladura de Minera La Zanja.....	59
Figura 8. Mapa de procesos Minera La Zanja.....	59
Figura 9. Primado de taladros Minera La Zanja.....	60
Figura 10. Carguío de taladros Minera La Zanja	60
Figura 11. Tapado de taladros Minera La Zanja	61
Figura 12. Amarre de malla Minera La Zanja.....	61
Figura 13. Detonación de voladura Minera La Zanja.....	62
Figura 14. Asistencia técnica del proceso de voladura Minera La Zanja.....	62
Figura 15. Responsables del proceso de voladura Minera La Zanja.....	63
Figura 16. Factor de potencia mensual PYROSAN – G	65
Figura 17. Factor de potencia promedio PYROSAN – G.	66
Figura 18. Promedio acumulado P50 - P80 PYROSAN – G.	66
Figura 19. Fragmentación mensual P50 - P80 PYROSAN – G.	67
Figura 20. Comparación P80 PYROSAN – G y otro proveedor.....	68
Figura 21. Concentraciones máximas de H ₂ S.....	70
Figura 22. Concentraciones máximas de gases (ppm), Post Voladura.....	70
Figura 23. Costos por taladro PYROSAN – G y otro proveedor.	71
Figura 24. Ahorro de explosivo PYROSAN – G con respecto del otro proveedor.....	71
Figura 25. Análisis comparativo del ahorro de explosivo por taladro.....	72

Figura 26. Análisis comparativo de costos PYROSAN vs otro proveedor	73
Figura 27. Ahorro de costos PYROSAN - G vs otro proveedor	73

RESUMEN

La investigación que se ha trabajado tuvo como objetivo general, el determinar la influencia de la gestión de procesos en la optimización de costos al utilizar un agente gasificante ecoamigable para voladura en Minera La Zanja S.R.L. Ante ello, se precisó todo un análisis descriptivo detallando estas desde la utilización de este producto en las actividades mineras. Para ello se han utilizado indicadores de gestión de procesos como factor de potencia, fragmentación P50 y P80; y los niveles de emisión de gases H₂S y NO₂.

Los resultados resolvieron que los indicadores de gestión de procesos tienen una influencia positiva de parte del uso del agente gasificante ecoamigable, denotando que en los casos donde se tiene un mayor uso del agente gasificante, también se tienen indicadores de gestión de procesos altos, mientras que, en el caso de la influencia de los indicadores de gestión y la optimización de costos, los resultados arrojan que cuando estos indicadores son elevados el ahorro en costos ha sido mucho más elevado . Y en términos de la emisión de gases, estos se van reduciendo a medida que se usa más el agente gasificante ecoamigable. a la vez que se reducen los costos asociados a la actividad, sin efectos adversos en la producción de mineral.

Palabras clave: Minería, voladura, agente gasificante, gestión de procesos.

ABSTRACT

The research that was carried out had the general objective of determining the influence of process management on cost optimization, by using an eco friendly gasifying agent for blasting at Minera La Zanja S.R.L. Given this, a descriptive analysis was required detailing these from the use of this product in mining activities. For this, process management indicators such as power factor, fragmentation P50 and P80 have been used; and H₂S and NO₂ gas emission levels.

The results resolved that in most of the process management indicators a positive influence of the use of the eco-friendly gasifying agent is obtained, while, in the case of the influence for cost savings, this has been negative. And in terms of the emission of gases, these will be reduced to a measure that is more used the ecological agent while reducing the costs associated with the activity, without adverse effects on mineral production.

Keywords: Mining, blasting, gasifying agent, process management.

INTRODUCCIÓN

El medio ambiente, tiende a ser preocupación no solo de los gobiernos a nivel mundial, sino también de la industria responsable, por ende, muchas empresas vienen implementando nuevas tecnologías, que les permitan ser amigables con el medio ambiente. Es así que la empresa minera La Zanja S.R.L. por medio del investigador está implementando el uso de un agente gasificante eco amigables para las voladuras. Con lo cual se está logrando reducir los gases emitidos por este, se espera genere, la menor contaminación posible, sin embargo, al relacionarlo dentro del proceso industrial o ingenieril empresarial, se busca en la investigación determinar la influencia del uso de un agente gasificante eco amigable para voladura en las gestión de procesos de la minera La Zanja y a su vez determinar la influencia de la gestión de procesos en la optimización de costos al emplear este agente eco amigable.

Para ello, la investigación se ha dividido, estratégicamente en los siguientes capítulos, el primero responde a todo lo referido con el planteamiento del estudio, donde se presenta o plantea la problemática del estudio, llegando a formular el problema y los objetivos de estudio, también se explica la justificación y la importancia de la investigación.

A todo lo mencionado anteriormente, se le da un soporte no solo teórico, sino también de antecedentes referidos a temas similares realizados en diferentes entornos, en el capítulo 2, siendo este el sustento de la investigación. Aquí se especifica y detalla cada una de las variables de estudio, en la parte final de este capítulo se presenta la definición de términos básicos de la investigación. En el capítulo seguido, se presenta las hipótesis planteadas en función al soporte teórico, así también se identifica y operacionaliza las variables de estudio.

El capítulo cuarto, muestra todo lo referido a la metodología de la investigación, donde detalla, el enfoque, tipo, nivel y diseño que se ha usado para realizar el estudio, también se

especifica la población, muestra de la investigación, así como las técnicas e instrumentos usados para la recolección de los datos.

El quinto capítulo es de resultados, donde se detalla la descripción del trabajo de campo, así también se presenta los resultados obtenidos durante la investigación y se contrasta los resultados obtenidos con las hipótesis planteadas, en la parte final del capítulo, se realiza la discusión y el análisis de los resultados, obtenidos con la teoría y los antecedentes presentados en el apartado segundo.

Finalmente, en la investigación se plasma las conclusiones, recomendaciones, referencia bibliográfica y los apéndices que complementan la investigación. Todo lo mencionado da soporte y ha sido realizado, con detenimiento.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. Planteamiento del problema

¿Cuán importante es el manejo de explosivos en la ingeniería? Pues la verdad es que es muy necesaria, desde la aplicación de explosiones para poder realizar obras civiles, utilización de explosivos para el control de procesos mecánicos ingenieriles, hasta la aplicación de explosivos para la explotación y recopilación de menas de mineral en el proceso de minería. Ahora bien, en el caso de la presente investigación nos enfocaremos justamente en este último y a través de este veremos la situación a tratar.

La minería es para el Perú, uno de las principales actividades económicas, además de ser una de las que mayor cantidad de impuestos genera, y por ende, constituye uno de los más grandes pilares para las políticas del gobierno. Sin embargo, desde el punto de vista de la actividad en sí misma, la minería es una actividad extractiva que busca mejorar cada día sus procesos en la búsqueda de cada vez menores costos y una mayor rentabilidad, por lo que la obtención de mejores procesos de producción y mejores herramientas a la hora de generar las menas de mineral. Toda vez que la minería está dividida en dos grandes grupos: la de tajo abierto y la subterránea, y para estas se hace necesaria el movimiento de una gran

cantidad de material, para lo cual es prioridad la utilización de explosivos de diferente gama para poder llegar hasta las menas de mineral que se encuentran atrapadas dentro de los cúmulos generados.

Es en este sentido que a nivel mundial se ha visto una necesidad de mejorar los procesos de voladura a partir de diferentes mecanismos eléctricos, es así que las aplicaciones de este tipo de iniciaciones de la explosión se pueden ver desde mediados del siglo XIX, con los avances de Alfred Nobel en la invención de la dinamita y posteriormente la invención del cordón de seguridad en 1907 para poder realizar detonaciones a gran escala de una forma cada vez más controlada y segura; también se pasó a la aplicación de detonadores no eléctricos, con los que se pudieron mejorar los tiempos de explosión, sin embargo todavía se tenían problemas a la hora de obtener precisión por lo que a mediados del siglo XX se desarrollaron componentes eléctricos que permitieron mejorar los tiempos de explosión de varios segundos a milisegundos. Finalmente, con el avance tecnológico de los componentes electrónicos se procedieron a reducirse aún más los tiempos de explosión, además de que se pudieron generar cadenas de explosión de corta duración en serie que mejoraron mucho el proceso de mejora de la granulación de los escombros en la voladura. Así hoy en día es fácil encontrar en las compañías mineras procedimientos que contemplan iniciación electrónica simple y doble, asegurando un resultado con menor nivel de milímetros en el material fragmentado. Estas mejoras han impactado sustancialmente a la gestión de procesos, desde que el proceso de voladura ya no fue más un proceso peligroso, sino que fue mejorando hasta convertirse en un proceso cada vez más seguro y preciso.

En la industria se conoce que se pueden obtener mejores resultados mediante la utilización de explosivos de diferente composición, puesto que estos tienen diversas propiedades, y se obtiene una alta presión en milisegundos. No obstante, hay también una gran diferencia con

respecto de su desempeño en el ámbito ambiental. En general, la mayoría en el proceso de la voladura emiten gases, por lo general gases nitrosos (humos naranjas), que son evidencia de daño ambiental por la alta concentración de gases y también, evidencia de que el aprovechamiento de las capacidades de todos los explosivos no fue aprovechado, en cualquier sentido, los gases nitroso (humos naranjas) son evidencia de ineficiencia en los explosivos, lo cual lleva indiscutiblemente, a la compra de mayor cantidad de explosivos en búsqueda de cumplir con los objetivos que una empresa minera requiere para determinado fase de explotación minera. Existe por tanto un intercambio entre riesgo ambiental y posibles ahorros en costos, la precisión y la mayor productividad siempre tienen un costo, principalmente en el sentido de la utilización de muchos más explosivos, una mayor productividad viene acompañada de un mayor daño ambiental en el sentido de una mayor cantidad de agentes nocivos enviados al ambiente, una restricción con la cual debe lidiar también la actividad minera a nivel mundial, puesto que si no se cumple con los requisitos ambientales mínimos planteados por la regulación en los países donde se realizan estas actividades, se corre el riesgo de tener problemas de cierre de la empresa o suspensiones de licencia [1].

En tal sentido, se hace necesario que un explosivo pueda cumplir con que sea ecoamigable, es decir que tenga un nivel mínimo de afectación al medio ambiente. En este primer punto, se espera que el explosivo tenga como resultado humo blanco, indicador de que hay buena combustión del explosivo, por lo mismo reduce la emisión de gases nocivos. También se espera que el ser ecoamigable no reduzca sus capacidades de fragmentación en la roca, por lo que se espera un mejor desempeño en comparación con otros explosivos que se usan con normalidad, así como también se espera un nivel cuando menos similar al factor de potencia y un costo por tonelada y como factores complementarios, ofrezca una menor emisión de gases nocivos, generalmente detallados en la visión de humos naranjas en la voladura.

Ahora bien, con respecto de la situación de la actividad minera en el Perú, este aspecto no escapa de esta coyuntura, más aún cuando las actividades mineras en el país se ven afectadas por movimientos anti-mineros y con comunidades campesinas aledañas que no se sienten cómodas con las prácticas medioambientales de las mineras, se debe tener un mayor cuidado con los procesos que se siguen dentro de las voladuras, más aún en una región como Cajamarca, con mucha aversión a la minería por los conflictos anteriores, principalmente por el manejo y uso del agua. Ahora bien, al respecto, la empresa Buenaventura, es una compañía minera de renombre nacional y mundial en la extracción de oro, por lo que, la gestión de los procesos dentro de esta empresa es fundamental para poder maximizar los beneficios.

Por ello, la presente investigación se enfoca en el agente gasificante ecoamigable (PYROSAN-G) solución acuosa de nitrato gasificable la cual tiene como principal detalle que es ecoamigable, reduciendo el riesgo ambiental y además mejorando las capacidades de gestión en el proceso, dado que esto constituye una oportunidad de cambio en algunas partes del proceso, así como en el costo del procedimiento a seguir, encontrándose a través de ello, un cumplimiento de las expectativas de la empresa en sus finalidades de maximización de utilidades (por reducción de costos) y un aumento de la productividad.

En lo que respecta a la producción de oro, la empresa Buenaventura, en la minera La Zanja (ubicada en Cajamarca), ha tenido una reducción del número de onzas de oro que se produjeron en el periodo 2014-2018, siendo que se ha reducido a la mitad en ese periodo. No obstante, esto puede entenderse como parte del manejo de la actividad minera, es decir, de la programación de la productividad de la empresa, toda vez que toda empresa minera se basa en los precios internacionales, y por tanto se maneja dependiendo de los flujos del mercado [2].

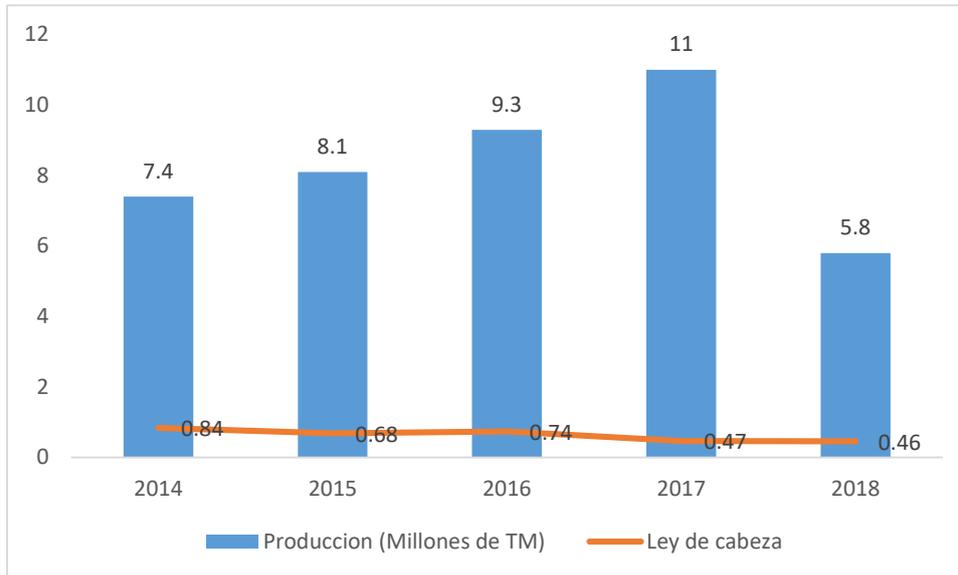


El argumento de la caída de la producción se puede revisar claramente sobre la cantidad de producción de toneladas de mineral procesado, en contraste, mientras que la cantidad de onzas de oro disminuye progresivamente dentro del periodo 2014-2017 (de 148 a 71 miles de onzas de oro), en ese mismo periodo, la cantidad de mineral procesado se vio incrementado (de 7.4 a 11 millones de TM de mineral). Esto indica que hay un problema en los procesos productivos, más aún dado que hay una reducción súbita de la ley de cabeza (el nivel disminuyó de 0.84 a 0.47 g/TM).

En este sentido, hay alguna característica que afecta a la producción de la empresa, lo cual ha mantenido el nivel de la ley de cabeza por debajo de 0.50 g/TM, entonces corresponde dotar de alternativas acerca de la producción, por lo que la presente investigación se enfoca en el proceso de voladuras, puesto que este es fundamental para la fragmentación de mineral y por tanto incrementa las probabilidades de encontrar metales preciosos de una manera más efectiva, aumentando por tanto la ley de cabezas y mejorando la gestión de procesos.

La propuesta de la presente investigación es la obtener una mejora en el proceso de voladuras a través de la aplicación de un agente gasificante ecoamigable, toda vez que este agente permite, a un menor costo, una mayor protección al ambiente, lo cual indica que se puede

realizar una mayor cantidad de denotaciones, ampliando la producción y logrando las metas establecidas por la empresa, sin tener inconveniente con el tema medioambiental.



A tallar de todo esto, solo se logran las metas empresariales siempre en cuando la aplicación de este agente gasificante sea un ente de cambio de la gestión de los procesos, y además termine por generar una reducción de los costos de manera calculable, no obstante, este tipo de cálculos deben de estar enmarcados en base al cumplimiento de ciertos criterios planteados, por lo que entra a tallar el manejo de la gestión de procesos en la obtención de indicadores de desempeño para poder dotar a la empresa en estudio de mejores condiciones para tomar decisiones.

En este sentido, es notorio que se debe de elegir una forma de gestión de procesos con el cual detallar los objetivos y luego sus respectivos indicadores. No obstante, la empresa minera La Zanja S.R.L. tiene establecido que la forma particular en la que los procesos en voladura son evaluados son mediante los KPIs. Razón por la cual se establecen los 7 pasos correspondiente a esta metodología para poder obtener los resultados para esta investigación

(Crear un objetivo, Describe resultados, Identificar medidas, Definir umbrales, Calcular indicadores, Interpretar resultados, Generar acciones) y los objetivos del KPIs de la empresa se adoptan como propios. Como se puede entender una vez determinado un efecto del agente gasificante ecoamigable, también se obtienen resultados para la optimización de costos, por lo que hay un proceso de causa – efecto entre la gestión de procesos y la optimización de costos, lo importante es determinar si es que este viene a ser adverso a los intereses de la empresa en cuestión o si, por el contrario, termina siendo evidencia de que el agente gasificante dota de más beneficios a la empresa. Por lo que a continuación, se procederá a expresar la problemática que da pie a reafirmar o rechazar estas conjeturas.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

- ¿Cómo influye la gestión de procesos en la optimización de costos al utilizar un agente gasificante eco amigable para voladura en Minera La Zanja S.R.L.?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cómo es el cambio del factor de potencia de los explosivos ante la presencia de un agente gasificante eco amigable para voladura en Minera La Zanja S.R.L.?
- ¿Cómo son los cambios en el nivel de fragmentación ante la presencia de un agente gasificante eco amigable para voladura en Minera La Zanja S.R.L.?
- ¿Cómo son los cambios en el monitoreo de gases ante la presencia de un agente gasificante eco amigable para voladura en Minera La Zanja S.R.L.?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

- Determinar la influencia de la gestión de procesos en la optimización de costos al utilizar un agente gasificante eco amigable para voladura en Minera La Zanja S.R.L

1.3.2. Objetivos específicos

- Describir el cambio del factor de potencia de los explosivos ante la presencia de un agente gasificante eco amigable para voladura en Minera La Zanja S.R.L.
- Describir el cambio del nivel de fragmentación ante la presencia de un agente gasificante eco amigable para voladura en Minera La Zanja S.R.L.
- Detallar los cambios en el monitoreo de gases, ante la presencia de un agente gasificante eco amigable para voladura en Minera La Zanja S.R.L.

1.4. Justificación e importancia de la investigación:

Las voladuras generadas en las minas tienen un efecto en el medio ambiente, para esta investigación la variable dependiente será optimización de costos, la cual tendrá como causa o variables independientes dos variables de vital importancia, una de ellas la gestión de procesos y la otra el aplicar un agente eco amigable para reducir los niveles de daño en el medio ambiente. Es decir, esta investigación puede ser justificada desde dos aspectos importantes, la incidencia de una adecuada gestión de procesos en la optimización de costos, los cual genera teóricamente mayores réditos para la empresa, y la aplicación del agente eco amigable se espera provoque igualmente disminución de costos para la empresa, maximizando así su rentabilidad en el tiempo y de forma indirecta beneficiando o contribuyendo con el medio ambiente.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del problema

2.1.1. Antecedente Nacionales

En la Pontificia Universidad Católica del Perú, a fin de obtener el grado académico de ingeniero industrial, se realizó un trabajo de investigación sobre la mejora de procesos de una empresa dedica a la fabricación de máquinas automatizadas; de forma que se trabajó con un diagnóstico previo para después realizar propuestas de mejora de procesos. Se utilizó para el diagnóstico las técnicas de recopilación de datos lluvia de ideas, observación, y la entrevista a los trabajadores; también, se aplicó la metodología de las 5 S's. Al finalizar la investigación, se logró concluir que al encontrarse la empresa en medio del proceso de crecimiento las mejoras son óptimas debido a que contribuye a la competitividad; las propuestas se orientaron a la optimización de tiempos sobre la ejecución del proyecto, ya que en diagnostico se observó que la entrega de los productos tenían tiempo de demora hasta del 50%; el investigador afirmó que una planificación adecuada y la priorización de actividades, que de acuerdo a la

evaluación económica resulta ser factible, sobre costos se obtuvo el VPN del beneficio neto en un 50% [1].

