



---

---

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

---

FACULTAD DE INGENIERÍA

APLICACIONES DE LA PLANEACIÓN TÁCTICA PARA LA  
REDUCCIÓN DEL COSTO OPERATIVO EN UNA MINA DE  
FLUORITA EN EL ESTADO DE COAHUILA, MÉXICO.

MODALIDAD DE TITULACIÓN  
“INFORME ESCRITO”

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
INGENIERO DE MINAS Y METALURGISTA

PRESENTA:

ERICK CÁMARA CORONA

ASESOR:

M. EN A. GABRIEL RAMÍREZ FIGUEROA

CIUDAD UNIVERSITARIA, 2016



*A mis padres, Jaime y Vero*

# ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN	1
II. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA	3
II.1 ANTECEDENTES	3
II.2 VALORES CORPORATIVOS	3
II.3 MISIÓN	4
II.4 VISIÓN	4
II.5 LINEAMIENTOS ESTRATÉGICOS	5
III. ASPECTOS GENERALES DE LA UNIDAD MINERA	6
III.1 LOCALIZACIÓN	6
III.2 ACCESO E INFRAESTRUCTURA	7
III.3 GEOLOGÍA LOCAL DEL DISTRITO BUENAVISTA	8
III.4 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL	10
III.5 YACIMIENTOS MINERALES	11
III.5.1 GÉNESIS	11
III.5.2 FORMA Y DIMENSIONES	12
III.5.3 MINERALOGÍA Y ALTERACIONES	13
III.6 PRODUCCIÓN MINA	14
IV. CONTEXTO SITUACIONAL DE LA PLANEACIÓN MINERA	18
IV.1 MARCO TEÓRICO	18
IV.2 DEPARTAMENTO DE PLANEACIÓN MINA	18
IV.3 PLANEACIÓN ESTRATÉGICA Y TÁCTICA EN LA MINA	19

V. DESARROLLO DE LA TÁCTICA OPERATIVA	20
V.1 PROYECTO DE EXTENSIÓN DE LOS TURNOS EN BARRENACIÓN CON MÁQUINA DE PIERNA NEUMÁTICA	24
V.1.1 INTRODUCCIÓN	24
V.1.2 OBJETIVO	26
V.1.3 DESARROLLO	26
V.1.4 RESULTADOS	29
V.1.5 COMENTARIOS	31
V.2 PROYECTO DE OPTIMIZACIÓN DE LAS PLANTILLAS DE BARRENACIÓN EN OBRAS DE DESARROLLO Y PREPARACIÓN	32
V.2.1 INTRODUCCIÓN	32
V.2.2 OBJETIVO	34
V.2.3 DESARROLLO	34
V.2.4 PLANTILLA ÓPTIMA DE BARRENACIÓN	36
V.2.4.1 DISTRIBUCIÓN DE LOS BARRENOS	36
V.2.4.2 CUÑA	36
V.2.4.3 BORDO, ESPACIAMIENTO Y TACO	36
V.2.5 PROPUESTA DE CAMBIO DE BROCA	37
V.2.6 RESULTADOS	39
V.2.7. COMENTARIOS	43
VI. ANÁLISIS DE RESULTADOS	44
VI.1 PROPUESTA DE LA APLICACIÓN DE LA TÁCTICA OPERATIVA EN LA MINA	48
VII. CONCLUSIONES	50
VIII. BIBLIOGRAFÍA	51

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localización de La Unidad Minera en la República Mexicana.	6
Figura 2. Vista aérea de la Unidad Minera.	7
Figura 3. Fotografía de la zona habitacional.	7
Figura 4. Plano geológico del distrito Buenavista.	9
Figura 5. Columna lito-estratigráfica local.	10
Figura 6. Sección geológica de la Unidad Minera viendo al norte.	12
Figura 7. Fluorita ( $\text{CaF}_2$ ) procedente de la mina.	13
Figura 8. Ciclo de explotación de mineral.	15
Figura 9. Fotografía de la planta pre-concentradora de jiggs.	16
Figura 10. Planta de beneficio.	17
Figura 11. Concentrado de fluorita grado ácido, bajo arsénico.	17
Figura 12. Diagrama de diseño de la planeación táctica.	20
Figura 13. Etapas de realización de proyectos en la Unidad Minera.	23
Figura 14. Diagrama de la planeación del proyecto “Extensión de los turnos en barrenación con máquina de pierna neumática”	25
Figura 15. Gráfica de distribución de operaciones llevadas a cabo en el ciclo de barrenación con máquina de pierna neumática en un turno en la mina, año 2014.	27
Figura 16. Gráfica de desempeño en actividades de barrenación, turno de 10 horas.	29
Figura 17. Gráfica de desempeño en actividades de barrenación, turno de 12 horas.	30
Figura 18. Diagrama de la planeación del proyecto “Optimización de plantillas de barrenación en las obras de desarrollo y preparación”	33
Figura 19. Principales factores para el diseño de plantillas de barrenación en la mina.	35
Figura 20. Generalidades de la nueva broca.	38