En la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, se realizó un trabajo investigativo sobre el plan de negocios de una consultora en función de la optimización de costos y procesos en empresas del sector construcción; de forma, que busco establecer la viabilidad de la formación de una consultora dedicada a la optimización de procesos y costos en el sector construcción; es decir, que este tipo de empresas disminuyan gastos bajo un sistema de control. Para dar inicio al trabajo, se ejecutó un análisis documental, estudio de marketing y de mercado. Se logró demostrar que, un buen sistema de control de costos y procesos permita hacer un análisis de los factores que más influyen en el costo final del proyecto en relación con su presupuesto inicial estableciendo guías de acción para de esa manera superar las deficiencias que se amplían las ganancias. [2]

En la Universidad Cesar Vallejo, se realizó un trabajo de investigación sobre la gestión de procesos para la mejora de la productividad en el área de créditos de la empresa grupo peruano de inversiones; con el propósito de determinar la forma en como la gestión de procesos puede tener influencia de mejora en la productividad. Se planteó para la ejecución del trabajo un diagrama de Gantt, flujogramas para la detección de procesos, también se utilizó como instrumento de recolección de datos una ficha de procesos; la investigación fue de tipo aplicada, diseño cuasi – experimental, con una población y muestra conformada por todo el crédito otorgado durante un periodo comprendido por 24 semanas (1489). Finalmente se logró demostrar que la gestión de procesos tuvo efectos sobre la productividad, ya que su mejora se visualizó en un 25%. [3]

En la Universidad Privada del Norte, se ejecutó un trabajo investigativo sobre la optimización del proceso de diseño de la distribución, almacenamiento y transporte de productos de una empresa abastecedora de productos de primera necesidad; con la finalidad de optimizar los costos; de forma que tuvo que analizar los tiempos, movimientos de traslado desde de la empresa; así como entrevistó jefes de centro, y supervisores de operaciones. Los resultados demostraron que, los costos de traslado eran muy altos alrededor de 60 mil soles, y de acuerdo al tipo de mercadería los costos pueden fluctuar entre 0.30 a 0.35 por código; de la misma forma se logró determinar que el hecho de lograr gestionar todo el proceso que se da dentro de la empresa, entre la distribución, almacenamiento y transporte tiene efectos positivos para la optimización y reducción de costos, así como la entrega se da en los tiempo determinados en la planificación [4].

En el año 2018, en la Escuela de Posgrado de la Pontificia Universidad Católica del Perú, se realizó un trabajo investigativo respecto al diagnóstico operativo empresarial de una planta de ácidos; con el propósito de no solo analizar la situación, sino más bien implementar mejoras operativas y de gestión sobre la cadena productiva. En tal sentido, se inició realizando un diagnóstico sobre la empresa, la evaluación de la gestión de todas las operaciones, costos, calidad, mantenimiento y cadena de suministro; luego se propuso mejoras operativas para el incremento de rentabilidad y disminución de costos. [5].

2.1.2. Antecedente internacional

En la Universidad Nacional de Córdoba de República Dominicana, para obtener el grado académico de maestro en dirección de negocios, se trabajó una investigación en torno a la mejora de procesos; la optimización en la gestión de despacho de bultos de

una empresa financiera en el deposito externo; con el propósito de, plantear un sistema de mejora continua basado en un buen manejo de la gestión de los procesos de distribución, desde la solicitud de materiales; después del análisis de la situación real de la empresa, se logró cuantificar los costos, hallando grandes sobrecostos, además de la existencia de pedidos reiterativos que hacen los almacenes cada mes, por lo que en cada pedido el costo de traslado es superior, que al juntar todo el pedido y disminuir ese costo. Es decir, estandarizar los productos frecuentes; así mismo dentro de la gestión de proceso implementar la logística JUSTO A TIEMPO, de forma que se reduzca los tiempos de entrega; finalmente, el investigador logro demostrar que una óptima gestión de procesos, ha ocasionado que los costos se optimizan de forma favorable. [6]

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Gestión de Procesos

2.2.1.1. Noción de proceso

En el campo de la gestión de procesos, la noción de proceso, se puede caracterizar por:

- ¿Por qué convertirse en un profesional de gestión de proyectos? [7].
- Gestión integral del programa. [7]

Estos conceptos proporcionan a la administración lo siguiente:

- Una forma de pensar sistemáticamente sobre el comportamiento de las personas en el trabajo en un entorno organizativo.
- Un vocabulario de términos, conceptos, teorías y metodologías que permiten que las experiencias de trabajo se analicen, compartan y discutan con claridad.
- Técnicas para tratar muchos de los problemas que comúnmente ocurren en la configuración del trabajo.

La gestión de procesos en este contexto requiere conocimientos de ingeniería, actividades de gestión y conjuntos de habilidades, mientras que los procesos de negocio o los procesos de fabricación requieren actividades de gestión de operaciones y conjuntos de habilidades[8].

Los modelos de proceso son "una forma efectiva de mostrar cómo funciona un proceso". [9]. Las herramientas de modelado de procesos de Project Management brindan a los gerentes y profesionales de ingeniería la capacidad de modelar sus procesos, implementar y ejecutar esos modelos, y refinar los modelos según el desempeño real. El resultado es que las herramientas de modelado de procesos de negocios pueden proporcionar transparencia en los procesos de gestión de proyectos, así como la centralización de los modelos de procesos de organización de proyectos y las métricas de ejecución.

La gestión de procesos o Business Process Management (BPM) es la disciplina organizativa que proporciona herramientas y recursos para analizar, definir, optimizar, monitorear y controlar los procesos de negocios y para medir e impulsar el desempeño mejorado de los procesos de negocios interdependientes. Si bien es una disciplina organizativa amplia, muchos de los principios de los procesos de administración también pueden aplicarse a áreas de negocios individuales. Si bien es posible que se escuche a las empresas hablar sobre su software BPM (incluido Integrify), se debe tomar en cuenta que parte del software BPM se utiliza simplemente dentro de la disciplina de gestión de procesos empresariales para lograr ciertos aspectos. Incluso un sistema BPM completo o "suite" es simplemente otra herramienta disponible para los profesionales de BPM [10].

En la gestión de procesos se utilizan diversos métodos para descubrir, modelar, analizar, medir, mejorar, optimizar y automatizar los procesos empresariales. [11] BPM se enfoca en mejorar el rendimiento corporativo mediante la administración de procesos de negocios. [11] Cualquier combinación de métodos utilizados para administrar los procesos de negocios de una empresa es BPM. [3] Los procesos pueden ser estructurados y repetibles o no estructurados y variables. Aunque no es necesario, las tecnologías habilitantes a menudo se utilizan con BPM.[12]

Se puede diferenciar de la gestión del programa, ya que la gestión del programa se ocupa de gestionar un grupo de proyectos interdependientes. Desde otro punto de vista, la gestión de procesos incluye la gestión de programas. En la gestión de proyectos, la gestión de procesos es el uso de un proceso repetible para mejorar el resultado del proyecto. [13]

Las distinciones clave entre la gestión de procesos y la gestión de proyectos son la repetición y la previsibilidad. Si la estructura y secuencia de trabajo es única, entonces es un proyecto. En la gestión de procesos de negocios, la secuencia de trabajo puede variar de una instancia a otra: hay puertas de enlace, condiciones; reglas comerciales, etc. La clave es la previsibilidad: no importa cuántas bifurcaciones haya en la carretera, las conocemos todas de antemano y entendemos las condiciones para que el proceso tome una u otra ruta. Si se cumple esta condición, estamos tratando con un proceso [12].

Como enfoque, BPM considera los procesos como activos importantes de una organización que deben entenderse, gestionarse y desarrollarse para anunciar y entregar productos y servicios de valor agregado a clientes o clientes. Este enfoque se asemeja mucho a otras metodologías de gestión de calidad total o proceso de

mejora continua. ISO 9000 promueve el enfoque de procesos para la gestión de una organización. Los defensores de BPM también afirman que este enfoque puede ser compatible o habilitado a través de la tecnología. [12]. Como tal, muchos artículos y académicos de BPM a menudo discuten BPM desde uno de dos puntos de vista: personas y / o tecnología.

2.2.1.2. **Ciclo de vida**

- **Diseño**

El diseño de procesos abarca tanto la identificación de procesos existentes como el diseño de procesos "futuros". Las áreas de enfoque incluyen la representación del flujo del proceso, los factores dentro de él, las alertas y notificaciones, las escaladas, los procedimientos operativos estándar, los acuerdos de nivel de servicio y los mecanismos de entrega de tareas. Ya sea que se consideren o no los procesos existentes, el objetivo de este paso es garantizar un nuevo diseño correcto y eficiente [11].

La mejora propuesta podría ser en los flujos de trabajo de persona a persona, de persona a sistema o de sistema a sistema, y podría apuntar a los desafíos regulatorios, de mercado o competitivos que enfrentan las empresas. Los procesos existentes y el diseño de nuevos procesos para varias aplicaciones deben sincronizarse y no causar interrupciones importantes o interrupciones del proceso [11].

- **Modelado**

El modelado toma el diseño teórico e introduce combinaciones de variables (por ejemplo, cambios en los costos de alquiler o materiales, que determinan cómo podría operar el proceso en diferentes circunstancias). [11].

También puede implicar ejecutar "análisis de qué pasaría si "(Condiciones-cuándo, si, si no) en los procesos: "¿Qué sucede si tengo el 75% de los recursos para hacer la misma tarea?" "¿Qué pasa si quiero hacer el mismo trabajo por el 80% del costo actual?".

En general, la ejecución de procesos de negocios consiste en poner en práctica un proceso de negocios modelado y descubierto. La puesta en marcha de un proceso empresarial se realiza de forma manual o automática o con una combinación de tareas comerciales manuales y automatizadas. Los procesos de negocio manuales son impulsados por el hombre. Los procesos de negocio automatizados son impulsados por software. La automatización de procesos de negocios abarca métodos y software implementados para automatizar los procesos de negocios.

La automatización de los procesos de negocios se realiza y se organiza en la capa de procesos de negocios [8], o en la capa de presentación del consumidor. Las suites de software BPM, como BPMS o iBPMS o las plataformas de código bajo están ubicadas en la capa de procesos de negocios. Si bien el software de automatización de procesos robóticos emergente realiza la automatización de procesos de negocios en la capa de presentación, por lo tanto, se considera no invasivo y desacoplado de los sistemas de aplicación existentes.

Una de las formas de automatizar procesos es desarrollar o comprar una aplicación que ejecute los pasos requeridos del proceso; sin embargo, en la práctica, estas aplicaciones rara vez ejecutan todos los pasos del proceso de forma precisa o completa. Otro enfoque es utilizar una combinación de software e intervención humana; Sin embargo, este enfoque es más complejo, lo que dificulta el proceso de documentación.

En respuesta a estos problemas, las empresas han desarrollado un software que define el proceso empresarial completo (tal como se desarrolla en la actividad de diseño del proceso) en un lenguaje informático que una computadora puede ejecutar directamente. Los modelos de procesos se pueden ejecutar a través de motores de ejecución que automatizan los procesos directamente desde el modelo (por ejemplo, calculando un plan de pago para un préstamo) o, cuando un paso es demasiado complejo para automatizar, la Notación de modelado de procesos de negocios (BPMN) proporciona capacidad de front-end para la entrada humana [14]. En comparación con cualquiera de los enfoques anteriores, la ejecución directa de una definición de proceso puede ser más sencilla y, por lo tanto, más fácil de mejorar. Sin embargo, la automatización de una definición de proceso requiere una infraestructura flexible y completa, que generalmente descarta la implementación de estos sistemas en un entorno de TIC heredado.

Los sistemas han usado las reglas de negocios para proporcionar definiciones para el comportamiento del gobierno, y se puede usar un motor de reglas de negocios para impulsar la ejecución y resolución de procesos.

- **Monitoreo**

La supervisión abarca el seguimiento de procesos individuales, de modo que la información sobre su estado se puede ver fácilmente y se pueden proporcionar estadísticas sobre el rendimiento de uno o más procesos. Un ejemplo de este seguimiento es poder determinar el estado de un pedido de un cliente (por ejemplo, un pedido recibido, en espera de entrega, una factura pagada) para que los problemas en su operación puedan ser identificados y corregidos [14].

Además, esta información se puede utilizar para trabajar con clientes y proveedores para mejorar sus procesos conectados. Algunos ejemplos son la generación de medidas sobre la rapidez con la que se procesa un pedido de un cliente o cuántos pedidos se procesaron en el último mes. Estas medidas tienden a encajar en tres categorías: tiempo de ciclo, tasa de defectos y productividad.

El grado de monitoreo depende de la información que la empresa desea evaluar y analizar, y de qué manera la empresa quiere que se monitoree, en tiempo real, casi en tiempo real o ad hoc. Aquí, el monitoreo de la actividad empresarial (BAM) extiende y expande las herramientas de monitoreo generalmente proporcionadas por BPMS.

La minería de procesos es una colección de métodos y herramientas relacionados con el monitoreo de procesos. El objetivo de la minería de procesos es analizar los registros de eventos extraídos a través del monitoreo de procesos y compararlos con un modelo de procesos a priori. La minería de procesos permite a los analistas de procesos detectar discrepancias entre la ejecución real del proceso y el modelo a priori, así como analizar los cuellos de botella.

El Monitoreo de Procesos de Negocio Predictivo [15], se refiere a la aplicación de la extracción de datos, el aprendizaje automático y otras técnicas de pronóstico para predecir lo que ocurrirá con la ejecución de instancias de un proceso de negocio, lo que permite hacer pronósticos del tiempo del ciclo futuro, problemas de cumplimiento, etc. Las técnicas para el monitoreo del proceso de negocio predictivo incluyen Máquinas de vectores de soporte, Enfoques de aprendizaje profundo, [16].

- **Optimización**

La optimización del proceso incluye la recuperación de la información de rendimiento del proceso de la fase de modelado o monitoreo; identificar los cuellos de botella potenciales o reales y las oportunidades potenciales de ahorro de costos u otras mejoras; y luego, aplicando esas mejoras en el diseño del proceso. Las herramientas de minería de procesos pueden descubrir actividades críticas y cuellos de botella, creando un mayor valor comercial. [16].

- **Reingeniería**

Cuando el proceso se vuelve demasiado complejo o ineficiente, y la optimización no está obteniendo el resultado deseado, generalmente lo recomienda un comité directivo de la compañía presidido por el presidente / CEO para rediseñar todo el ciclo del proceso. La reingeniería de procesos de negocios (BPR) ha sido utilizada por organizaciones para intentar lograr eficiencia y productividad en el trabajo.

2.2.1.3. **Suites**

Se ha desarrollado un mercado para software empresarial que aprovecha los conceptos de gestión de procesos empresariales para organizar y automatizar procesos. La reciente convergencia de este software de piezas distintas, como motor de reglas de negocio, modelado de procesos de negocio, control de la actividad de negocio y flujo de trabajo humano ha dado a luz integrada Business Process Management Suites. Forrester Research Inc. reconoce el espacio de la suite BPM a través de tres lentes diferentes:

- BPM centrado en el hombre
- BPM centrado en la integración (Enterprise Service Bus)
- BPM centrado en documentos (Dynamic Case Management)

Sin embargo, las ofertas independientes centradas en la integración y en los documentos han madurado en mercados independientes separados.

El rápido desarrollo de aplicaciones utilizando principios sin código / bajo código se está convirtiendo en una característica cada vez más frecuente de las plataformas BPMS. RAD permite a las empresas implementar aplicaciones de forma más rápida y rentable, al tiempo que ofrece una mejor gestión de cambios y versiones. Gartner señala que a medida que las empresas adoptan estos sistemas, sus presupuestos dependen menos del mantenimiento de los sistemas existentes y muestran una mayor inversión en su crecimiento y transformación [9].

2.2.1.4. **Practica**

Si bien los pasos se pueden ver como un ciclo, es probable que las restricciones económicas o de tiempo limiten el proceso a solo unas pocas iteraciones. Este suele ser el caso cuando una organización utiliza el enfoque para objetivos a corto y mediano plazo en lugar de tratar de transformar la cultura organizacional. Las verdaderas iteraciones solo son posibles a través de los esfuerzos de colaboración de los participantes del proceso. En la mayoría de las organizaciones, la complejidad requiere tecnología habilitadora (ver más abajo) para respaldar a los participantes del proceso en estos desafíos diarios de administración de procesos [9].

Hasta la fecha, muchas organizaciones a menudo inician un proyecto o programa de BPM con el objetivo de optimizar un área que se ha identificado como un área de mejora.

Actualmente, los estándares internacionales para la tarea han limitado BPM a la aplicación en el sector de TI, e ISO / IEC 15944 cubre los aspectos operativos del

negocio. Sin embargo, algunas corporaciones con la cultura de las mejores prácticas utilizan procedimientos operativos estándar para regular su proceso operativo.

2.2.1.5. **Tecnología**

BPM ahora se considera un componente crítico de las soluciones de inteligencia operativa (OI) para entregar información en tiempo real y accionable. Esta información en tiempo real se puede utilizar de diversas maneras: se pueden enviar alertas o se pueden tomar decisiones ejecutivas utilizando paneles de control en tiempo real. Las soluciones de OI utilizan información en tiempo real para tomar medidas automatizadas basadas en reglas predefinidas para que se puedan iniciar medidas de seguridad o procesos de administración de excepciones. Porque "el tamaño y la complejidad de las tareas diarias a menudo requieren el uso de tecnología para modelar de manera eficiente" cuando los recursos en tecnología se generalizaron con la disponibilidad general para que las empresas proporcionen a su personal, "Muchos pensaron que BPM era el puente entre la Tecnología de la Información (TI) y negocios." [7].

Hay cuatro componentes críticos de una suite BPM:

- **Motor de procesos:** una plataforma robusta para modelar y ejecutar aplicaciones basadas en procesos, incluidas las reglas de negocios.
- **Análisis de negocios:** permite a los gerentes identificar problemas de negocios, tendencias y oportunidades con informes y paneles y reaccionar en consecuencia
- **Administración de contenido:** proporciona un sistema para almacenar y proteger documentos electrónicos, imágenes y otros archivos

- Herramientas de colaboración: elimine las barreras de comunicación intra e interdepartamentales a través de foros de discusión, espacios de trabajo dinámicos y tableros de mensajes

BPM también aborda muchos de los problemas críticos de TI que subyacen a estos impulsores de negocios, que incluyen:

- Gestión de procesos de extremo a extremo, orientados al cliente.
- Consolidar los datos y aumentar la visibilidad y el acceso a los datos e información asociados.
- Aumentar la flexibilidad y funcionalidad de la infraestructura y datos actuales.
- Integración con sistemas existentes y aprovechamiento de la arquitectura orientada a servicios (SOA)
- Estableciendo un lenguaje común para la alineación de negocios-TI

La validación de BPMS es otro problema técnico que los proveedores y usuarios deben tener en cuenta, si el cumplimiento normativo es obligatorio. [11]. La tarea de validación podría ser realizada por un tercero autenticado o por los propios usuarios. De cualquier manera, se debe generar documentación de validación. El documento de validación generalmente puede ser publicado oficialmente o retenido por los usuarios.