Figura 21. Esquema de la plantilla de barrenación en obras de preparación 3 x 3 m.	40
Figura 22. Esquema de la plantilla de barrenación en obras de desarrollo 4 x 3 m.	42
Figura 23. Esquema de resultados de las aplicaciones de la planeación táctica.	49

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Cuadro de estructuración de proyectos en la Unidad Minera.	22
Tabla 2. Productividad laboral de los perforistas durante el año 2014, turnos de 8 horas.	27
Tabla 3. Resumen de resultados del proyecto de extensión de los turnos en el ciclo de barrenación con máquina de pierna neumática, turno de 10 horas.	29
Tabla 4. Resumen de resultados del proyecto de extensión de los turnos en el ciclo de barrenación con máquina de pierna neumática, turno de 12 horas.	30
Tabla 5. Especificaciones generales de la plantilla de barrenación, obras de preparación 3 x 3 m.	39
Tabla 6. Especificaciones generales de la plantilla de barrenación, obras de desarrollo 4 x 3 m.	41
Tabla 7. Tabla comparativa de resultados del proyecto de extensión de los turnos.	44
Tabla 8. Comparativa del turno de 12 horas con respecto al turno de 8 horas.	45
Tabla 9. Comparativa de resultados de las plantillas de barrenación en obras en estéril.	46
Tabla 10. Beneficios de aplicar la nueva plantilla de barrenación.	46
Tabla 11. Cuadro comparativo de productividad de las brocas.	47

## I. INTRODUCCIÓN

En la industria minera el ejercicio de la planeación es bastante complejo debido a que se deben tomar en cuenta distintas variables tanto internas como externas que son particulares de cada operación. La planeación minera se convierte en un proceso continuo que debe realizarse a lo largo del ciclo de vida del proyecto minero.

Para la explotación de un yacimiento mineral, se debe comenzar con una planeación estratégica que sea consistente con los objetivos de la compañía. La estrategia generalmente se enfoca a aquellos componentes y decisiones que conllevan a maximizar el valor del recurso. Y debido a las incertidumbres propias del negocio minero que inevitablemente se presentarán durante el ciclo de vida del proyecto, la fijación de estrategias debe ser evaluada continuamente y reestructurarse si es necesario.

En la etapa operativa que es donde se va generando mayor información del depósito y a su vez es donde acontecen situaciones imprevistas se vuelve necesario emplear planeación táctica cuyo propósito consiste en la implementación de proyectos específicos para cumplir con objetivos previamente fijados.

El objetivo de este informe es mostrar que mediante la correcta aplicación de la planeación táctica en una operación minera es posible desarrollar proyectos de ingeniería capaces de optimizar procesos y lograr una disminución del costo operativo.

Es muy importante que el personal en la etapa de producción tenga la habilidad de identificar parámetros operacionales, detectar áreas de oportunidad y asignar los recursos apropiados para implementar tácticas que se adecuen lo mejor posible con los objetivos de la empresa.



El presente informe se llevó a cabo en una mina subterránea en el estado de Coahuila, donde se extrae mineral no metálico; en dicha operación el departamento de planeación llevó a cabo tácticas operativas enfocadas a la etapa de barrenación como parte de una estrategia de producción que tienen el potencial de reducir los costos de explotación a corto plazo de una manera sencilla, eficiente y con una inversión adicional mínima.

## II. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA.

### II.1 Antecedentes

- En 1953, la compañía minera objeto de este informe, instala la primera planta concentradora para beneficiar el mineral proveniente de diversos sitios de la sierra Buenavista.
- Esta compañía minera ha mantenido una explotación sistemática de los mantos de fluorita en la región de forma continua desde la instalación de la planta de beneficio, produciendo concentrado de fluorita de grado ácido (97.5%), bajo arsénico. Teniendo una producción variable debido a la fluctuación de los precios del producto.
- En el año 2011 esta compañía minera, es adquirida por un grupo empresarial con mayor presencia a nivel nacional e internacional dedicado a la producción de fluorita.
- En el año 2012 pasa a formar parte de este grupo empresarial como una compañía subsidiaria manteniendo el mismo enfoque de producción de concentrado de fluorita grado ácido (97.5%), bajo arsénico.

Debido a los recientes ajustes esta compañía minera adoptó las políticas de trabajo y se alineó al sistema de gestión y a los objetivos del nuevo grupo empresarial.

### II.2 Valores corporativos

Los valores son los principios y creencias que unen y caracterizan el comportamiento que se busca para poder alcanzar los objetivos planteados. Este grupo empresarial asigna mayor importancia a los siguientes valores:

- Seguridad
- Resultados
- Responsabilidad
- Compromisos
- Integridad
- Liderazgo

### II.3 Misión

La misión es la manera en que se expresa qué es lo que se necesita para alcanzar una aspiración o visión al futuro, es una descripción del principal enfoque y del que hacer de la organización. Este grupo empresarial tiene la siguiente misión:

Transformar químicos en productos, servicios y soluciones innovadoras, para los diversos sectores industriales a través de una excelencia operativa y enfoque en las necesidades del mercado con el propósito de generar valor continuo para los clientes, colaboradores, socios accionistas y contratistas contribuyendo a mejorar la calidad de vida de la gente.

### II.4 Visión

La visión es una descripción de lo que se aspira lograr o qué posición se pretende alcanzar en el futuro, es el querer llegar a ser desde la perspectiva de los propietarios, en el largo plazo. Este grupo empresarial mantiene la siguiente visión:

Consolidarse mundialmente como una compañía química líder, enfocada a generar resultados, contribuir al progreso y mejorar la calidad de vida de las personas.

## II.5 Lineamientos Estratégicos

La organización empresarial cuenta con los siguientes lineamientos estratégicos enfocados a la producción de flúor:

- Mantener un crecimiento sostenido y sano, que permita una integración vertical, en la que se puedan fortalecer las cadenas productivas, y asegurar así el liderazgo.
- Maximizar la integración de las distintas líneas de negocio generando sinergias.
- Minimizar el riesgo económico inherente y los impactos negativos sobre el negocio, causados por los ciclos en la industria.
- Lograr la excelencia operativa como factor primario en la generación de ventajas competitivas como productor de bajo costo.
- Contar con el desarrollo tecnológico de punta que permita mantener el liderazgo en productos y procesos.
- Contar con la mejor gente a través de implantar procesos que hagan posible atraer, retener y desarrollar el talento.
- Generar valor tanto en el ámbito social y ambiental como en el de seguridad industrial.

### III. ASPECTOS GENERALES DE LA UNIDAD MINERA<sup>1</sup>

#### III.1 Localización

Esta mina se encuentra dentro del rancho Buenavista, localizado a 130 kilómetros en línea recta al NW de la ciudad de Melchor Múzquiz, Coahuila.

Geográficamente está limitada por las coordenadas 28°30' y 28°45' de latitud norte y los meridianos 102°20' y 102°40' de longitud oeste. Dentro del contexto fisiográfico, se ubica en las provincias de la Planicie Costera del Golfo y Sierra Madre Oriental, subprovincia de las Sierras del Norte.

En la figura 1 se presenta la localización de la Unidad Minera.



**Figura 1. Localización de la Unidad Minera en la República Mexicana.**

<sup>1</sup> Información provista por la compañía

### III.2 Acceso e Infraestructura

La Unidad Minera es de fácil acceso por la carretera estatal 92 la cual se encuentra pavimentada y en buenas condiciones desde la ciudad Melchor Múzquiz por aproximadamente 130 km donde hay que tomar una desviación a mano izquierda para seguir un camino de terracería por 46 km que atraviesa parte de la sierra de “Buenavista” hasta llegar al campamento minero.

Cuenta con área de oficinas, colonia para el personal y para los ingenieros, talleres, almacén; servicios de energía eléctrica, agua potable, y telecomunicaciones.

En la figura 2 se puede apreciar en vista aérea la Unidad Minera, y en la figura 3 se presenta una fotografía de la zona habitacional.



**Figura 2. Vista aérea de la Unidad Minera.**



**Figura 3. Fotografía de la zona habitacional.**

### III.3 Geología local del distrito Buenavista

El marco geológico regional, está constituido por una secuencia principalmente calcárea y en menor proporción secuencias calcáreo-arcillosas. Las unidades litoestratigráficas que conforman la columna geológica regional son George Town (Ka Cz), Del Río (Kce Lu-Cz), Buda (Kce Cz) y Eagle Ford (Kcet Lu-Cz), que en edad comprenden de la parte superior de Cretácico inferior a la parte baja del Cretácico superior. La primera consiste en una caliza masiva con abundantes restos fósiles, le sobreyace un paquete de estratos laminares de lutitas y limolitas de la formación Del Río, la cual está cubierta concordantemente por una secuencia de calizas en estratos delgados a grueso de la formación Buda y por último se tiene una secuencia de caliza arcillosa que se intercala con lutita calcárea que conforman la formación Eagle Ford. El emplazamiento de la mineralización ocurre en el mayor de los casos en cuerpos discontinuos, alabeados y de pequeñas dimensiones siguiendo los contactos intrusivo/calizas.

Eagle Ford.- Litológicamente consiste de una alternancia rítmica de horizontes delgados con estructura laminar de lutita calcárea, intercalada con caliza limo-arcillosa, localmente contaminada con arenas de grano muy fino e igualmente laminares, que le proporcionan a la roca un aspecto lajoso.

Buda .- Litológicamente consiste en un cuerpo muy homogéneo de caliza pura que texturalmente corresponde a un mudstone que en roca fresca tiene un color gris a gris claro, intemperiza en gris cenizo y gris crema, dispuesta en estratos delgados a medios de 15, 20, 40 y hasta 60 centímetros como máximo, siendo las primeras las predominantes.

Del Rio.- La litología que integra esta unidad consiste de un paquete de lutita que intemperiza en diversos colores, siendo el color rojizo el más común, aunque en ocasiones se presenta beige, pardo amarillento o pardo morado. La lutita presenta una estratificación laminar, muy deleznable, compacta y formando intervalos de 15 a 20 cm de espesor.