2.2.1.6. **5s y Gestión de Procesos**

5S es una forma metódica de organizar su lugar de trabajo y sus prácticas de trabajo, además de ser una filosofía general y una forma de trabajar. Se divide en 5 fases, cada una de las cuales lleva el nombre de un término japonés diferente que comienza con la letra "S"; (Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke) de ahí el nombre 5 S [17].

- 5S Seiri o Sort es el primer paso en 5S, se refiere a la clasificación del desorden de los otros elementos dentro del área de trabajo que realmente se necesitan. Esta etapa requiere que el equipo elimine todos los elementos que claramente no pertenecen al área de trabajo y solo deje aquellos que son necesarios para los procesos en cuestión [18].
- 5S Seiton o Straighten es el proceso de tomar los elementos necesarios que quedan después de eliminar el desorden y organizarlos de manera eficiente mediante el uso de principios ergonómicos y garantizar que cada elemento "tenga un lugar y que todo esté en su lugar" [18].
- 5S Seiso o Sweep es la limpieza completa del área, las herramientas, las máquinas y otros equipos para garantizar que todo vuelva a su estado "casi nuevo". Esto asegurará que cualquier no conformidad se destaque; como una fuga de aceite de una máquina a un piso limpio, recién pintado y brillante [18].
- 5S Seiketsu o estandarizar es el proceso de asegurar que lo que hemos hecho en las primeras tres etapas de 5S se estandarice; Es decir, nos aseguramos de que tengamos estándares comunes y formas de trabajar. El trabajo estándar es uno de los principios más importantes de la fabricación Lean [18].
- La etapa final es 5S Shitsuke o sustain, asegurando que la compañía continúe mejorando continuamente utilizando las etapas anteriores de 5S, mantenga el mantenimiento y realice auditorías, entre otras. 5S debe formar parte de la cultura del negocio y la responsabilidad de todos en la organización [18].

2.2.2. KPI y la gestión de procesos

Los indicadores clave de desempeño o también conocidos como KPIs son medidas, indicadores, ratios o cálculos clave en la estrategia entorno de la búsqueda de una implementación, objetivo o proceso a ser alcanzado.

Bajo este criterio, la interpretación de que son los KPI tiene una apertura conceptual amplia, por lo que se puede considerar todo cuanto ayude a cuantificar un objetivo planteado o en su defecto, ayude a la interpretación de este en un determinado periodo de tiempo. El KPI de cualquier proceso organizacional debe seguir los siguientes puntos:

- que puede ser sujeto a cuenta para determinar en qué punto de la obtención del objetivo se encuentra, pero no se debe entender que un indicador de “que tanto se ha trabajado para obtener el objetivo” es un KPI, por lo que ello...
- que puede estar sujeto a comparativa, pues dado que se tiene una métrica en específico para su medición, se puede realizar una revisión de la diferencia entre el valor de línea de base y el resultado obtenido mediante el proceso. De no cumplirse con este punto, se tendría ambigüedad acerca del tipo de impacto que tiene el proceso.
- Que debe ser específico al objetivo, pues de tener en consideración que este cumple con detallar puntos ajenos al objetivo se podría obtener indicadores sesgados, que no imprimen significancia para el objetivo o que en todo caso pueden tener cruce de información sobre otros objetivos del proceso, lo cual no dejaría vislumbrar el verdadero efecto del proceso.
- Que debe ser relevante para el objetivo de la investigación.
- Que deben de ser alcanzables, es decir, que un indicador KPI medido en condiciones de línea de base, estándares mínimos, máximos o promedios, entre otros, debe de ser posible de ser cumplido, lo cual

implica que esta intrínsecamente ligado la posibilidad de cumplimiento del objetivo.

Ahora bien, en el sentido de la utilización del KPI para la gestión de los procesos, cada organización debe realizar una determinada serie de pasos:

Pasos	Descripción
Crear un objetivo	Un KPI no puede entenderse si es que no contribuye a un objetivo determinado, por lo que primero se realiza el lineamiento de objetivos simples (en el sentido de su dificultad).
Describe resultados	Un KPI tiene como fundamento no buscar establecer actividades como objetivos, puesto ello no permite obtener indicadores de avance del proceso. En general, KPIs con valores dicotómicos tienen problemas en el planteamiento de los objetivos. También, se debe obviar palabras difusas o vagas, en cambio usar palabras que indiquen cuestiones físicamente percibidas.
Identificar medidas	Un KPI debe tener una medida tal que sea claramente descrita, basada en un objetivo, la medida también debe estar calificada en términos de importancia y, por último, debe ser calculable y debe tener una asignación de responsabilidades.
Definir umbrales	Un KPI sirve solamente si es posible a comparar, en un principio se pueden establecer criterios mínimos y máximos. Por ejemplo, la metodología RAG (red, amber, green) requiere establecer los valores del indicador para rojo y verde; o en su defecto, cuando hay un mayor número de escalas pasa lo mismo.

Luego con la información revisada se puede hacer el proceso de análisis de resultados, que puede ser realizado de múltiples formas, a continuación, se presentan las formas más usuales de análisis:

Pasos	Descripción
Calcular indicadores	Obtenidos de los pasos previos. Haciendo uso de un gestor de datos o un software especializado.
Interpretar resultados	Haciendo uso del análisis descriptivo, comparativo o correlacional, se obtiene el efecto del proceso sobre los indicadores.
Generar acciones	Detallando los puntos en la interpretación de resultados, se procede a delinear acciones a seguir.

2.2.3. Optimización de costos

La optimización de costos o la tasa de conversión de CRO se refieren al proceso para optimizar los costos de una campaña para maximizar el potencial de un presupuesto asignado para la campaña a continuación.

"La optimización de costos en la era de los negocios digitales significa que las organizaciones usan una combinación de TI y optimización de costos de negocios para aumentar el rendimiento del negocio a través de inversiones inteligentes en tecnología innovadora; y si esta es en eco amigable, mucho mejor. ", [19].

La optimización de costos es una disciplina continua y centrada en el negocio para impulsar el gasto y la reducción de costos, mientras se maximiza el valor del negocio.

Incluye:

- Obtención de los mejores precios y condiciones para todas las compras comerciales.
- Estandarización, simplificación y racionalización de plataformas, aplicaciones, procesos y servicios.
- Automatización y digitalización de las operaciones informáticas y empresariales.

La demanda de optimización de costos, a menudo se desencadena por un interés en disminuir los costos, pero la verdadera optimización es más compleja que eso. La verdadera optimización de costos se trata de entregar de manera eficiente el valor empresarial o de la organización. Si se hace correctamente, se beneficiará una amplia gama de componentes.

El objetivo debe ser ajustar las nuevas tecnologías para obtener el mayor beneficio posible para el negocio. Eso podría significar realmente una inversión en tecnologías innovadoras, por lo que, contrariamente a la creencia popular, la optimización de costos en tecnologías no es lo mismo que la reducción de costos de tecnologías.

Al trabajar con la empresa, una organización de nuevas tecnologías puede ayudar a maximizar el valor de la empresa. Por ejemplo, una inversión inteligente en tecnologías renovables o eco- amigables puede facilitar a una organización superar los tiempos difíciles o permitir que una empresa aproveche una oportunidad cuando la competencia no está preparada. Existen tecnologías con el propósito de racionalizar o hacer que el negocio sea más eficiente, por lo que a menudo es cierto que una inversión relativamente pequeña en nuevas e innovadores tecnologías puede proporcionar automatización que reduce considerablemente los gastos operativos o aumenta los ingresos. Debido a que la optimización de los costos de nuevas tecnologías debe ser realmente sobre la optimización de negocios, el objetivo debe ser ajustar las tecnologías para obtener el mayor beneficio posible para el negocio [19].

2.2.4. Voladura

Voladura es el uso controlado de explosivos y otros métodos, para romper la roca para la excavación. Se practica con mayor frecuencia en minas, canteras e ingeniería civil, como represas o construcción de carreteras. El resultado de la voladura de rocas se conoce a menudo como un corte de la roca [20].

En la actualidad, las perforaciones y voladuras utilizan muchas variedades diferentes de explosivos con diferentes composiciones y propiedades de rendimiento. Los explosivos de mayor velocidad se utilizan para rocas relativamente duras con el fin de romper y romper la roca, mientras que los explosivos de baja velocidad se utilizan en rocas

blandas para generar más presión de gas y un mayor efecto de levantamiento. Por ejemplo, un manual de voladura de principios del siglo XX comparó los efectos del polvo negro con el de una cuña y la dinamita con la de un martillo. [1] Los explosivos más usados en la actualidad en la minería son las mezclas basadas en ANFO debido a su menor costo que la dinamita.

Como su nombre lo indica, las operaciones de perforación y voladura son las siguientes:

- Se perforan varios agujeros en la roca, que luego se llenan de explosivos.
- Detonar el explosivo hace que la roca se fracture y desplace.
- Se eliminan los escombros y se refuerza la nueva superficie.
- Repita estos pasos hasta completar la excavación deseada.

Las posiciones y profundidades de los hoyos (y la cantidad de explosivo que recibe cada hoyo), están determinadas por un patrón cuidadosamente construido que, junto con la sincronización correcta de las explosiones individuales, garantizará que el túnel tendrá una sección transversal aproximadamente circular [21].

Durante la operación, se pueden usar esteras de voladura para contener la explosión, suprimir el polvo y el ruido, para la prevención de la roca voladora y, a veces, para dirigir la explosión [21].

2.2.5. Agente gasificante

Parte componente del explosivo el cual está basado en emulsión que se sensibiliza mediante un aditivo químico (gasificante); el cual alcanza su sensibilidad dentro del taladro de voladura. Químicamente, está formulada con nitrito de sodio, para reaccionar con la emulsión gasificante. El producto de la sensibilización es una mezcla explosiva de menor y variable densidad que depende de la mayor o menor adición del gasificante.

El esponjamiento obtenido dentro del taladro por efecto de la sensibilización hace que se requiera una menor carga de explosivo en el taladro y se obtenga la misma altura de carga de diseño. La mayor o menor adición de la solución gasificante hará que la gasificación varíe y por ende la densidad.

Respecto del agente gasificante ecoamigable, PYROSAN-G es una emulsión a granel del tipo agua en aceite, con componentes inhibidores de reacción del Nitrato de Amonio y minerales que en su composición tiene presencia de Pirita, siendo posible aplicarlo en terrenos calientes con temperaturas de hasta 100 °C y temperaturas de hasta -5 °C y terrenos reactivos.

La PYROSAN-G se caracteriza por tener una alta velocidad de detonación, alta presión de detonación, buena resistencia al agua y resistente a los estímulos mecánicos (golpes y fricción) proporcionando una buena calidad de gases de voladura.

La PYROSAN-G ® se utiliza en minería a tajo abierto y se mezcla in situ con una solución gasificante, que lo sensibiliza antes de su carguío en los taladros con ayuda de un camión fábrica que ha sido especialmente diseñado para esta actividad, que permite una adecuada sensibilización del agente.

2.3. Definición de términos básicos

A. Gestión de procesos

La gestión de procesos en este contexto requiere conocimientos de ingeniería, actividades de gestión y conjuntos de habilidades, mientras que los procesos de negocio o los procesos de fabricación requieren actividades de gestión de operaciones y conjuntos de habilidades[8].

B. Optimización de costos

"La optimización de costos en la era de los negocios digitales significa que las organizaciones usan una combinación de TI y optimización de costos de negocios para aumentar el rendimiento del negocio a través de inversiones inteligentes en tecnología innovadora; y si esta es en eco amigable, mucho mejor. ", [19].

C. Velocidad de detonación

La velocidad de detonación es la velocidad a la que viaja la onda expansiva consecuencia de las altas presiones de la detonación y la potencia del explosivo, a mayor velocidad de detonación, esto implicará una mejor capacidad de fragmentación de la roca, y por ende mejorando la explotación minera.

D. Nivel de fragmentación

El nivel de fragmentación es un concepto propio del análisis granulométrico, el cual establece un nivel de pulgadas por las que pasa un percentil determinado (generalmente el 80). Otro indicador de este es el porcentaje de finos, que no es más que un porcentaje del total de los fragmentos de roca que tienen menos de una pulgada. A medida que estos indicadores sean mayores, entonces se tendrá una roca mucho más fragmentada, liberando a los minerales que lleva dentro.

E. Agente gasificante

Parte componente del explosivo el cual está basado en emulsión que se sensibiliza mediante un aditivo químico (gasificante); el cual alcanza su sensibilidad dentro del taladro de voladura. Químicamente, está formulada con nitrito de sodio, para reaccionar con la emulsión gasificante. El producto de la sensibilización es una mezcla explosiva de menor y variable densidad que depende de la mayor o menor adición del gasificante.

CAPÍTULO III

HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1. Hipótesis

3.1.1. Hipótesis general

- La gestión de procesos al utilizar un agente gasificante eco amigable para voladura ha tenido una influencia significativa en la optimización de costos en Minera La Zanja S.R.L.

3.1.2. Hipótesis específicas

- El factor de potencia de los explosivos se ha visto reducido ante la presencia de un agente gasificante eco amigable para voladura en Minera La Zanja S.R.L.
- El nivel de fragmentación se ha visto reducido ante la presencia de un agente gasificante eco amigable para voladura en Minera La Zanja S.R.L.
- El monitoreo de gases se han visto reducidos ante la presencia de un agente gasificante eco amigable para voladura en Minera La Zanja S.R.L.

3.2. Identificación de variables

Las variables estudiadas en la presente investigación son:

A. Gestión de procesos

La gestión de procesos en este contexto requiere conocimientos de ingeniería, actividades de gestión y conjuntos de habilidades, mientras que los procesos de negocio o los procesos de fabricación requieren actividades de gestión de operaciones y conjuntos de habilidades [8]. Dentro de estas se hace hincapié en los indicadores KPIs factor de potencia, nivel de fragmentación, emisión de gases.

B. Optimización de costos

"La optimización de costos en la era de los negocios digitales significa que las organizaciones usan una combinación de TI y optimización de costos de negocios para aumentar el rendimiento del negocio a través de inversiones inteligentes en tecnología innovadora; y si esta es en ecoamigable, mucho mejor. ", [19]. En esta se detallan los ahorros en costos como la diferencia entre el valor de la provisión de explosivos normal y el valor de la provisión de explosivos ecoamigables materia de estudio.

Tabla 1:

Matriz de operacionalización de variables

Variables de estudio	Definición conceptual	Dimensiones	Definición operacional	Indicadores
Optimización Costos:	"La optimización de costos en la era de los negocios digitales significa que las organizaciones usan una combinación de TI y optimización de costos de negocios para aumentar el rendimiento del negocio a través de inversiones inteligentes en tecnología innovadora; y si esta es en ecoamigable, mucho mejor.", [21]. En esta se detallan los ahorros en costos como la diferencia entre el valor de la provisión de explosivos normal y el valor de la provisión de explosivos ecoamigables materia de estudio.	Ahorro en costos	Es la cantidad de costos reducidos a consecuencia de un cambio o modificación realizada en algún proceso o a consecuencia de alguna sistematización realizada por una empresa.	Soles ahorrados
Agente Gasificante eco amigable:	El agente gasificante ecoamigable es una emulsión a granel del tipo agua en aceite, con componentes inhibidores de reacción del Nitrato de Amonio y minerales que en su composición tiene presencia de Pirita, siendo posible aplicarlo en terrenos calientes con temperaturas de hasta 100 °C y temperaturas de hasta -5 °C y terrenos reactivos.	Con agente gasificante eco amigable para voladura. Sin agente gasificante eco amigable para voladura.	Presencia de un agente gasificante ecoamigable para voladura denominado "Pyrosan – G" Presencia de un agente gasificante para voladura denominado "SLURREX TCG"	Toneladas consumidas Toneladas consumidas

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

4.1. Enfoque de la investigación

4.2. Tipo de investigación

Será de tipo aplicado [23], donde a partir de información sobre la aplicación del agente gasificante ecomigable se tendrá un efecto en la gestión de procesos y posteriormente se busca encontrar la influencia en la optimización o disminución de los costos, Finalmente el soporte teórico para emplear este tipo de investigación es que a partir de un teoría planteada se busca contrastar con la realidad de la minera La Zanja S.R.L.

4.3. Nivel de la investigación

El nivel de investigación con el cual se va desarrollar será comparativo - explicativo [24], puesto que se ve el comportamiento antes y después de la presencia del agente gasificante ecoamigable en la gestión de procesos en la empresa, así como en los costos. Finalmente será explicativa porque se busca demostrar que la variable agente gasificante ecoamigable tendrá incidencia en la gestión de procesos y está en la optimización de costos. Por medio

de pruebas de carácter numérico - estadístico, sustentado en la teoría e intuición para proponer las cuestiones de causalidad entre las tres variables.

4.4. Métodos a utilizarse

El método que dará soporte a esta investigación es el método general científico [22], y como método específico se hará uso del método inductivo - deductivo y de medición estadística, el primero puesto que se parte de lo particular a lo general, realizando un análisis de las variables de estudio y segundo ya que por medio de mediciones netamente estadísticas descriptiva e inferencial se buscará corroborar las hipótesis planteada y contrastarla con la teoría.

4.5. Diseño de la investigación

Esta investigación se diseña a partir de una forma Cuasi experimental [23], puesto que se realizará el análisis en función a la base de datos registrada de la empresa minera antes y después de la presencia del agente ecoamigable, a fin de corroborar las hipótesis planteadas. La razón por la que se denomina como cuasi experimental es porque no se tiene un nivel de control en los experimentos realizados o bien estos experimentos fueron tomados de forma natural. En el caso de la presente investigación, los datos fueron recabados mediante la asistencia de los profesionales de la empresa proveedora del explosivo a fin de denotar las especificaciones técnicas del producto.

4.6. Población y muestra

4.6.1. Población

La población de estudio será la Minera la Zanja S.R.L. Así mismo la muestra es no probabilística de tipo censal, puesto que se hará uso de los datos registrales, con los que cuenta la empresa. Respecto de la información recopilada del análisis registral

realizado, se tiene 8 datos de información recolectados de manera mensual en el periodo de estudio 2017, desde febrero hasta setiembre de ese año.

4.6.2. Muestra

Según lo mencionado anteriormente, la muestra de la investigación es la misma que la población, donde en base a datos registrales, obtenidos de fuente primaria, que equivale a 8 datos de información recolectados de manera mensual en el periodo de estudio 2017, desde febrero hasta setiembre de ese año.

A. Unidad de análisis

La unidad de análisis es la Minera La Zanja S.R.L, 8 datos mensuales en el periodo de estudio 2017, desde febrero hasta setiembre de ese año.

B. Tamaño de la muestra

El tamaño de muestra es censal, es decir la población es equivalente a la muestra y las observaciones, son los datos obtenidos o facilitados por la empresa.

C. Selección de la muestra

Para esta investigación se registra selección de la muestra mediante algún soporte estadístico, puesto que se ha trabajado en función a los datos registrales, facilitados por la empresa, antes del uso del agente gasificante ecoamigable y después del mismo.

4.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

4.7.1. Técnicas

La técnica empleada es el análisis registral, esta se sujeta a la recopilación de la información a través de los archivos de la empresa en estudio, para luego ser procesada según corresponda el nivel de la investigación presente.

4.7.2. Instrumentos

Instrumento es la ficha registral la cual está incluida en el registro realizado en las hojas de cálculo Excel.

Por la técnica e instrumentos empleados en esta investigación y por trabajar con una base de datos proveída por la empresa, no se requiere, validez, confiabilidad ni diseño del instrumento.

CAPÍTULO V

RESULTADOS

5.1. Descripción del trabajo de campo

El proceso de voladura es una actividad que precede a la extracción de mineral, la cual constituye en la explosión controlada de agentes químicos de alta potencia para poder quebrar un determinado punto o zona de interés de la minera. Esto se realiza para procurar separar material precioso de la roca estéril, con el fin de hacer más fácil el proceso de extracción.

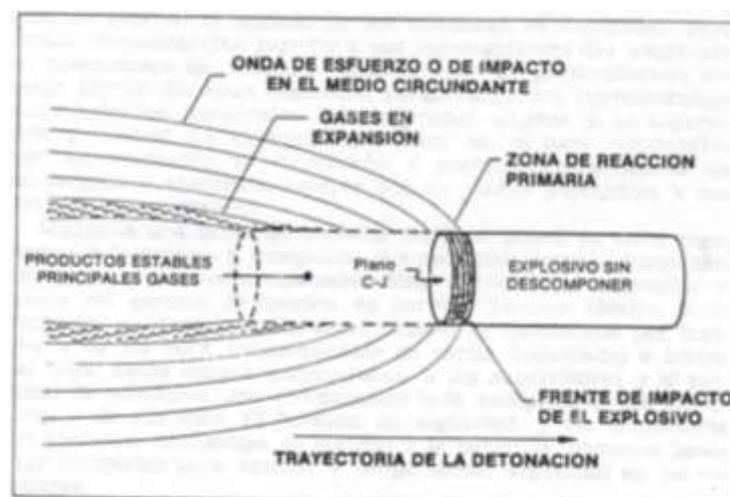


Figura 1. Diagrama de la detonación

El objetivo de la detonación es que no se perciban cambios significativos en la superficie de la zona en la que realiza la explosión, o bien puede ser que se desee afectar esta zona, pero con un determinado fin u objetivo. Por ejemplo, en el caso de que se desee explotar una determinada zona, se preferirá una explosión que se defina como “uniforme” que como una que sea inestable, y las razones para ello saltan a la luz del aprovechamiento del explosivo (es mejor romper más material si la detonación está concentrada) o por razones de seguridad (pues una explosión es siempre peligrosa para los colaboradores).

La voladura tiene una serie de elementos como el tipo de iniciación, el tipo de explosivo usado o la especificación especial de cada detonación, según lo requerido para el particular tipo del agente gasificante usado en la presente investigación.

5.1.1. Agente gasificante ecoamigable PYROSAN-G

La PYROSAN-G es una emulsión a granel del tipo agua en aceite, con componentes inhibidores de reacción del Nitrato de Amonio y minerales que en su composición tiene presencia de Pirita, siendo posible aplicarlo en terrenos calientes con temperaturas de hasta 100 °C y temperaturas de hasta -5 °C y terrenos reactivos.

La PYROSAN-G se caracteriza por tener una alta velocidad de detonación, alta presión de detonación, buena resistencia al agua y resistente a los estímulos mecánicos (golpes y fricción) proporcionando una buena calidad de gases de voladura.

La PYROSAN-G ® se utiliza en minería a tajo abierto y se mezcla in situ con una solución gasificante, que lo sensibiliza antes de su carguío en los taladros con ayuda de un camión fábrica que ha sido especialmente diseñado para esta actividad, que permite una adecuada sensibilización del agente.



Figura 2. Camión fábrica para PYROSAN – G. / Fuente: FAMESA EXPLOSIVOS S.A.C.

5.1.2. Control de densidades

El control de la densidad de copa, inicial y final es de gran importancia y debe realizarse durante todo el carguío de taladros. Varias muestras pesadas en la balanza, determina el valor de la densidad requerida en el diseño de carga del plan de voladura, parámetro determinante para el correcto desempeño de la PYROSAN-G.



Figura 3. Emulsión matriz y gasificada PYROSAN – G./ Fuente: FAMESA EXPLOSIVOS S.A.C.

En este caso las densidades finales gasificada estaban en el orden de 0.90 a 1.10 g/cm³.

La gasificación de la PYROSAN-G ® se estabiliza a los 15 minutos, y a los 20 minutos la densidad se mantiene estable, garantizando la densidad final requerida.

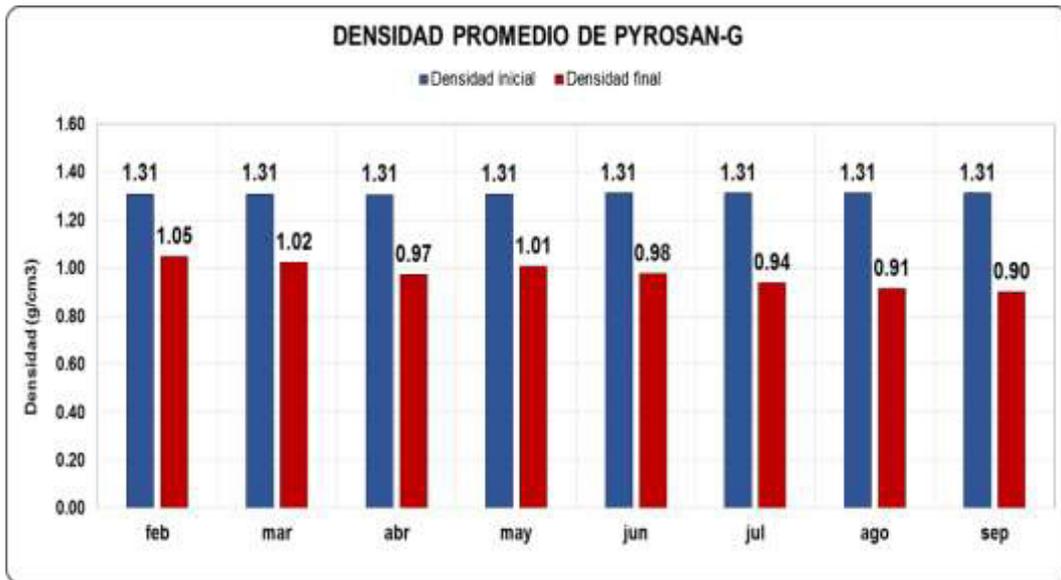


Figura 4. Densidad promedio PYROSAN – G./ Fuente: FAMESA EXPLOSIVOS S.A.C.

Tal como se puede notar en la figura anterior, el nivel de densidad promedio inicial es 1.31 g/cm³, mientras que la densidad final promedio pasa de tener un valor de 1.05 g/cm³ en febrero y 0.90 g/cm³ en septiembre. Esto denota la importancia del control de densidades de la mezcla explosiva PYROSAN – G, para la obtención de buenos resultados en la fragmentación.

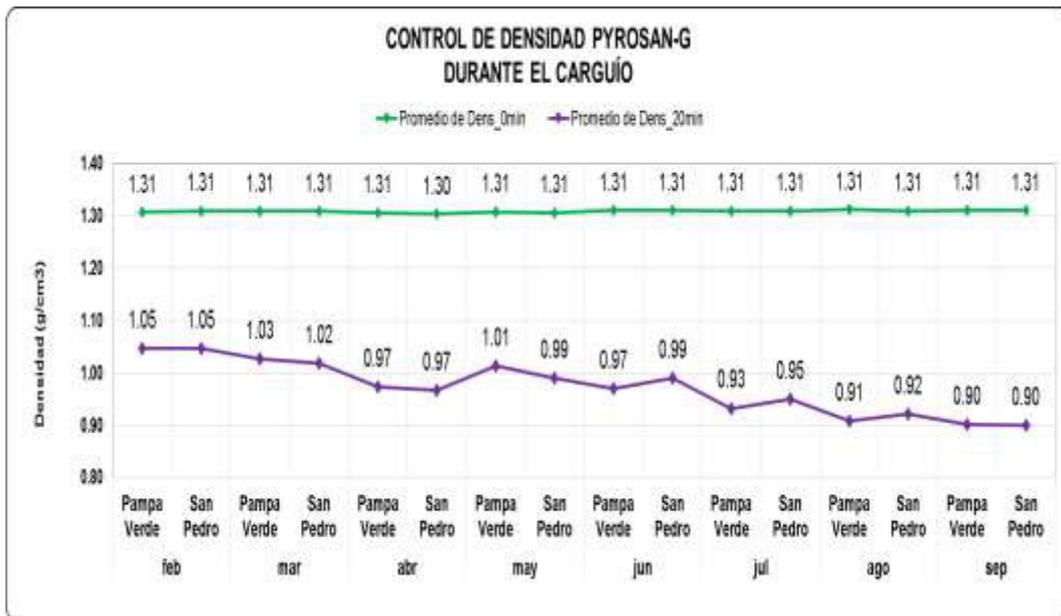


Figura 5. Control de Densidad PYROSAN – G./ Fuente: FAMESA EXPLOSIVOS S.A.C.

La figura anterior nos muestra también, el control de densidad del agente gasificante ecoamigable durante el carguío, el cual refleja una vez más la capacidad de estabilidad que tiene el agente ecoamigable con respecto a la densidad. Se puede notar que esta información se desglosa de los principales proyectos de voladura dentro de la minera.

5.1.3. Diseño de carga.

La aplicación del agente gasificante ecoamigable, reduce el factor de potencia y el consumo de explosivo, menos kg de explosivo por taladro, debido al esponjamiento.

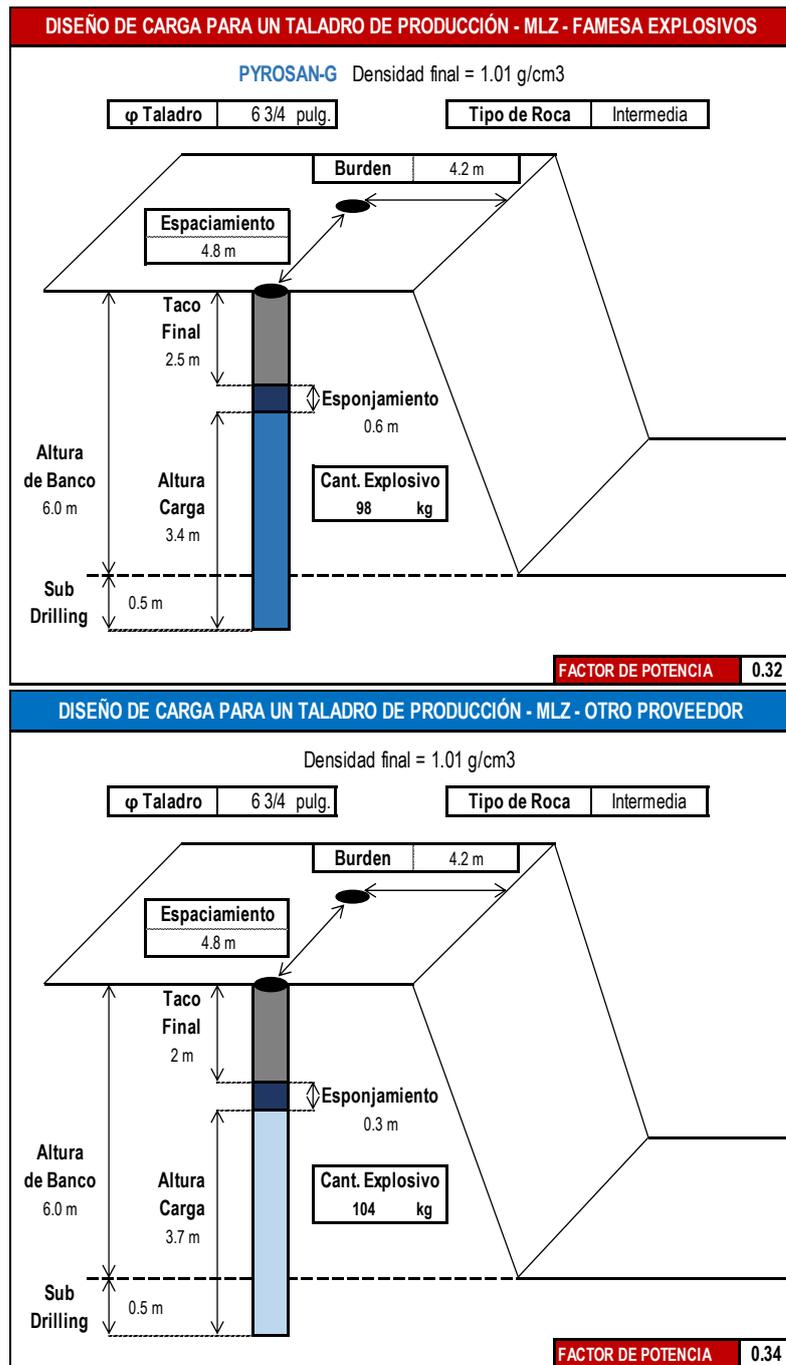


Figura 6. Diseño de carga para un taladro de Producción.

Para el diseño de carga utilizado se establece una densidad final de 1.01 g/cm³, con un diámetro de taladro de 6 3/4 pulgadas, un burden de 4.2 m y espaciamiento de 4.8 m, para un tipo de roca intermedia. Con una altura del banco de 6 metros y sub – drilling de 0.50 m, la

carga tiene una altura de 3.7 m y el taco final tiene 2 m respectivamente, con esponjamiento promedio de 0.3 metros (con el otro proveedor) y 0.6 metros con la (PYROSAN – G).

Dentro de los recursos utilizados en el trabajo de campos para la realización de las pruebas que dan lugar a la información del agente gasificante ecoamigable, se tuvo que los siguientes requerimientos de personal y equipos:

5.1.4. Recursos usados en las pruebas técnicas en Minera La Zanja S.R.L.

Recursos humanos

- 02 Ingenieros Residentes
- 01 Ingenieros de seguridad
- 02 Ing. De Asistencia Técnica
- 04 Controladores de densidad
- 03 Operadores camión fabrica
- 02 Mecánicos

Recursos Maquinarias y Equipos

- 03 Camionetas pick up 4x4 implementada según estándar.
- 06 radios de Comunicación portátiles.
- 02 camiones fabrica de 23 y 18 t de capacidad.
- 01 minicargador para tapado de taladros.

- 02 Kit de control de densidades.
- Sismógrafo Vibracord FX
- Microtrap.

5.2. Presentación de los resultados

El presente apartado hace una revisión de los principales indicadores KPIs que dan lugar a las variables en estudio, es decir, se hace una revisión de los indicadores de la gestión de procesos en voladuras, la cual comprende el factor de potencia, niveles de fragmentación y control de gases.

Alrededor de ambas variables, gestión de procesos y optimización de costos, se analizan con respecto de la aplicación frente al agente gasificante ecoamigable (de marzo a setiembre) y otro explosivo (en el mes de febrero). Por lo que el análisis se realiza enmarcado en ello.

5.2.1. Gestión de procesos de una voladura

Tal como se ha mencionado, la gestión de los procesos en voladuras se ve desde un punto de vista técnico, este aspecto tiene su raíz en el ámbito de las pruebas que miden el grado de producción, productividad y riesgos asociados a las actividades productivas de detonación de rocas. En términos de los procesos que se siguen en específico en la voladura, se tienen 3 procesos: la perforación, la voladura propiamente dicha y la asistencia técnica posterior al proceso de voladura, no obstante, en el medio de este se encuentra el carguío y acarreo de materiales explotados, la cual no es responsabilidad en específico al área de los encargados de la voladura, sino que se gestiona transversal al proceso; las cuales se plantean como procedimientos cíclicos, tal como se plantea en el flujograma.



Figura 7. Flujograma voladura de Minera La Zanja

Ahora bien, en contexto de todas las actividades que se realizan dentro de cada uno de estos, podemos detallar como primer paso la perforación, luego el primario, carguío y tapado de taladros, luego se pasa un amarre de malla y finalmente detonación. Posterior a la detonación se procede con el recojo del material, el cual corresponde a otra área, mientras que, el proceso de asistencia técnica se detalla como la recopilación de información, acerca de 4 indicadores principales: el monitoreo de gases, el análisis de la fragmentación, el monitoreo de la velocidad de detonación de explosivos, y el monitoreo de vibraciones.



Figura 8. Mapa de procesos Minera La Zanja



Figura 9. Primado de taladros Minera La Zanja

La voladura de rocas es la acción de fragmentar y desplazar la masa de la roca necesaria para maximizar la rentabilidad de toda la operación minera, cantera o de construcción. El proceso de voladura no puede iniciar sin la perforación. la perforación es el primer paso para fragmentar la dura roca natural, en esta actividad las perforadoras (maquinas) hacen agujeros (taladros) de 5” y 6 ¾” y 6.50 metros de profundidad. En el área de perforación se hacen varios taladros uniformemente espaciados que conforman la malla de perforación. Posterior a ello, se procede con el primado de taladros, que es la acción de introducir el fulminante del FANEL DUAL en el agujero del BOOSTER y colocar en el taladro perforado.



Figura 10. Carguío de taladros Minera La Zanja

El carguío de taladros es la acción de introducir explosivo en el interior del taladro. Por medio del camión mezclador de explosivos, para esto se coloca la manguera en la boca del taladro y se realiza la descarga del explosivo (PYROSAN-G®).



Figura 11. Tapado de taladros Minera La Zanja

Para el tapado de taladros se utiliza un equipo auxiliar, en general se hace uso de un minicargador.

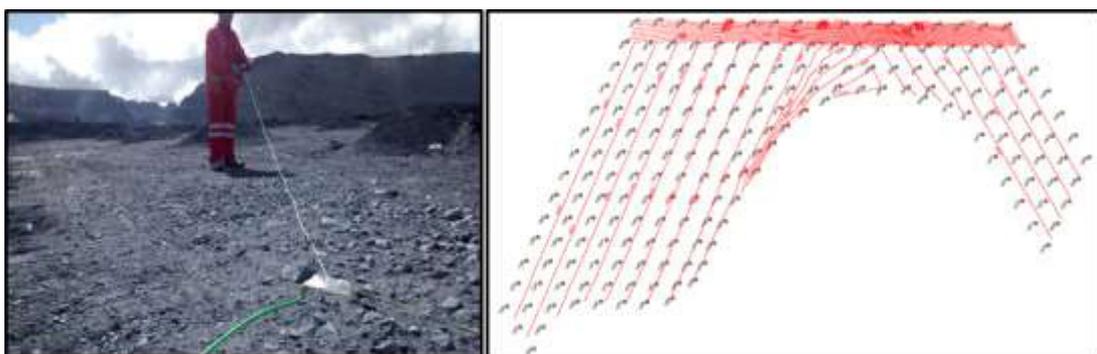


Figura 12. Amarre de malla Minera La Zanja

Consiste en conectar el fanel dual (retardo de superficie), entre talaros de una misma fila o de acuerdo al diseño. En la figura anterior se presenta un ejemplo del diseño usado.



Figura 13. Detonación de voladura Minera La Zanja

Para la detonación el personal, por seguridad, debe alejarse 500 metros del proyecto de voladura, previa coordinación y tendido de la línea silenciosa de encendido FANEL®LSEF, para ser colocado en el percutor e iniciar la voladura.



Figura 14. Asistencia técnica del proceso de voladura Minera La Zanja

Para el proceso de asistencia técnica, se tiene el control de gases se realiza pre voladura y post voladura, con un equipo diseñado para este fin (DRAGUER X-AM 7000) y el análisis de fragmentación, que se realiza de una base de registros fotográficos, los mismos que son procesados con ayuda de un Software, que nos permite apreciar los tamaños máximos y mínimos de los Blocks analizados, con los cuales se procede a calcular los demás indicadores requeridos para la evaluación del proceso.