Georgetown.- Litológicamente consiste de una secuencia de caliza pura con textura muy variable de mudstone a grainstone, contiene gran cantidad de fragmentos biógenos. En roca fresca presenta un color gris claro a gris poco oscuro, que intemperiza en color pardo, rojizo, amarillo y morado.

En la figura 4 se presenta el plano geológico del distrito Buenavista.

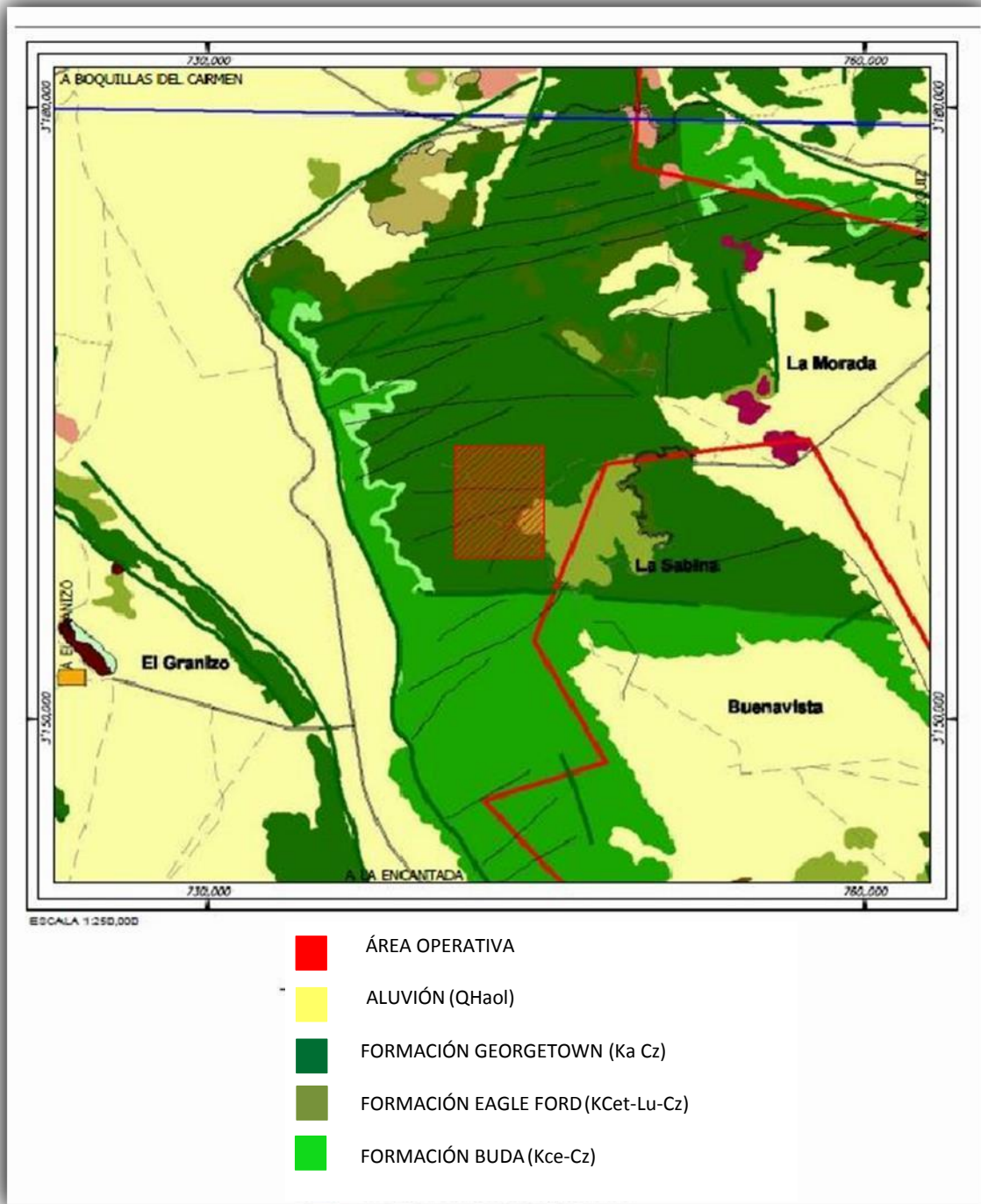


Figura 4. Plano geológico del distrito Buenavista.



En la figura 5 se puede apreciar la columna lito-estratigráfica de la Unidad Minera.