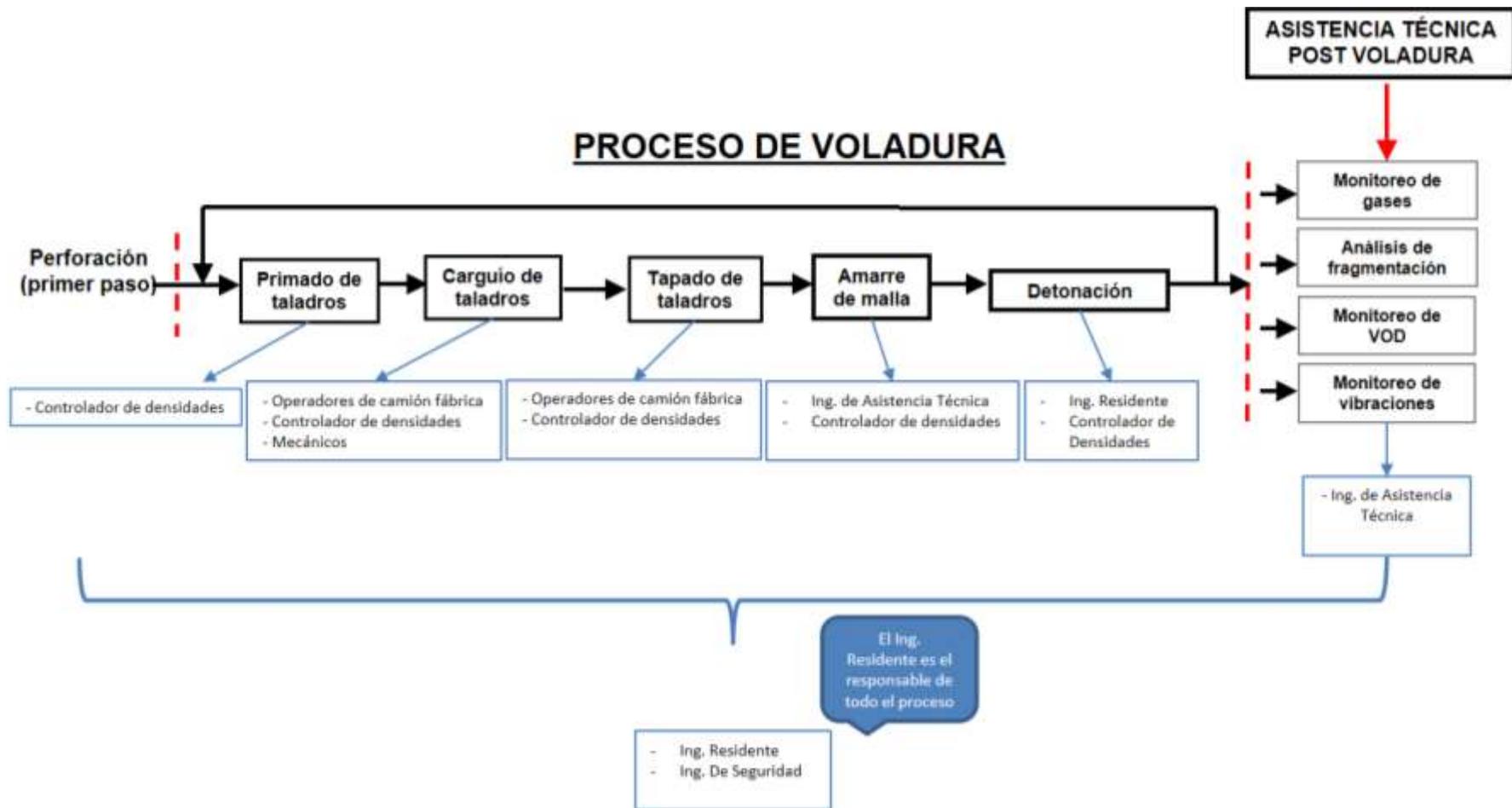


Figura 15. Responsables del proceso de voladura Minera La Zanja

En lo respectivo a las responsabilidades del área de voladura, tenemos que el primado de taladros tiene como responsable a un controlador de densidades, mientras que para el carguío de taladros lo observan operadores del camión fábrica, el controlador de densidades y mecánicos a cargo, también, el tapado de taladros está a cargo a operadores del camión fábrica, el controlador de densidades, mientras que el amarre de malla está a cargo del ingeniero de Asistencia Técnica y el controlador de densidades. Finalmente, la detonación está a cargo del ingeniero Residente y controlador de densidades.

Dado que los indicadores de asistencia técnica son el monitoreo de gases, el análisis de la fragmentación, el monitoreo de la velocidad de detonación de explosivos, y el monitoreo de vibraciones, es lógico que las especificaciones del KPI para poder explicar los criterios de evaluación tomados en cuenta por la empresa:

Tabla 2:

Indicadores Clave de la Minera La Zanja

Descripción del KPI	Indicador
Factor de potencia.	Menor con respecto al otro explosivo
Generación de Gases	Control de gases
Fragmentación:	P80 < 4.41”

Fuente: Minera La Zanja

Tal como ya se ha hecho notar en el apartado anterior, estos están delimitados al factor de potencia, niveles de fragmentación y control de gases. No obstante, estos indicadores son los mínimos requeridos para poder explicar el entorno de la gestión por procesos.

Factor de potencia:

El factor de potencia obtenido aplicando el agente gasificante ecoamigable “PYROSAN-G” está en el orden de 0.36 kg/t logrando reducir en un 7.41% respecto al otro proveedor

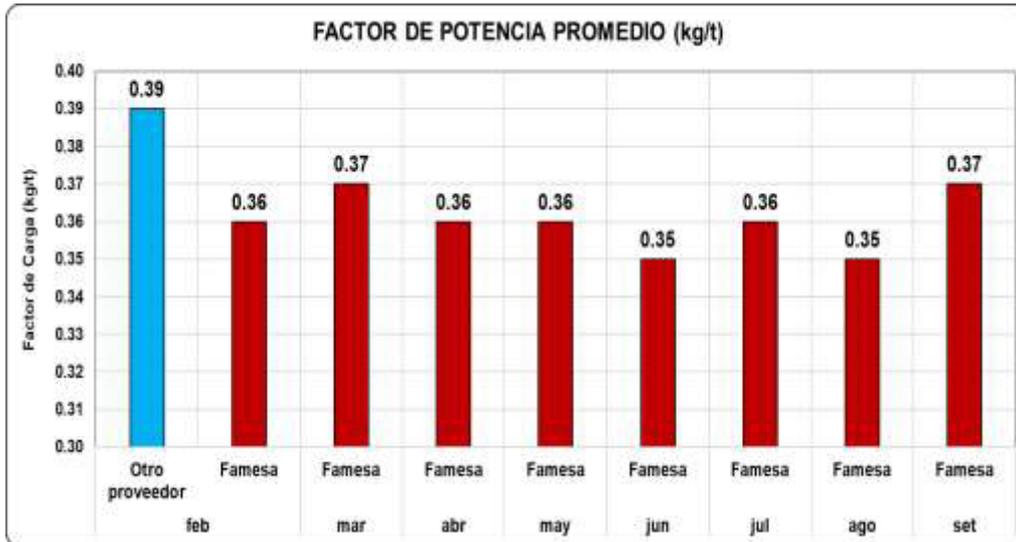


Figura 16. Factor de potencia mensual PYROSAN – G./ Fuente: FAMESA EXPLOSIVOS S.A.C.

Tal como se puede ver en la figura anterior, el factor de potencia promedio del anterior proveedor era 0.39 kg/t, luego, en el caso de la utilización del PYROSAN–G, los niveles de factor de potencia mensual se encuentran en un intervalo de 0.35 a 0.37 kg/t, evidenciándose que hay un menor factor de potencia cuando se hace uso del PYROSAN – G.

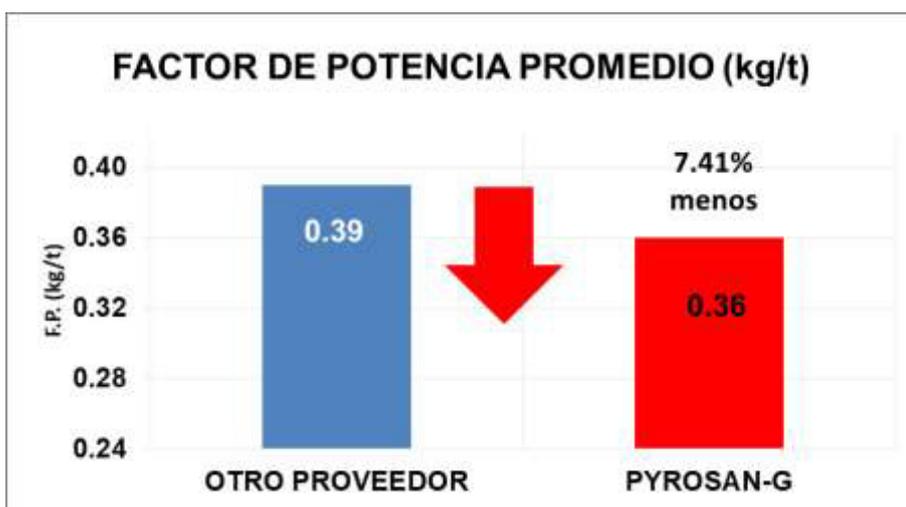


Figura 17. Factor de potencia promedio PYROSAN – G./ Fuente: FAMESA EXPLOSIVOS S.A.C.

A nivel agregado, el factor de potencia promedio con PYROSAN – G es 7.41% inferior al del otro proveedor, pues el factor de potencia se encuentra en 0.39 kg/t y el PYROSAN – G tiene un factor de potencia de 0.36 kg/t en promedio en el periodo febrero – septiembre.

5.2.2. Análisis de Fragmentación:

Se realiza de una base de registros fotográficos, los mismos que fueron procesados con ayuda del Software Split Desktop, que nos permite apreciar los tamaños máximos y mínimos de los Blocks analizados así mismo los porcentajes pasantes. A continuación, se presentan los principales resultados acerca del análisis de fragmentación a los frentes de minado, proyectos disparados con PYROSAN-G.

Tajo	P50 (pulg)	P80 (pulg)
PAD	2.15	4.40
Pampa Verde	2.13	4.42
San Pedro	2.17	4.47
Promedio	2.14	4.41

Figura 18. Promedio acumulado P50 - P80 PYROSAN – G./ Fuente: FAMESA EXPLOSIVOS S.A.C.

Tal como se puede notar en la figura anterior, se tiene que el nivel promedio acumulado de fragmentación utilizando PYROSAN-G en las voladuras en el periodo de pruebas, se obtuvieron los siguientes valores de P50 2.14 y P80 4.41 pulgadas respectivamente.

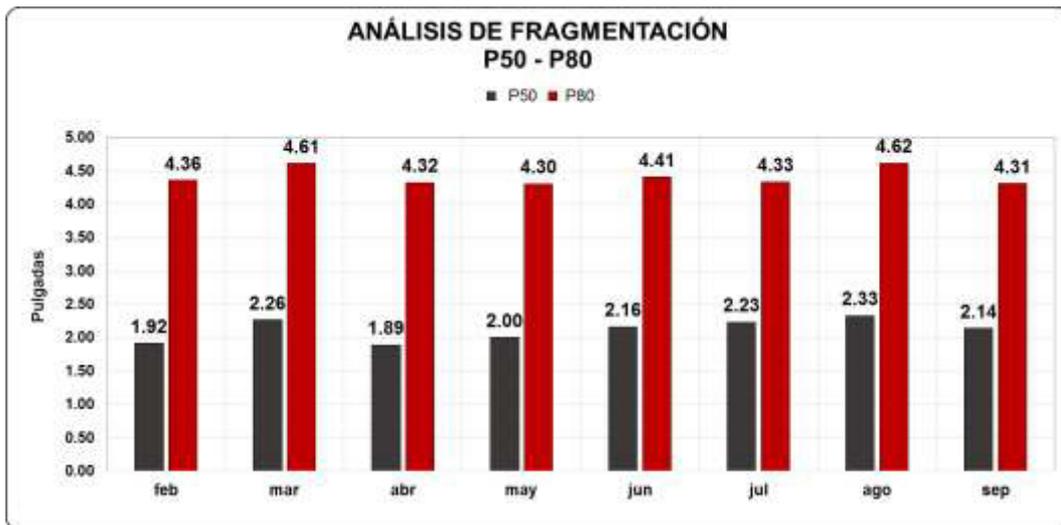


Figura 19. Fragmentación mensual P50 - P80 PYROSAN – G./ Fuente: FAMESA EXPLOSIVOS S.A.C.

En la figura anterior, se puede notar el nivel de fragmentación por mes, en el cual se ratifica lo mostrado en los niveles promedio.

Análisis comparativo promedio general P80



PROMEDIO GENERAL COMPARATIVO P80		
P80 (pulg)	PYROSAN-G	4.41
	OTRO PROVEEDOR	5.55
	DIFERENCIA	1.14
	PORCENTAJE	20.54%

Figura 20. Comparación P80 PYROSAN – G y otro proveedor/ Fuente: FAMESA EXPLOSIVOS S.A.C.

De la figura anterior, se puede establecer que mientras que la PYROSAN – G tiene un nivel de fragmentación promedio P80 de 4.41 pulgadas, en comparación con el otro proveedor quien obtuvo un nivel de fragmentación P80 de 5.55 pulgadas, siendo está notoriamente mayor al del PYROSAN – G.

Se logró una disminución en la fragmentación en el orden de 20.54% en comparación con el otro proveedor.

El nivel de fragmentación implica ver que hay una menor dimensión de radio en el tamiz para el percentil 50 y 80 (P50 y P80), esto a saber que una mayor fragmentación permite que todas las rocas fragmentadas sean más finos, por lo que pueden pasar por un tamiz cada vez menor, haciendo que el valor de fragmentación P80 y P50 sean menores. En el caso del periodo de tiempo de estudio, se tiene que el nivel de fragmentación P80 se encuentra entre los 4.41 pulgadas, mientras que el nivel de fragmentación P50 se encuentra entre 2.14 pulgadas.

A continuación, hacemos un somero relato de los efectos que debiera tener un agente gasificante sobre el control de gases.

5.2.3. Control de gases

En este caso nos enfocamos en el H₂S existente en las voladuras realizadas por otro proveedor. El ácido sulfhídrico (H₂S) es un gas incoloro más denso que el aire (1.39 g/l a condiciones normales), es inflamable, toxico y odorífero. Esta última característica es la que evidenciamos a través de su olor a huevos podridos.

Adicionalmente, de acuerdo con el Anexo 15 del D. S. N° 023-2017-EM, el límite máximo de exposición al H₂S para una jornada laboral de 8 horas es de 10 ppm; mientras que, para una exposición no mayor a 15 minutos, es de 15 ppm. Según investigadores, exposiciones mayores a 20 ppm ya presentan problemas para la salud de las personas.

La emisión de este gas es en el momento de la detonación del explosivo. Para el monitoreo nos ubicamos a 500 m del punto de detonación y encendemos el equipo DRAGUER X-AM 7000, pasado los 5 minutos se ingresa al frente de minado para verificar la voladura y continuar con el monitoreo de gases. En tal sentido la exposición del personal involucrado en la voladura está expuesto a menos de 10 minutos en promedio.

Por otro lado, la aplicación del agente gasificante ecoamigable “PYROSAN-G” elimina la emisión de gases nitrosos (humos naranjas) debido al buen balance de oxígeno que tiene la emulsión 100% gasificable.





Figura 21. Concentraciones máximas de H2S

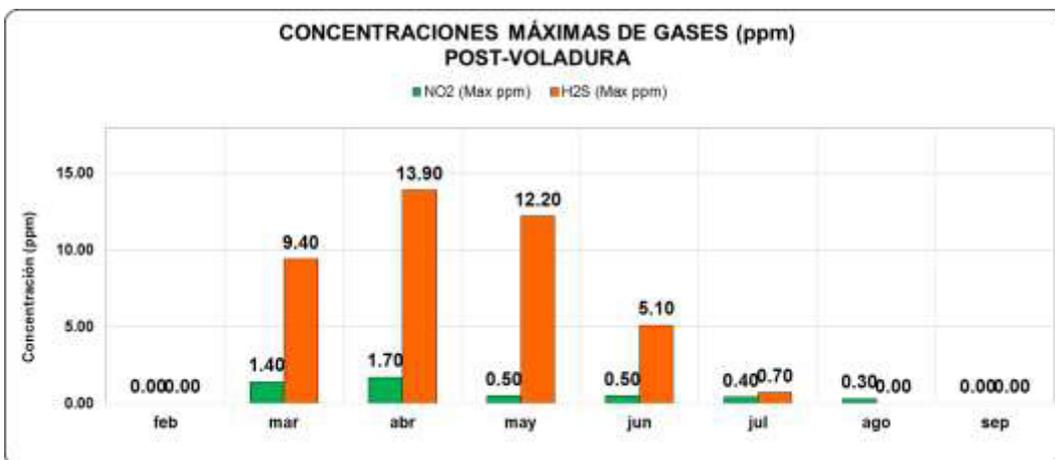


Figura 22. Concentraciones máximas de gases (ppm), Post Voladura

Respecto de las concentraciones de gases, tanto de óxido nítrico y ácido sulfhídrico, estas concentraciones pasaron a un nivel pico de 13.90 ppm, no obstante, estos niveles entre los meses de marzo hasta junio no sobrepasan los 15 ppm que es el límite permitido según regulación ambiental.

5.2.4. Optimización de costos por la utilización del agente gasificante eco amigable PYROSAN-G®

La optimización de costos implica el análisis de ahorros que se generan a través de la utilización del agente gasificante ecoamigable. Eso quiere decir que se debe de tener

suficiente evidencia de que hay una diferencia sustancial entre los costos de los agentes.

Ahora bien, se presentan la siguiente información para poder sustentar ello.

COSTO POR TALADRO CON PYROSAN-G		
Costo PYROSAN-G	US\$/t	473.00
Costo PYROSAN-G	US\$/kg	0.473
Cantidad de explosivo	kg/tal	97.99
Costo por taladro cargado	US\$/tal	46.35

COSTO POR TALADRO CON OTRO PROVEEDOR		
Costo otro proveedor	US\$/t	492.00
Costo otro proveedor	US\$/kg	0.492
Cantidad de explosivo	kg/tal	104.00
Costo por taladro cargado	US\$/tal	51.17

Figura 23. Costos por taladro PYROSAN – G y otro proveedor.

AHORRO DE EXPLOSIVO POR TALADRO		
Ahorro de explosivo por taladro	kg/tal	6.01
Esponjamiento de PYROSAN-G	m	0.60
Esponjamiento de otro proveedor	m	0.30
Ahorro de explosivo por esponjamiento	m	0.30
Ahorro de explosivo por esponjamiento	kg/tal	7.00

Figura 24. Ahorro de explosivo PYROSAN – G con respecto del otro proveedor.

De la información suministrada por las dos anteriores figuras se puede denotar que el PYROSAN – G tiene un nivel de ahorro de explosivo por taladro de 6.01 kg/tal, ahora bien, como el nivel de esponjamiento del PYROSAN – G es superior en 0.3 metros al del otro proveedor, entonces se genera también un ahorro adicional por este esponjamiento, siendo de 7 kg/tal.

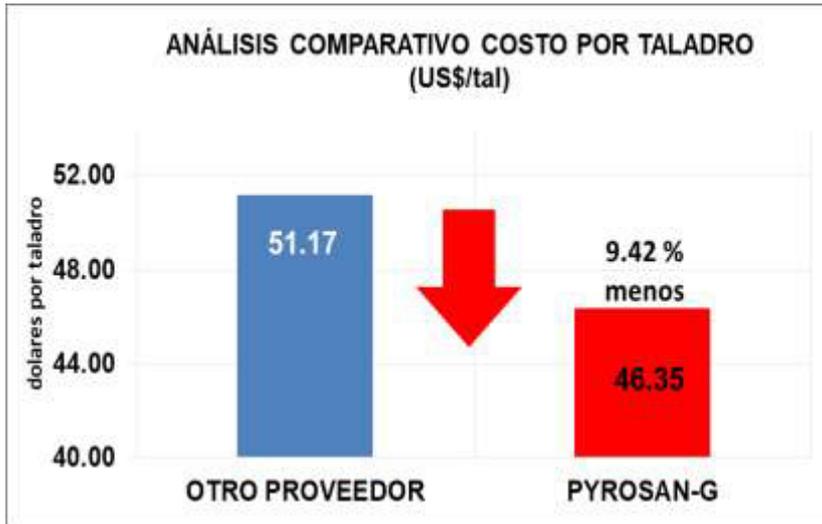


Figura 25. Análisis comparativo del ahorro de explosivo por taladro

El ahorro que se obtiene por el esponjamiento del explosivo es de 7 kg/tal y el ahorro de explosivo por taladro es de 6.01 kg., por lo que se tiene un ahorro sustancial de 4.82 dólares por taladro, el cual es un 9.42% de ahorro del PYROSAN – G con respecto del valor de 51.17 dólares por taladro del otro proveedor.



Empresa	Producto	Precio (US\$/t)
Famesa Explosivos	PYROSAN-G	473.00
Otro Proveedor	SLURREX TCG	492.00

ANÁLISIS DE COSTOS		
CONSUMO TOTAL PYROSAN-G	t	4,120,069
CONSUMO OTRO PROVEEDOR	t	4,369,717
COSTO PYROSAN-G	US\$/t	1,948,792,637
COSTO OTRO PROVEEDOR	US\$/t	2,149,900,764
AHORRO POR EL USO DE PYROSAN-G	US\$	201,108,127

Figura 26. Análisis comparativo de costos PYROSAN vs otro proveedor

Tal como se puede notar en las figuras anteriores, el nivel de consumo total de PYROSAN – G es de 4120.00 toneladas, mientras que en el caso del otro proveedor es de 4369.71 toneladas. Ahora bien, con un costo unitario de 473 y 492 dólares por tonelada de explosivo PYROSAN – G y el otro proveedor respectivamente, se tiene que el ahorro obtenido por el uso de la PYROSAN - G es de 201,108 dólares.



Figura 27. Ahorro de costos PYROSAN - G vs otro proveedor

Realizando un comparativo con otro proveedor, con el uso del agente gasificante ecoamigable PYROSAN-G, se obtuvo un ahorro de 201,108 US\$ que representa una reducción del 10.32% en el costo de voladura por un periodo de 8 meses.

5.3. Contrastación de los resultados

Ahora bien, se presentan los resultados estadísticos mediante la prueba t - Student, el cual es la prueba más idónea para la realización de pruebas comparativas.

Luego, dado que los indicadores de gestión de procesos de voladura no se pueden agregar de alguna manera, se ha decidido por presentar todos los indicadores, de forma tal que, mediante la contrastación de al menos uno de los indicadores, se puede argumentar que hay relación entre la gestión de procesos de voladura y las otras dos variables; en contraposición a la hipótesis de que ninguno de los indicadores de la gestión de procesos tiene relación alguna con el ahorro en costos o con el consumo del agente gasificante.

En este sentido, se comprueba las hipótesis mediante un valor de la prueba R de Pearson menor o igual a 0.09 puntos, o un nivel de significancia menor o igual a 0.05. Estos valores no son arbitrarios, sino que se encuentran en el sentido de valores detallados en las siguientes líneas.

5.3.1. Hipótesis general

Primero definimos que el uso de un agente gasificante eco amigable para voladuras tiene influencia significativa directa en la gestión de procesos en Minera La Zanja S.R.L.

Ello se puede comprobar a través de que los KPI de la gestión de procesos son afectados, suponiendo que el único cambio que puede provocar esta modificación en todos los indicadores ha sido la presencia del agente gasificante ecoamigable.

Tabla 3:

Prueba de correlación Consumo del agente gasificante y gestión de procesos

		Prueba de muestras independientes								
		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
									Inferior	Superior
Factor de carga	Se asumen varianzas iguales	,158	,705	-3,656	6	,011	-,01750	,00479	-,02921	-,00579
	No se asumen varianzas iguales			-3,656	4,973	,015	-,01750	,00479	-,02983	-,00517
P50	Se asumen varianzas iguales	2,618	,157	-4,419	6	,004	-,19750	,04470	-,30687	-,08813
	No se asumen varianzas iguales			-4,419	4,834	,007	-,19750	,04470	-,31360	-,08140
H2S	Se asumen varianzas iguales	,072	,797	-6,033	6	,001	-9,42500	1,56225	-13,24769	-5,60231
	No se asumen varianzas iguales			-6,033	6,000	,001	-9,42500	1,56225	-13,24775	-5,60225
NO2	Se asumen varianzas iguales	4,277	,084	-3,312	6	,016	-,87500	,26418	-1,52143	-,22857
	No se asumen varianzas iguales			-3,312	3,203	,041	-,87500	,26418	-1,68633	-,06367

Se compara en un principio el nivel de coeficiente de correlación con respecto del coeficiente de correlación nulo, es decir, con $t_{\text{nulo}} = 2.26$, de forma tal que $t_c > t_{\text{nulo}}$, para el presente caso se tiene en casi todos los casos, que son valores positivos, entonces se acepta la idea de que la gestión de procesos es afectada por la presencia de un agente gasificante ecoamigable, es decir que, en los casos en los que hay un alto consumo del agente gasificante ecoamigable, se tiene un reducido factor de potencia y el valor del indicador de fragmentación P50 y P80, mientras que el nivel de H2S y NO2 es bajo en los casos donde el consumo del agente gasificante ecoamigable es alto, lo cual implica que se cumple la función ecoamigable del agente gasificante y como estos son

indicadores de gestión de procesos, por ende se ha mejorado esta variable, entonces se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna.

Ahora bien, dado que el único modificador de la conducta de los indicadores del KPI de la empresa, y por tanto el único que afecta a la gestión de procesos es la presencia del agente gasificante ecoamigable, procedemos a comprobar la hipótesis general de la presente investigación, la cual se plantea en 6 pasos:

Paso 1: Definir la Hipótesis estadística H0 y H1

H1. “La gestión de procesos tiene influencia significativa en la optimización de costos al utilizar un agente gasificante eco amigable para voladuras en Minera La Zanja S.R.L.” (H1: $r \neq 0$)

H0. “La gestión de procesos no tiene influencia significativa en la optimización de costos al utilizar un agente gasificante eco amigable para voladuras en Minera La Zanja S.R.L.” (H0: $r = 0$)

Paso 2: Elegir un nivel de significancia y el estadístico de prueba

El nivel de significancia utilizado para esta hipótesis es de $\alpha = 0.05$. Para la correlación de variables se establece que se hizo uso de la correlación mediante el estadístico r Pearson:

Paso 3: Cálculo del estadístico de- prueba

Se tiene el resultado de la correlación en la siguiente tabla:

Tabla 4:

R de Pearson la gestión de procesos y costos

Correlaciones		Costos
Costos	Correlación de Pearson	1
	Sig. (unilateral)	
	N	8
Factor de potencia	Correlación de Pearson	,777*
	Sig. (unilateral)	,012
	N	8
P50	Correlación de Pearson	,801**
	Sig. (unilateral)	,008
	N	8
H2S	Correlación de Pearson	,889*
	Sig. (unilateral)	,022
	N	5

*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (unilateral).
 **. La correlación es significativa en el nivel 0,01 (unilateral).

Paso 4: Regla de decisión.

Las reglas de decisión se detallan en la parte de técnicas de procesamiento de datos, estas derivan en la obtención de un nivel de significancia al 5% como mínimo, esto implica que, al realizarse las pruebas estadísticas, los p – valores de las pruebas r Pearson no deben de superar el valor de 0.05 para poder aceptar la hipótesis alterna de relación entre las variables a estudiar, mientras que si se supera el valor a 0.05 se acepta la hipótesis nula. Adicional a ello se espera que los valores sean superiores al valor máximo que se establece como “correlación nula” el cual es equivalente a 0.09.

Paso 5: Toma de decisión.

Se compara en un principio el nivel de coeficiente de correlación con respecto del coeficiente de correlación nulo, es decir, con $r_{\text{nulo}} = 0.09$, de forma tal que $r_c > r_{\text{nulo}}$, para el presente caso se tiene que el factor de potencia y el valor del indicador de fragmentación P50 tienen una relación negativa, por lo que se puede decir que nivel de fragmentación P50 se ha visto mejorado y que la emisión del gas H2S, por lo que se asume que a ante una baja emisión, se ahorran costos y viceversa. Estos resultados son

coherentes, dado que el nivel de gestión de procesos reduce costos, mientras que una emisión baja de H₂S reduce costos, entonces se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna.

Paso 6: Conclusión estadística.

Con nivel de significación $\alpha = 0,05$ se demuestra que la gestión de procesos tiene influencia significativa indirecta en la optimización de costos al utilizar un agente gasificante eco amigable para voladuras en Minera La Zanja S.R.L.

5.3.2. Hipótesis específica 1

Paso 1: Definir la Hipótesis estadística H₀ y H₁

H₁. “El factor de potencia de los explosivos se ha visto reducido ante la presencia de un agente gasificante eco amigable para voladura en Minera La Zanja S.R.L.” (H₁: $r \neq 0$)

H₁. “El factor de potencia de los explosivos se mantuvo igual ante la presencia de un agente gasificante eco amigable para voladura en Minera La Zanja S.R.L.” (H₁: $r = 0$)

Paso 2: Elegir un nivel de significancia y el estadístico de prueba

El nivel de significancia utilizado para esta hipótesis es de $\alpha = 0.05$. Para la correlación de variables se establece que se hizo uso de la correlación mediante el estadístico t Student, el cual denotó el valor de la correlación mediante la siguiente tabla:

Tabla 5:

Interpretación del coeficiente de correlación

COEFICIENTE DE CORRELACIÓN	INTERPRETACIÓN
Menor a 2.26 (en valor absoluto)	Aceptar hipótesis nula
Mayor a 2.26 (en valor absoluto)	Rechazar hipótesis nula

Fuente: Hernández, et al. (2010)

Paso 3: Cálculo del estadístico de prueba

Se tiene el resultado de la correlación en la siguiente tabla:

Tabla 6:

Comparación del factor de potencia antes y después del uso del agente gasificante

		Prueba de muestras independientes								
		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
									Inferior	Superior
Factor de potencia	Se asumen varianzas iguales	,158	,705	-3,656	6	,011	-,01750	,00479	-,02921	-,00579
	No se asumen varianzas iguales			-3,656	4,973	,015	-,01750	,00479	-,02983	-,00517

Paso 4: Regla de decisión.

Las reglas de decisión se detallan en la parte de técnicas de procesamiento de datos, estas derivan en la obtención de un nivel de significancia al 5% como mínimo, esto implica que, al realizarse las pruebas estadísticas, los p – valor de las pruebas t Student no deben de superar el valor de 0.05 para poder aceptar la hipótesis alterna de relación entre las variables a estudiar, mientras que si se supera el valor a 0.05 se acepta la hipótesis nula. Adicional a ello se espera que los valores sean superiores al valor máximo que se establece como “correlación nula” el cual es equivalente a 2.26.

Paso 5: Toma de decisión.

Se compara en un principio el nivel de coeficiente de correlación con respecto del coeficiente de correlación nulo, es decir, con $t_{nulo} = 2.26$, de forma tal que $r_c > r_{nulo}$, para el presente caso se tiene en casi todos los casos, que son valores positivos, entonces se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna.

Paso 6: Conclusión estadística.

Con nivel de significación $\alpha = 0,05$ se demuestra que el factor de potencia de los explosivos se ha visto reducido ante la presencia de un agente gasificante eco amigable para voladura en Minera La Zanja S.R.L.

5.3.3. Hipótesis específica 2

Paso 1: Definir la Hipótesis estadística H0 y H1

H1. “El nivel de fragmentación se ha visto reducido ante la presencia de un agente gasificante eco amigable para voladura en Minera La Zanja S.R.L.” (H1: $r \neq 0$)

H1. “El nivel de fragmentación se mantuvo igual ante la presencia de un agente gasificante eco amigable para voladura en Minera La Zanja S.R.L..” (H1: $r = 0$)

Paso 2: Elegir un nivel de significancia y el estadístico de prueba

El nivel de significancia utilizado para esta hipótesis es de $\alpha = 0.05$. Para la correlación de variables se establece que se hizo uso de la correlación mediante el estadístico t Student, el cual denotó el valor de la correlación mediante la siguiente tabla:

Tabla 7:

Interpretación del coeficiente de correlación

COEFICIENTE DE CORRELACIÓN	INTERPRETACIÓN
Menor a 2.26 (en valor absoluto)	Aceptar hipótesis nula
Mayor a 2.26 (en valor absoluto)	Rechazar hipótesis nula

Fuente: Hernández, et al. (2010)

Paso 3: Cálculo del estadístico de prueba

Se tiene el resultado de la correlación en la siguiente tabla:

Tabla 8:

Comparación del nivel de fragmentación antes y después del uso del agente gasificante

Prueba de muestras independientes

	Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias						
	F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
								Inferior	Superior
P50 Se asumen varianzas iguales	2,618	,157	-4,419	6	,004	-,19750	,04470	-,30687	-,08813
No se asumen varianzas iguales			-4,419	4,834	,007	-,19750	,04470	-,31360	-,08140

Paso 4: Regla de decisión.

Las reglas de decisión se detallan en la parte de técnicas de procesamiento de datos, estas derivan en la obtención de un nivel de significancia al 5% como mínimo, esto implica que, al realizarse las pruebas estadísticas, los p – valor de las pruebas t Student no deben de superar el valor de 0.05 para poder aceptar la hipótesis alterna de relación entre las variables a estudiar, mientras que si se supera el valor a 0.05 se acepta la hipótesis nula. Adicional a ello se espera que los valores sean superiores al valor máximo que se establece como “correlación nula” el cual es equivalente a 2.26.

Paso 5: Toma de decisión.

Se compara en un principio el nivel de coeficiente de correlación con respecto del coeficiente de correlación nulo, es decir, con $t_{nulo} = 2.26$, de forma tal que $t_c > t_{nulo}$, para el presente caso se tiene en casi todos los casos, que son valores positivos, entonces se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna.

Paso 6: Conclusión estadística.

Con nivel de significación $\alpha = 0,05$ se demuestra que el nivel de fragmentación de la roca se ha visto reducido ante la presencia de un agente gasificante eco amigable para voladura en Minera La Zanja S.R.L.

5.3.4. Hipótesis específica 3

Paso 1: Definir la Hipótesis estadística H0 y H1

H1. La emisión de gases se ha visto reducidos ante la presencia de un agente gasificante eco amigable para voladura en Minera La Zanja S.R.L.” (H1: $r \neq 0$).

H1. La emisión de gases se mantuvo igual ante la presencia de un agente gasificante eco amigable para voladura en Minera La Zanja S.R.L.” (H1: $r = 0$)

Paso 2: Elegir un nivel de significancia y el estadístico de prueba

El nivel de significancia utilizado para esta hipótesis es de $\alpha = 0.05$. Para la correlación de variables se establece que se hizo uso de la correlación mediante el estadístico t Student, el cual denotó el valor de la correlación mediante la siguiente tabla:

Tabla 9:

Interpretación del coeficiente de correlación

COEFICIENTE DE CORRELACIÓN	INTERPRETACIÓN
Menor a 2.26 (en valor absoluto)	Aceptar hipótesis nula
Mayor a 2.26 (en valor absoluto)	Rechazar hipótesis nula

Fuente: Hernández, et al. (2010)

Paso 3: Cálculo del estadístico de prueba

Se tiene el resultado de la correlación en la siguiente tabla:

Tabla 10:

Comparación de la emisión de gases antes y después del uso del agente gasificante

		Prueba de muestras independientes								
		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
								Inferior	Superior	
H2S	Se asumen varianzas iguales	,072	,797	-6,033	6	,001	-9,42500	1,56225	5,60231	13,24769
	No se asumen varianzas iguales			-6,033	6,000	,001	-9,42500	1,56225	5,60225	13,24775

NO2	Se asumen varianzas iguales	4,277	,084	-3,312	6	,016	-,87500	,26418	,22857	1,52143
	No se asumen varianzas iguales			-3,312	3,203	,041	-,87500	,26418	,06367	1,68633

Paso 4: Regla de decisión.

Las reglas de decisión se detallan en la parte de técnicas de procesamiento de datos, estas derivan en la obtención de un nivel de significancia al 5% como mínimo, esto implica que, al realizarse las pruebas estadísticas, los p – valor de las pruebas t Student no deben de superar el valor de 0.05 para poder aceptar la hipótesis alterna de relación entre las variables a estudiar, mientras que si se supera el valor a 0.05 se acepta la hipótesis nula. Adicional a ello se espera que los valores sean superiores al valor máximo que se establece como “correlación nula” el cual es equivalente a 2.26.

Paso 5: Toma de decisión.

Se compara en un principio el nivel de coeficiente de correlación con respecto del coeficiente de correlación nulo, es decir, con $t_{\text{nulo}} = 2.26$, de forma tal que $t_c > t_{\text{nulo}}$, para el presente caso se tiene en casi todos los casos, que son valores superiores a ese umbral (en valor absoluto), entonces se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna.

Paso 6: Conclusión estadística.

Con nivel de significación $\alpha = 0,05$ se demuestra que las emisiones de gases redujeron ante la presencia de un agente gasificante eco amigable para voladura en Minera La Zanja S.R.L.

5.4. Discusión de resultados

La presente investigación tuvo como principales objetivos el determinar la influencia de la gestión de procesos en la optimización de costos al utilizar un agente gasificante eco amigable y la influencia de la gestión de procesos en la optimización de costos al utilizar un agente gasificante eco amigable para voladura en Minera La Zanja S.R.L., esta transición se ha comprobado mediante pruebas estadísticas, encontrándose que generalmente se han evidenciado que el consumo del agente gasificante tiene una relación significativa. Ahora bien, la gestión de procesos y los costos tienen una relación negativa (lo que indica que hay evidencia de una reducción de costos), pues a medida que se mejoran los indicadores de gestión tales como un menor factor de potencia, se mejora la fragmentación y se reducen las emisiones de gases, esto hace que no sea necesario una mayor cantidad de explosivos a causa del esponjamiento del PYROSAN – G y de su menor necesidad de explosivos por taladro, se obtengan los beneficios en los indicadores de gestión y los costos se vean reducidos.

Estos resultados, muestran en principio se tiene un efecto del consumo de agente gasificante ecoamigable en solo uno de los gases, es decir, que el efecto es notorio sobre las emisiones de H₂S, mientras que en el caso del NO₂ esta relación parece no ser tan significativa, no obstante, haciendo una revisión a conciencia de la información, se puede notar que los datos del NO₂ son muy cercanos a cero, razón por la cual esta termina actuando como una constante para la estadística. Adicional a ello, por su bajo costo, el consumo del agente

reduce costos y por ende hace que el ahorro de costos se reproduzca también en una menor emisión del gas H₂S.