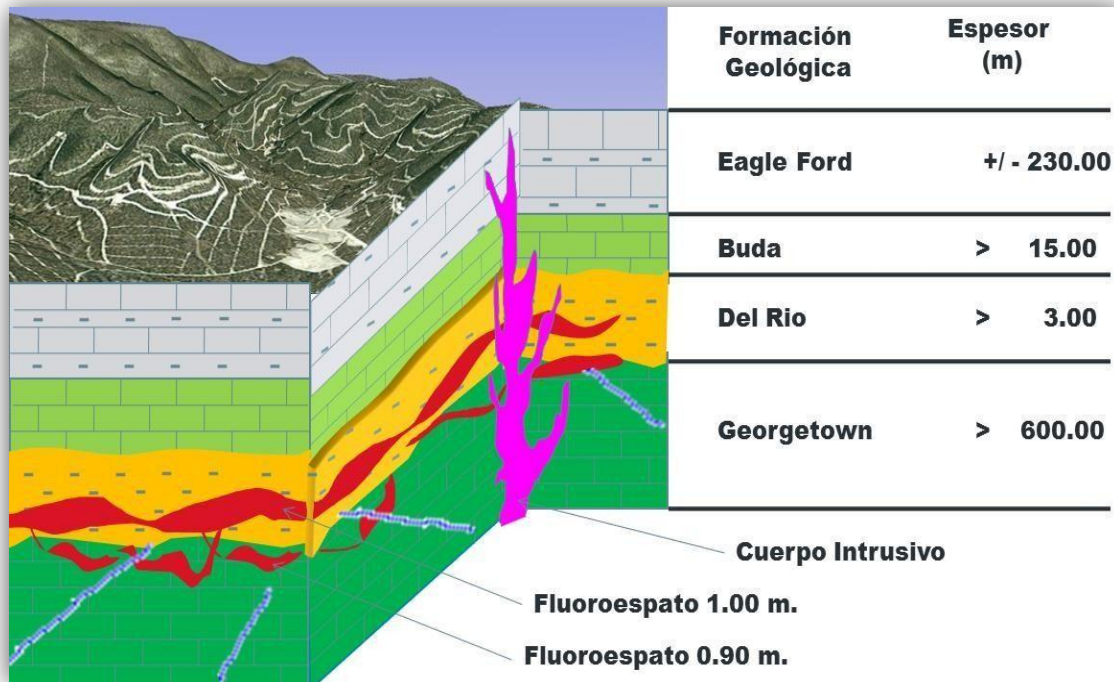


Figura 5. Columna lito-estratigráfica local.

### III.4 Geología Estructural

Desde el punto de vista regional, el área de estudio se localiza en la parte norte del macizo montañoso conocido como Sierra La Encantada la cual corresponde a un anticlinal asimétrico de 45 kilómetros de longitud, que en su parte poniente está afectado por la falla La Encantada-Norias; su orientación regional es de N20°W y es recumbente al NE.

### III.5 Yacimientos minerales

#### III.5.1. Génesis

El origen de la mineralización de fluorita ha sido motivo de diversas investigaciones que lo involucran, desde uno ígneo asociado a una etapa residual de fluidos con volátiles como el flúor durante el emplazamiento del pórfido riolítico con inyección de fluidos hidrotermales a relativamente baja temperatura, o bien una relación con los procesos generadores de depósitos tipo Mississippi Valley, esta última planteada recientemente.

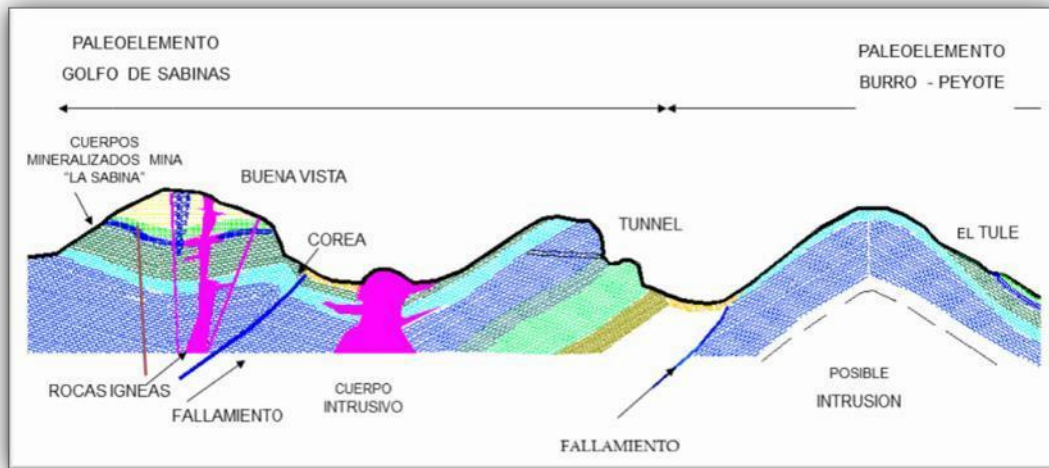
Dada la estrecha relación que existe entre la mineralización de fluorita y los diques o afloramientos de composición riolítica, es muy probable que el origen de ésta se encuentre ligado a la inyección de volátiles residuales de un magma alcalino con alto contenido de flúor y enfriado muy cerca de la superficie, y en posible combinación con procesos tipo Mississippi Valley.

El brechamiento, el reemplazamiento selectivo, así como las reacciones con el carbonato y el magnesio propios de la caliza Georgetown, constituyen ingredientes favorables para la formación de depósitos de fluorita y también sugieren un emplazamiento violento, cargado con gases que provocaron un metasomatismo de la caliza fosilífera que permitió, por permeabilidad primaria y secundaria, el avance de los fluidos controlado por el sello constituido por la Formación del Río.

Comparten todas las manifestaciones de mineral, el hecho de que los cuerpos se alojan en las capas de caliza de la formación Georgetown, ya sea justo en el contacto con las arcillas de la Formación del Río suprayacente, o bien en la propia caliza formando mantos lenticulares de mineral que varían en contenido de 35 a 85% de  $\text{CaF}_2$ ; donde normalmente la paragénesis es calcita-fluorita-calcita

En el yacimiento es notoria la presencia de materia orgánica degradada en forma de hidrocarburos. No se observa alteración alguna, salvo en los lugares en donde la mineralización es atravesada por algunos diques de composición intermedia a ácida más tardíos, en donde se observa silicificación que altera tanto la mena de fluorita como la roca encajonante.

En la figura 6 se muestra la sección geológica de la Unidad Minera.



**Figura 6. Sección geológica de la Unidad Minera viendo al norte.**

### III.5.2. Forma y Dimensiones

Los cuerpos mineralizados presentes en el área estudiada son en forma de mantos con actitud similar a las rocas carbonatadas que los contienen, el manto mineralizado tiene características lenticulares tanto a rumbo como en echado, además de estar ocasionalmente afectado por pliegues, fallas, fracturas y áreas de disolución de las calizas, sin embargo estas afectaciones siempre son limitadas pues una vez que se logra pasar estas áreas está nuevamente el manto mineralizado.

Las potencia promedio de los cuerpos mineralizados oscila entre 0.4 metros hasta 3 metros.

### III.5.3 Mineralogía y Alteraciones

La mena está constituida básicamente por fluorita se encuentra bien desarrollada, de fina a gruesa, formando texturas masivas, crustiformes y zonas de ritmitas tipo cebra, que en su proceso de formación apenas generó una incipiente manifestación de reemplazamiento. La ganga está representada prácticamente por carbonato de calcio.

En la figura 7 se puede observar una imagen de fluorita procedente de la mina.



**Figura 7. Fluorita (CaF<sub>2</sub>) procedente de la mina.**

### III.6 Producción Mina

La mina cuenta con distintas rampas en producción; la explotación de mineral se lleva a cabo por el método de minado salones y pilares; delimitando bloques cada 50 m, manteniendo secciones de 4 x 3 m en ejes principales y de 3 x 3 m en obras de desarrollo y preparación. Los pilares tienen un espesor de 4 m y debido a la discontinuidad del manto mineralizado, la dimensión de las frentes de producción es variable.

La explotación se lleva a cabo en dos fases; la primera para remover la formación del Rio dejando al descubierto el cuerpo mineralizado y la segunda consiste en la explotación de este último. Por lo tanto se requiere de un doble ciclo de barrenación, pegado y rezagado. La justificación de esta doble operación es para mantener la dilución a niveles controlables.

Con el fin de ser más selectivos; en las frentes de producción la explotación de mineral se realiza con máquinas de pierna neumática y para la extracción del mismo se utiliza cargador frontal (*Scoop Tram*) de 3.5 yd<sup>3</sup>, camiones de acarreo de bajo perfil, camiones tipo “*torthon*”.

En la figura 8 se ejemplifica de manera sencilla el ciclo de explotación de mineral.