Esta primera consecuencia es importante, pues describe una relación positiva, no obstante, ello también puede afectar parte de las actividades de voladura, como en la velocidad de detonación o el nivel de fragmentación. No obstante, ello puede ser parte de investigaciones más avanzadas que tengan un enfoque mucho más profundo sobre estos temas. En lo concerniente a la investigación se ha detallado que los componentes de la gestión de procesos de la voladura y el ahorro de costos tienen un efecto en cadena por el consumo del agente gasificante ecoamigable.

Al respecto, la literatura del tema, se enfocan en la gestión de los procesos como parte de la planificación y priorización de acciones que permitan a la empresa gestionar y obtener objetivos de corto y largo plazo, así como la factibilidad de este tipo de actividades, de la misma manera que se aplica estos conceptos en una empresa que se dedica a la fabricación de máquinas automatizadas [1].

Así también, se puede expresar que estas acciones tomadas en consideración en el proceso logran incrementar la productividad, en este sentido esto es lo que se logró demostrar en una investigación donde la gestión de procesos tuvo efectos del 25% sobre la productividad [3]. Ahora, en el sentido de actividades de empresas con actividades peligrosas, como una planta de ácidos que buscan implementar mejoras operativas y de gestión sobre la cadena productiva obteniéndose una disminución de costos [5].

A todo ello se puede comprender que la información que se han obtenido dentro de la literatura de gestión de procesos es similar a lo encontrado en los resultados de la presente investigación.

CONCLUSIONES

La presente investigación presentó como idea fundamental determinar la influencia de la gestión de procesos en la optimización de costos al utilizar un agente gasificante eco amigable para voladura en Minera La Zanja S.R.L. Para ello, se ha realizado un contraste de las conjeturas de esta investigación encontrándose como conclusiones lo siguiente:

Se ha obtenido una influencia de la gestión de procesos en la optimización de los costos, esto a saber que la influencia de la gestión de procesos de voladura y los costos, se tiene que los indicadores de gestión de procesos el nivel de fragmentación P50 tiene una relación negativa con los costos y una relación positiva con el factor de potencia y la emisión de gases H₂S. Esto se pudo determinar gracias a las pruebas estadísticas t Student que denotan un indicador del factor de potencia igual a 0.777 y un nivel de significancia de 0.012, para el indicador de fragmentación un valor t Student de 0.801 y una significancia de 0.008 y para el nivel de emisión de gases de 0.889 con una significancia de 0.022. Esto quiere decir que, en la medida que se ha disminuido el nivel de fragmentación, el factor de potencia y la emisión de gases (gracias al agente gasificante ecoamigable) se han reducido los costos asociados a la actividad de voladura.

Al respecto de la primera hipótesis específica de la investigación que dicta: el factor de potencia de los explosivos se ha visto reducido ante la presencia de un agente gasificante eco amigable para voladura en Minera La Zanja S.R.L. Esta se ha podido evidenciar gracias a la revisión de la prueba estadística t Student con un valor de -3,656 y un nivel de significancia de 0.015, lo cual nos indica que dada la presencia de un agente gasificante ecoamigable se ha tenido una reducción del factor de potencia, lo cual indica que se requiere cada vez menos kilogramos de explosivos para poder realizar las labores de voladura, esto gracias a las propiedades del agente gasificante ecoamigable.

Al respecto de la segunda hipótesis específica de la investigación que dicta: el nivel de fragmentación de la roca se ha visto reducido ante la presencia de un agente gasificante eco amigable para voladura en Minera La Zanja S.R.L. Esta se ha podido evidenciar gracias a la revisión de la prueba estadística t Student con un valor de -4,419 y un nivel de significancia de 0.007, lo cual nos indica que dada la presencia de un agente gasificante ecoamigable se ha tenido una reducción del nivel de fragmentación, es decir, el tamaño de los materiales, haciéndolos más finos y por tanto aumentando la probabilidad de que en ellos se pueda encontrar minerales preciosos.

Al respecto de la tercera hipótesis específica de la investigación que dicta: las emisiones de gases se han visto reducidos ante la presencia de un agente gasificante eco amigable para voladura en Minera La Zanja S.R.L. Esta se ha podido evidenciar gracias a la revisión de la prueba estadística t Student con un valor de -6,033 y un nivel de significancia de 0.001, lo cual nos indica que dada la presencia de un agente gasificante ecoamigable se ha tenido una reducción de las emisiones de gases. Esto quiere decir que la presencia del agente ecoamigable termina reduciendo la emisión de los gases, lo que comprueba su capacidad amigable con el ecosistema.

RECOMENDACIONES

Dado los resultados obtenidos en la presente investigación tras la experimentación del uso del agente gasificante, se sugiere.

- A la empresa, se recomienda usar en cada uno de sus procesos de voladura, el agente gasificante, puesto que reduce costos, y mejora sustancialmente casi todos los procesos ingenieriles, es decir, existe beneficio para la empresa, desde el lado económico. Así mismo este agente, al ser ecoamigable, reduce sustancialmente los niveles de H₂S.
- También se sugiere a la empresa, realizar inversión en investigación la cual le permita identificar un nuevo agente gasificante para voladuras que le permita ser aún más amigable, con el medio ambiente.
- Se recomienda, a otras empresas minera que, dentro de su proceso productivo, requieran realizar voladuras, utilicen el agente gasificante empleado por Minera La Zanja S.R.L, a fin de optimizar sus costos, y contribuir colateralmente con el medio ambiente, al existir menor cantidad de gases tóxico, al producirse la explosión por las voladuras.

- [1] MAGUIÑA, Ita Hedwin Alfonso. *Mejora en los procesos de una empresa fabricantes de maquinas de automatización* [online]. B.m., 2013 [vid. 2018-12-06]. Pontificia Universidad Católica. Dostupné z: http://www.up.edu.pe/carrera/administracion/SiteAssets/Lists/JER_Jerarquia/EditForm/20100624104757_ie.pdf
- [2] MORALES, Diaz Luisa, Quispe Grecia MANCILLA a Malca Claudia LUK. *Plan de negocios "Consultora especializada en optimizacion de costos y procesos en empresas constructoras"*; [online]. B.m., 2016 [vid. 2018-12-07]. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Dostupné z: <http://hdl.handle.net/10757/620712>
- [3] BALABARCA FLORES, Melany Karina. *Gestión por procesos para la mejora de la productividad en el área de créditos de la empresa Grupo peruano de inversiones S.A.C., Comas, 2017* [online]. B.m., 2017 [vid. 2018-12-07]. Universidad Cesar Vallejo. Dostupné z: http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/10102/Balabarca_FMK.pdf?sequence=1
- [4] ABAD, Fernandez Felix David. *“OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE DISEÑO DE LA DISTRIBUCION, ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE DE PRODUCTOS EN LA EMPRESA ALICORP S.A.A, CALLAO 2017.”* [online]. B.m., 2017 [vid. 2018-12-07]. Universidad Privada del Norte. Dostupné z: <http://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/11518/Tesis - Felix Abad Fernandez.pdf?sequence=1>
- [5] MORY, Alvizuri Bedric Ariel, Perez Denilson MONTESINOS, Herrera Jorge Santiago BOHORQUEZ, Arenas Luis Fernando GORVENIA a Acha Victor Armando MENA. *Diagnóstico Operativo Empresarial de la Planta de Ácido Sulfúrico y Oxígeno de Southern Perú Copper Corporation* [online]. B.m., 2018 [vid. 2018-12-07]. Pontificia Universidad Católica del Perú . Dostupné z: http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/11608/MORY_MONTE

SINOS_DIAGNOSTICO_COPPER.pdf?sequence=1

- [6] PARODI, Cecilia. *Mejora de Procesos: Optimización en la gestión de despacho de bultos, por parte de un depósito externo, a los locales de una empresa financiera* [online]. B.m., 2014 [vid. 2018-12-07]. Universidad Nacional de Córdoba. Dostupné z: [https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/1931/Parodi%2C Cecilia. Trabajo Final--.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/1931/Parodi%2C%20Cecilia.%20Trabajo%20Final--.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- [7] PALMER, Nathaniel. ¿Qué es BPM? *Enabling the Digital Enterprise* [online]. 2014, **45**(2), 45–59 [vid. 2018-12-08]. Dostupné z: <https://bpm.com/what-is-bpm>
- [8] PÉREZ FERNÁNDEZ DE VELASCO, José Antonio. *Gestión por procesos* [online]. 3 ed. Madrid: Esic, 2009 [vid. 2018-12-08]. ISBN 9788473565882. Dostupné z: [https://books.google.com.pe/books?hl=en&lr=&id=koSkh64nRb4C&oi=fnd&pg=PA13&dq=GESTION+DE+PROCESOS&ots=7RPOwk4sPt&sig=5SC1xUegs91oSUDPmKi_8tiyvOQ#v=onepage&q=GESTION DE PROCESOS&f=false](https://books.google.com.pe/books?hl=en&lr=&id=koSkh64nRb4C&oi=fnd&pg=PA13&dq=GESTION+DE+PROCESOS&ots=7RPOwk4sPt&sig=5SC1xUegs91oSUDPmKi_8tiyvOQ#v=onepage&q=GESTION%20DE%20PROCESOS&f=false)
- [9] GARTNER, J. Gestión de procesos empresariales - BPM - Gartner de TI de Gartner. *Gestion de Proceso de Negocio* [online]. 2014, **14**(5), 78–125 [vid. 2018-12-08]. Dostupné z: <https://www.gartner.com/it-glossary/business-process-management-bpm/>
- [10] RUIZ- FUENTES, Daysi, Rosa Mercedes ALMAGUER- TORRES, TORRES- TORRES ISABEL CRISTINA a HERNANDEZ- PEÑA ALEJANDRO MIGUEL. La gestión por procesos, su surgimiento y aspectos teóricos. *Ciencias Holguín* [online]. 2014, **45**(20), 45–68 [vid. 2018-12-08]. Dostupné z: <https://www.redalyc.org/html/1815/181529929002/>
- [11] ARCELAY,]Salazar Andoni. Gestion de procesos. *Revista de Calidad Asistencial* [online]. 1999, **14**(24), 241–258 [vid. 2018-12-08]. Dostupné z: <http://www.calidadasistencial.es/images/gestion/biblioteca/302.pdf#page=4>
- [12] JESTON, John a Johan NELIS. *Gestión de procesos empresariales* [online]. 3 ed. New York : Routjedge London and New York, 2017 [vid. 2018-12-08]. ISBN 978-0-415-64175-

3. Dostupné

z: https://books.google.nl/books?hl=en&lr=&id=8Q6pAgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=business+process+management&ots=JFic1VgUHS&sig=JefhVLYpfZ6hG-7_rrmWzqHqZiM#v=onepage&q=business process management&f=false

- [13] THORN, William. Gestión de personas, procesos y rendimiento en la gestión de proyectos - Gestión de proyectos Hut. *The project MAnagement* [online]. 2009, **24**(15), 25–45 [vid. 2018-12-08]. Dostupné z: <https://pmhut.com/people-process-and-performance-management-in-project-management>
- [14] KAPLAN, Robert S. a David P. NORTON. *Mapas estratégicos : convirtiendo activo intangibles en resultados tangibles* [online]. Barcelona : Gestión 2000, 2004 [vid. 2018-12-08]. ISBN 848088486X. Dostupné z: <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=UCC.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=094513>
- [15] FERNÁNDEZ, Mario A. *El control, fundamento de la gestión por procesos : y la calidad total* [online]. 2 ed. Madrid: ESIC Editorial, 2003 [vid. 2018-12-08]. ISBN 9788473563512. Dostupné z: https://books.google.com.pe/books?hl=en&lr=&id=PwZuv94SpMkC&oi=fnd&pg=PA11&dq=GESTION+DE+PROCESOS&ots=3-wFQn25IR&sig=9peb8Y0-xEKfTFZFE3O152p_r-A#v=onepage&q=GESTION DE PROCESOS&f=false
- [16] CABAÑAS, Cristina, Claudio DI CICCIO, Jan MENDLING a Anne BAUMGRASS. Predictive Task Monitoring for Business Processes. In: *Conferencia Internacional sobre gestion de procesos de negocio* [online]. B.m.: Springer, Cham, 2014, s. 424–432 [vid. 2018-12-08]. Dostupné z: [doi:10.1007/978-3-319-10172-9_31](https://doi.org/10.1007/978-3-319-10172-9_31)
- [17] WARWOOD, Stephen J. a Graeme KNOWLES. An investigation into Japanese 5-S practice in UK industry. *The TQM Magazine* [online]. 2004, **16**(5), 347–353 [vid. 2018-12-08]. Dostupné z: [doi:10.1108/09544780410551287](https://doi.org/10.1108/09544780410551287)

- [18] GAPP, Rod, Ron FISHER a Kaoru KOBAYASHI. Implementing 5S within a Japanese context: an integrated management system. *Management Decision* [online]. 2008, **46**(4), 565–579 [vid. 2018-12-08]. Dostupné z: doi:10.1108/00251740810865067
- [19] MILGROM, Paul a John ROBERTS. *La economía de la manufactura moderna: tecnología, estrategia y organización* [online]. B.m.: American Economic Association. 1990 [vid. 2018-12-08]. Dostupné z: doi:10.2307/2006681
- [20] CARRILLO, Leon Wilmer Julian. Uso de explosivos en demoliciones por voladuras controladas. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina* [online]. 2003, **4**(13), 109–115 [vid. 2018-12-08]. Dostupné z: <https://www.redalyc.org/html/911/91101312/>
- [21] CUEVA, Arauzo. Técnicas Modernas en Voladuras Controladas en Minería a Cielo Abierto. *Instituto de ingenieros de minas del Perú* [online]. 2014, **1**(1), 12–45 [vid. 2018-12-08]. Dostupné z: <https://www.convencionminera.com/perumin32/doc/conferencias/tecnologia/ocueva-tt.pdf>
- [22] SÁNCHEZ, H a C REYES. *Metodología y diseños en la investigación científica* [online]. 2. vyd. 2006. Dostupné z: https://www.researchgate.net/profile/Francisca_Chacon2/publication/303975088_Variabilidad_temporal_de_las_precipitaciones_en_la_cuenca_del_rio_Guadalfeo_Provincia_de_Granada/links/5761359f08aeada5bc4d4ef/Variabilidad-temporal-de-las-precipitaciones-en-la
- [23] HERNANDEZ, Sampieri Roberto, Collado Carlos FERNANDEZ a Lucio Maria del Pilar BAPTISTA. *Metodología de la investigación* [online]. 2010. ISBN 9786071502919. Dostupné z: doi:- ISBN 978-92-75-32913-9
- [24] GOMEZ BASTAR, Sergio. *Metodologia de la investigacion* [online]. 2012. ISBN 9786077331490. Dostupné z: doi:- ISBN 978-92-75-32913-9.

APÉNDICES

Matriz de consistencia

TITULO: “GESTIÓN DE PROCESOS Y OPTIMIZACIÓN DE COSTOS EN VOLADURA APLICANDO UN AGENTE ECO AMIGABLE– MINERA LA ZANJA, 2018”

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA	POBLACIÓN Y MUESTRA	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
a) Problema general	a) Objetivo general	a) Hipótesis general	Variable dependiente:	Tipo: Aplicada	Tipo de muestreo:	Técnicas
<p>¿Cómo influye el uso de un agente gasificante eco amigable para voladura, en la gestión de procesos en Minera La Zanja S.R.L.?</p> <p>¿Cómo influye la gestión de procesos en la optimización de costos al utilizar un agente gasificante eco amigable para voladura en Minera La Zanja S.R.L.?</p>	<p>Determinar la influencia del uso de un agente gasificante eco amigable para voladura en la gestión de procesos de Minera La Zanja S.R.L.</p> <p>Determinar la influencia de la gestión de procesos en la optimización de costos al utilizar un agente gasificante eco amigable para voladura en Minera La Zanja S.R.L.</p>	<p>El uso de un agente gasificante eco amigable para voladuras tiene influencia significativa directa en la gestión de procesos en Minera La Zanja S.R.L.</p> <p>La gestión de procesos tiene influencia significativa indirecta en la optimización de costos al utilizar un agente gasificante eco amigable para voladuras en Minera La Zanja S.R.L.</p>	<p>Optimización Costos:</p> <p>Dimensiones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ahorro en costos 	<p>Nivel: Descriptivo - Comparativo - Correlacional</p>	<p>Censal</p>	<p>Técnica: Observacional estructurada, análisis registral</p>
b) Problemas específicos	b) Objetivos específicos	b) Hipótesis específicos	Variable independiente:	Diseño:	Población	Instrumentos
<p>¿Cómo es la conducta del control de densidades ante la presencia de un agente gasificante eco amigable</p>	<p>Describir el control de densidades ante la presencia de un agente gasificante eco amigable</p>	<p>Ante la presencia de un agente gasificante eco amigable para voladura en Minera La Zanja S.R.L. la</p>	<p>Agente Gasificante eco amigable:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Con Gente gasificante eco 	<p>No experimental y de corte transversal</p>	<p>Empresa Minera La Zanja S.R.L.</p>	<p>Instrumento: Observación estructurada y ficha de registro documental.</p>

para voladura en Minera La Zanja S.R.L.?	para voladura en Minera La Zanja S.R.L.	diferencia de densidades inicial y final es mayor.	<p>amigable para voladura.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sin agente gasificante eco amigable para voladura. <p>Gestión de procesos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Control de densidades • Factor de potencia y velocidad de detonación • Vibración • Fragmentación • Monitoreo de gas 	Escala de Medición: Cardinal.	Muestra: No probabilística	Métodos de análisis de datos
¿Cómo es el cambio del factor de potencia y velocidad de detonación de los explosivos ante la presencia de un agente gasificante eco amigable para voladura en Minera La Zanja S.R.L.?	Detallar el cambio del factor de potencia y velocidad de detonación de los explosivos ante la presencia de un agente gasificante eco amigable para voladura en Minera La Zanja S.R.L.	El factor de potencia y velocidad de detonación de los explosivos tienen un mejor desempeño ante la presencia de un agente gasificante eco amigable para voladura en Minera La Zanja S.R.L.				
¿Cómo es el comportamiento de la vibración ante la presencia un agente gasificante eco amigable para voladura en Minera La Zanja S.R.L.?	Describir el comportamiento de la vibración ante la presencia un agente gasificante eco amigable para voladura en Minera La Zanja S.R.L.	Existe un mejor comportamiento de la vibración ante la presencia un agente gasificante eco amigable para voladura en Minera La Zanja S.R.L.				
¿Cómo es el nivel de fragmentación ante la presencia de un agente gasificante eco amigable para voladura en Minera La Zanja S.R.L.?	Describir el nivel de fragmentación ante la presencia de un agente gasificante eco amigable para voladura en Minera La Zanja S.R.L.	Hay un mayor nivel de fragmentación ante la presencia de un agente gasificante eco amigable para voladura en Minera La Zanja S.R.L.				
¿Cómo son los cambios en el monitoreo de gases ante la presencia de un agente gasificante eco amigable para voladura en Minera La Zanja S.R.L.?	Detallar los cambios en el monitoreo de gases ante la presencia de un agente gasificante eco amigable para voladura en Minera La Zanja S.R.L.	En el monitoreo de gases, existe una menor presencia de gases nocivos ante la presencia de un agente gasificante eco amigable para voladura en Minera La Zanja S.R.L.				