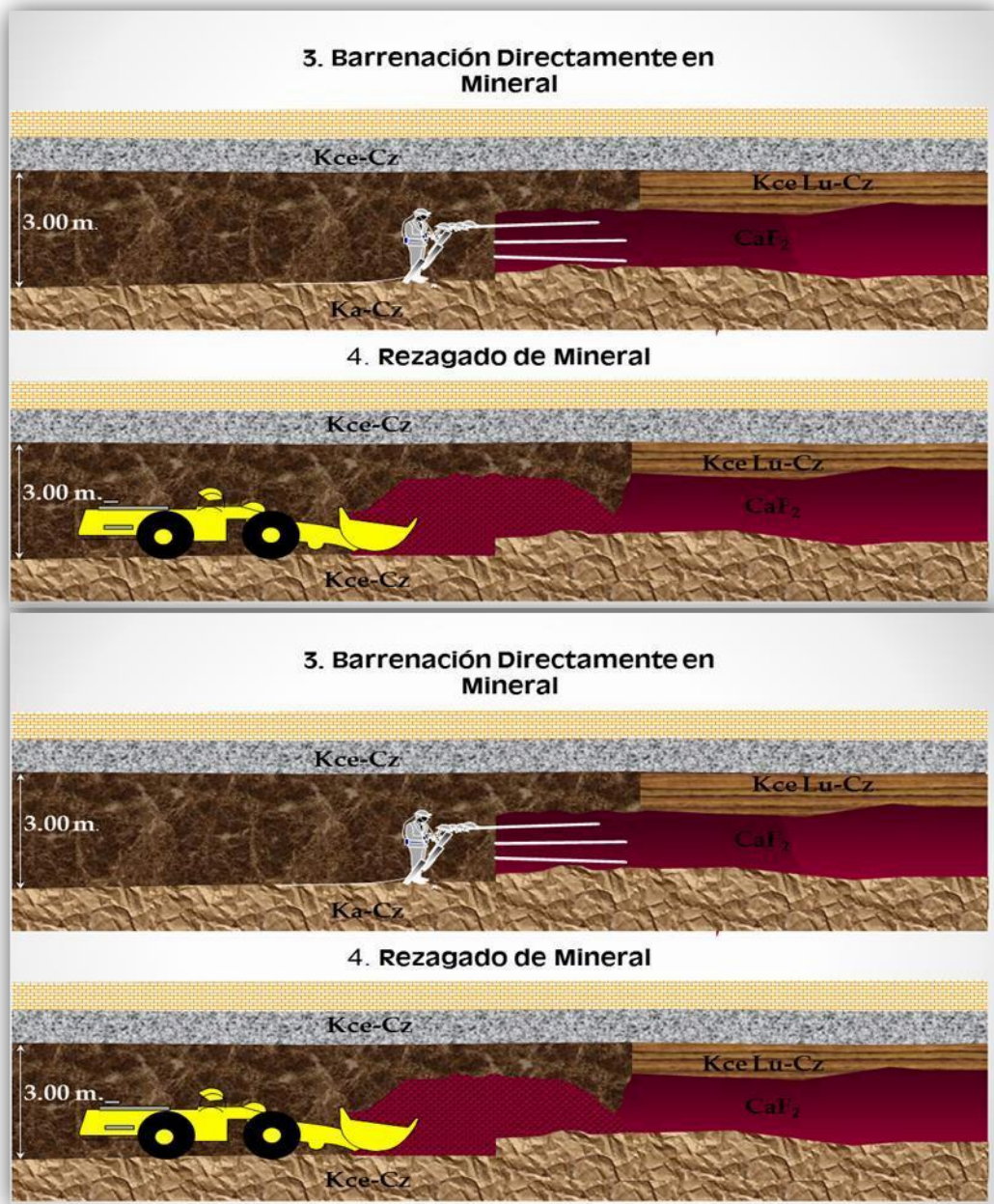


Figura 8. Ciclo de explotación de mineral.

El plan de producción de la mina es de 225 TPD con una ley de corte del 36% de CaF<sub>2</sub>.

A su vez la Unidad Minera cuenta con una planta de pre concentración gravimétrica, que consiste de un circuito de trituración y 4 *jiggs* tipo *Panamerican*, que benefician mineral que se encuentra diseminado en la formación Georgetown cuyas leyes oscilan en un rango del 18% al 25%, siendo capaz de producir un producto pre-concentrado con una ley de 36%.



**Figura 9. Fotografía de la planta pre-concentradora de jiggs.**

Esta planta pre-concentradora tiene un plan de producción de 80 TPD.

En la Unidad Minera también se tiene participación de mineros independientes conocidos como pequeños mineros. Ellos trabajan como contratistas en distintas rampas de la mina y explotan el mineral de rebajes anteriormente trabajados por la compañía de una forma muy selectiva y artesanal. Los pequeños mineros trabajan bajo un plan de producción de 80 TPD y aunque su ritmo de explotación es bajo, ellos manejan una ley de corte de 63% de  $\text{CaF}_2$ .

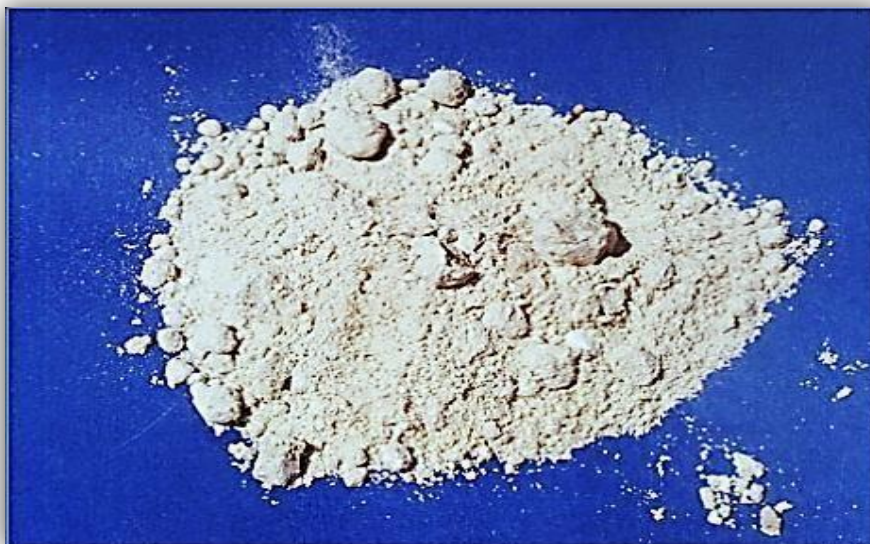
Toda la producción de la mina, planta pre-concentradora y pequeña minería es transportada diariamente en camiones tipo góndola a la planta de beneficio de la compañía.