AGENTE DE VOLADURA

PYROSAN-G®

EMULSION MATRIZ

Emulsión gasificable para terrenos reactivos - taladros calientes

Descripción y composición



El PYROSAN-G® es una emulsión a granel del tipo agua en aceite, con componentes inhibidores de reacción del nitrato de amonio y minerales que en su composición tienen presencia de pirita, siendo posible aplicarlo en terrenos calientes con temperaturas de hasta 100°C. El PYROSAN-G® se caracteriza por tener una alta velocidad de detonación, alta presión de detonación, buena resistencia al agua y resistente a los estímulos mecánicos (golpe y fricción) proporcionando una buena calidad de gases de voladura.

Usos



El PYROSAN-G® se utiliza en minería a tajo abierto y se mezcla in situ con una solución gasificante, que lo sensibiliza antes de su carguío en los taladros con la ayuda de un camión fábrica que ha sido especialmente diseñado con un sistema de PLC, que permite una adecuada sensibilización de la matriz.

Se ha diseñado para trabajar en terrenos cuya temperatura se encuentren entre -5°C y 100°C.

El PYROSAN-G® sensibilizado debe ser iniciado por una prima conformada por un Booster HDP, de un peso concordante con el peso de las columnas explosivas usadas y con un detonador FANEL hasta una temperatura de 65 °C. Para temperaturas mayores a 65 °C se recomienda contactarse con el Área de Asistencia Técnica de Famesa Explosivos.

El máximo tiempo de espera para detonar taladros cargados con PYROSAN-G® en taladro con terrenos calientes hasta 100 °C con presencia de mineral de pirita es de 12 horas, aunque dicho tiempo está supeditado a aspectos como diámetro de taladro, densidad de la roca, presencia de agua en el terreno y sistema de iniciación utilizado.

Deben transcurrir unos 20 minutos por lo menos entre el carguío del PYROSAN-G® y la colocación del "taco" en el taladro.

Entre las ventajas de usar el PYROSAN-G® se tiene:

- Puede utilizarse en rocas de cualquier dureza y en terrenos secos, húmedos e inundados.
- Al cargar los taladros, columnas explosivas se acoplan por completo, desarrollando con dicha condición toda la energía depositada en ellas.
- Su uso representa un trabajo con seguridad, en terrenos reactivos y temperatura de taladros hasta 100 °C.
- Por su alto poder rompedor es posible ampliar las plantillas de perforación y de reducir los costos involucrados.
- Por la practicidad de su manejo permite reducir los tiempos de carguío.

PYROSAN-G®

EMULSION MATRIZ

Características técnicas

	PYROSAN-G®
DENSIDAD RELATIVA DE LA MATRIZ (g/cm ³)	1,35
DENSIDAD RELATIVA DE LA MATRIZ SENSIBILIZADA * (g/cm ³)	1,01 a 1,20
VISCOSIDAD DE LA MATRIZ EN CONDICIONES NORMALES** (cP)	14 000
VELOCIDAD DE DETONACIÓN DE LA MATRIZ SENSIBILIZADA *** (m/s)	4 400 a 5 500
PRESIÓN DE DETONACIÓN (kbar)	49 a 91
VOLUMEN NORMAL DE GASES *** (L/kg)	1196
DIÁMETRO CRÍTICO (mm)	102 (4 pulgadas)
POTENCIA RELATIVA EN PESO **** (%)	66
POTENCIA RELATIVA EN VOLUMEN **** (%)	96
RESISTENCIA AL AGUA	Excelente
CATEGORÍAS DE HUMOS	Primera

* La densidad depende de la temperatura y concentración del gasificante.

** Medido con BROKFIELD HA DVII A 50 RPM

*** Confinado en tubo de 4 pulgadas de diámetro.

**** Potencia relativa referidas al ANFO con potencia convencional de 100.

Presentación

El PYROSAN-G® es presentado a granel y transportado en forma segura en camiones cisternas.

MANIPULEO Y ALMACENAMIENTO

Los explosivos y accesorios de voladura de FAMESA EXPLOSIVOS S.A.C. son productos seguros, pero en manos inexpertas se constituyen en elementos peligrosos.

El adquirente o usuario debe cumplir con lo establecido por las normas correspondientes, al momento de su transporte, almacenaje y uso, así como entrenar debidamente a todo el personal encargado de su manipuleo.

FAMESA EXPLOSIVOS S.A.C., no asume responsabilidad alguna por el transporte, almacenaje y/o uso inadecuado que pudiera darse a sus productos.

El transporte, almacenamiento, manipuleo y uso debe hacerse en concordancia con las regulaciones y aprobaciones por la autoridad competente.

Debe ser almacenado en polvorines ubicados en zonas seguras, protegidos de la lluvia y el calor; y en concordancia con la tabla de compatibilidad vigente de la autoridad competente.

ATENCIÓN

La información y recomendación aquí descrita no cubren necesariamente todas las aplicaciones del producto ni las distintas condiciones bajo las cuales éste sea utilizado. Éstas se basan en la experiencia, investigación y pruebas realizadas por Famesa Explosivos S.A.C., quien no garantiza resultados favorables ni asume responsabilidad alguna, expresa o implícita en conexión con el uso de estas sugerencias. Este producto puede ser modificado sin previo aviso.

FAMESA EXPLOSIVOS S.A.C.

Plantas de Producción, Oficinas Administrativas y Comercialización

Km. 28 Autopista Ancón - Puente Piedra - Lima 22 - Perú

Teléfonos: (51-1) 6139800 - 6139855 - 6139865 Fax: (51-1) 6139806 - 6139867

E-mail Central: famesa@famesa.com.pe

E-mail Ventas: famventas@famesa.com.pe

Web Site: www.famesa.com.pe



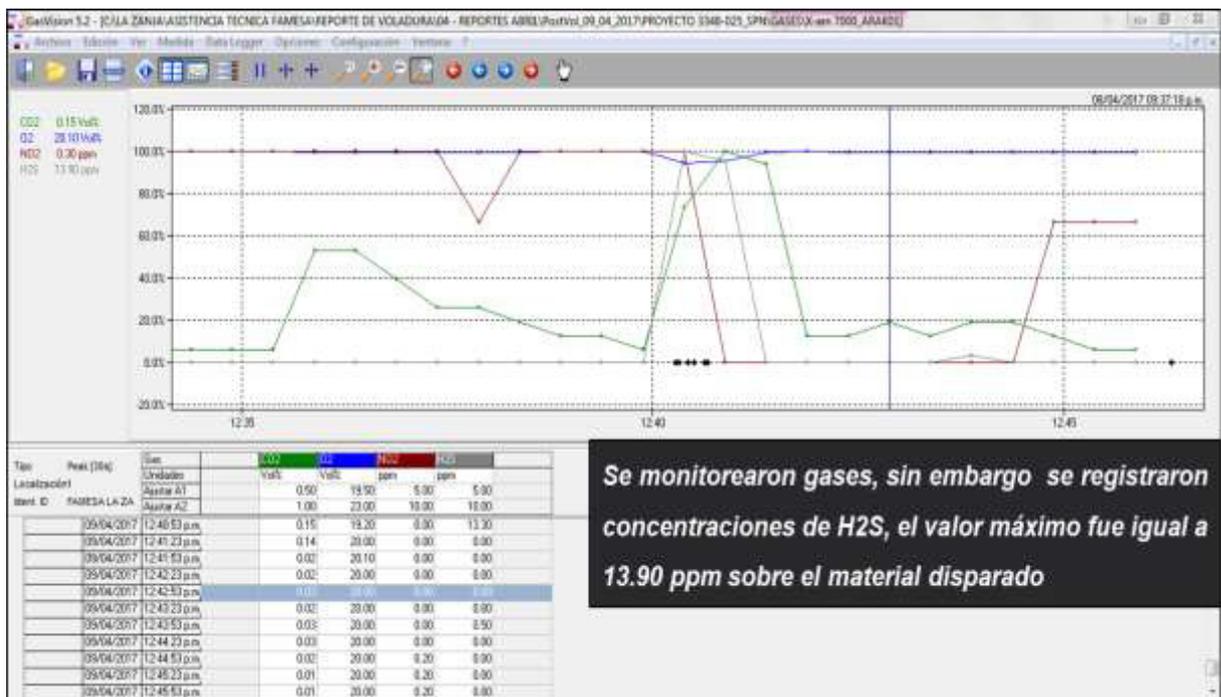
Monitoreo de gases en el interior de los taladros

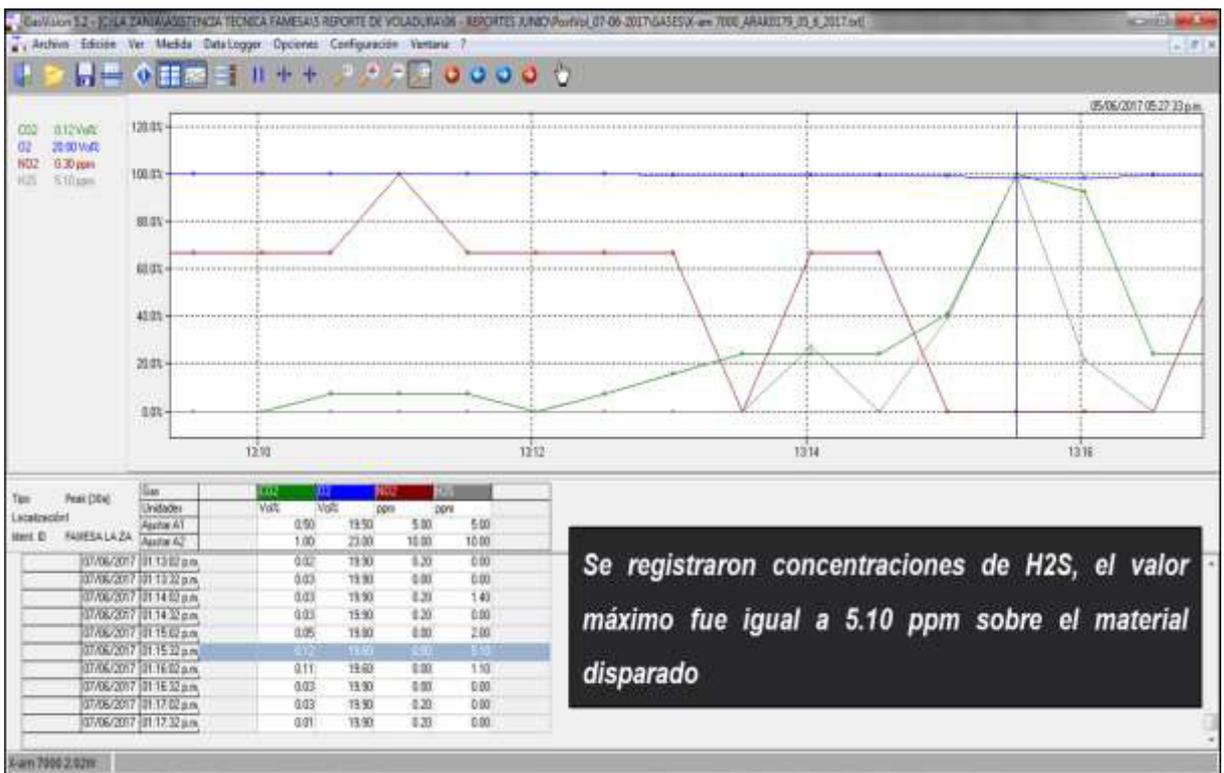
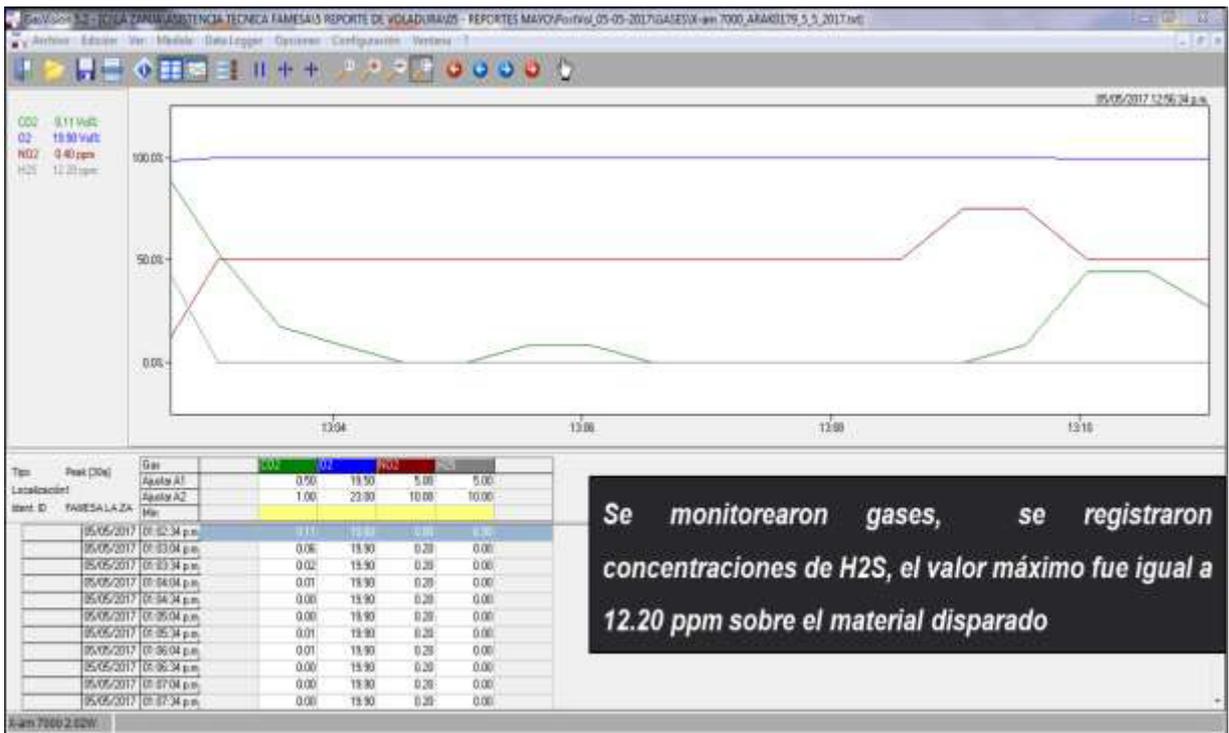


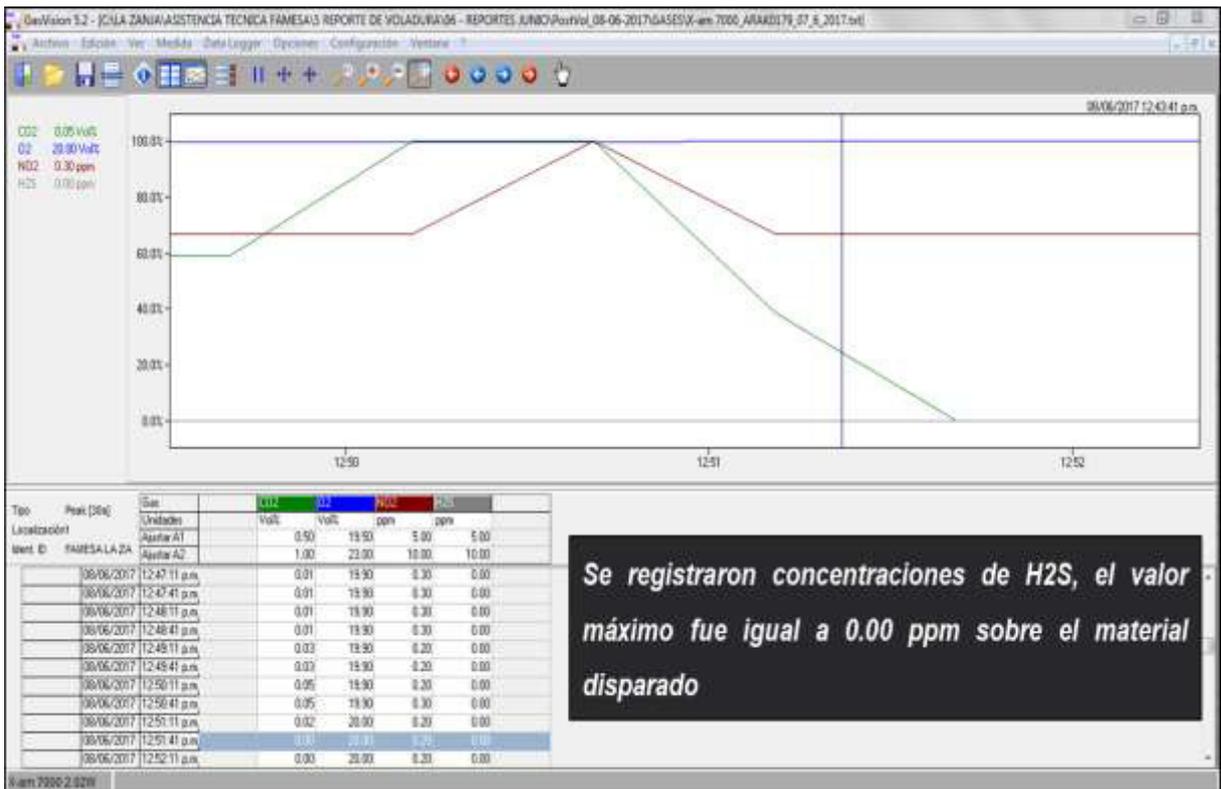
Monitoreo de gases post voladura



Registros del monitoreo de gases







Material disparo con explosivo SLURREX-TCG OTRO PROVEEDOR



Material disparado con explosivo PYROSAN-G ® FAMESA EXPLOSIVOS S.A.C.



Análisis de fragmentación

PROCESO DE ANÁLISIS CON EL SOFTWARE SPLITENGINEERING

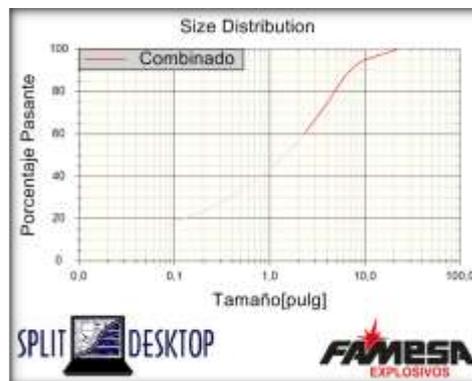
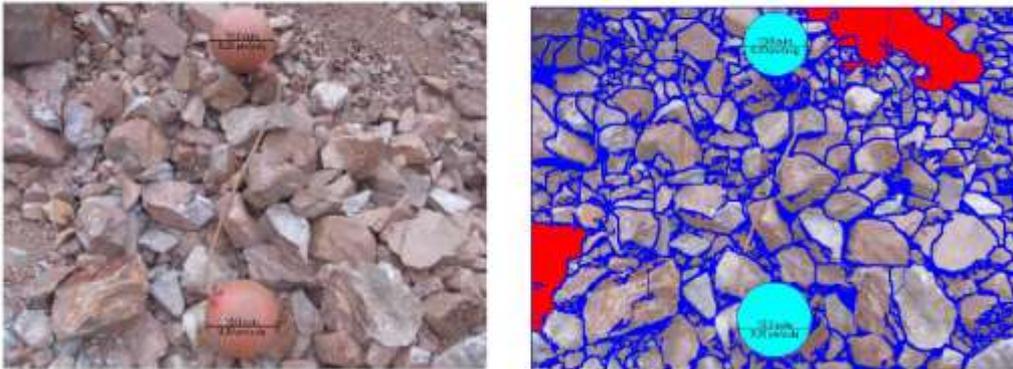


Gráfico de la distribución granulométrica