El plan de producción mensual de la Unidad Minera 12,000 toneladas de mineral, teniendo una ley de cabeza de 40% de  $\text{CaF}_2$  que es beneficiado por medio de una concentración por flotación; para mantener un programa de producción mensual de 4,500 toneladas de concentrado de fluorita de grado ácido(97.5%), bajo arsénico.

En la figura 10 se presenta una imagen de la planta de beneficio y en la figura 11 se muestra una imagen del concentrado de fluorita grado ácido.



**Figura 10. Planta de Beneficio.**



**Figura 11. Concentrado de fluorita grado ácido, bajo arsénico.**



## IV. CONTEXTO SITUACIONAL DE LA PLANEACIÓN MINERA

### IV.1 Marco Teórico

*El negocio minero puede ser conceptualizado como el negocio de gestionar dos tareas fundamentales, que están intrínsecamente relacionadas: la manera en que un yacimiento minero es explotado y la forma en que se lleva a cabo la progresiva separación de su contenido valioso durante el proceso productivo. La función de la planeación minera tiene que ver con todo este proceso. (Juan Camus P., 2002)*

La planeación minera es la herramienta que permite visualizar el futuro deseado por medio de escenarios y diseña las alternativas para alcanzar los objetivos y metas de ese futuro deseado. Para conseguir dichos objetivos y metas se fija un horizonte de planeación que en minería generalmente se divide en planeación a largo plazo y planeación a corto plazo; siendo la primera la planeación estratégica y la segunda la planeación táctica.

### IV.2 Departamento de Planeación Mina

De acuerdo con la estructura organizacional de la mina, el departamento de planeación se encuentra bajo el mando de la superintendencia de mina y a su vez interactúa de una manera multidisciplinaria con los demás departamentos.

La función primordial del departamento de planeación, consiste en desarrollar un plan de extracción del recurso que cumpla con los objetivos de producción establecidos, garantizando el más alto beneficio económico sin descuidar todos los aspectos relacionados con la seguridad.

La jefatura de planeación tiene como tarea específica vigilar el plan minero estratégico de la operación; y que éste tenga concordancia con los objetivos del corporativo y se encuentre en armonía con el estado de la operación. A su vez mantiene la información relacionada con la operación minera y sus procesos de producción actualizada y diseña oportunamente las alternativas de trabajo para alcanzar los objetivos y metas de las estrategias de producción del corporativo.

### IV.3 Planeación Estratégica y Táctica en la Mina

El objetivo estratégico del proceso que involucra la operación de mina, es el siguiente: *Generar ventajas competitivas logrando la excelencia operativa buscando ser un productor de bajo costo.*<sup>2</sup>

La planeación estratégica en la minería se integra y alinea con los objetivos de la compañía. Dentro de ésta se desarrolla un modelo cuyo propósito generalmente es maximizar la ganancia por la extracción así como también maximizar el valor del recurso mineral con el que se cuenta.

Debido a que la industria minera se desenvuelve dentro de un ambiente con mucho dinamismo donde están involucrados diversos factores que no son fáciles de controlar, existe un alto grado de incertidumbre. Por dicha razón es indispensable que la planeación estratégica sea reevaluada continuamente.

En la etapa operativa de la mina, la planeación estratégica se centra en la revisión continua de la planeación a mediano y largo plazo y funge como una guía para fijar objetivos en la planeación a corto plazo.

La planeación táctica debe de trabajar en sincronía con la planeación estratégica, y se enfoca primordialmente a las actividades operativas, diseño de planes alternativos, revisión de presupuestos y asignación de recursos para implementar proyectos que cumplan con los objetivos específicos a corto plazo.

En la mina donde se llevó a cabo este informe se tiene una operación con un alto grado de variabilidad debido a las características morfológicas del yacimiento, por lo que se tiene una producción muy flexible, enfocada a cumplir con el presupuesto de producción. Debido a esta particularidad, se tienen que diseñar tácticas operativas en todos los procesos de producción para cumplir con los planes de presupuestados.

El empleo de dichas tácticas debe de ser consistente con los lineamientos estratégicos de la compañía.

---

<sup>2</sup> Tomado de los lineamientos estratégicos del corporativo "Manual del Sistema de Gestión, 2014"

## V. DESARROLLO DE LA TÁCTICA OPERATIVA

Tener un plan estratégico es sólo el principio; el verdadero reto es encontrar la forma de transformarlo en un plan táctico que reúna recursos, acciones, procesos, itinerario, presupuesto, etc. Y que sea posible de llevarse a cabo de manera efectiva.

El desarrollo de la táctica operativa se basa en el objetivo estratégico de la compañía para el proceso de producción. Donde se habla conceptos clave que son los siguientes: Excelencia Operativa y Productor a Bajo Costo.

La planeación táctica comenzó analizando todo el ciclo de trabajo que involucra el proceso de extracción de mineral para identificar todas las operaciones unitarias y auxiliares; se generó información, obteniéndose los datos que muestran la información de la mina, detectándose los indicadores clave de desempeño *KPI's*<sup>3</sup> en las distintas actividades del proceso. Posteriormente se identificaron las áreas de oportunidad, se plantearon los objetivos de mejora a corto plazo y se establecieron los índices y metas.

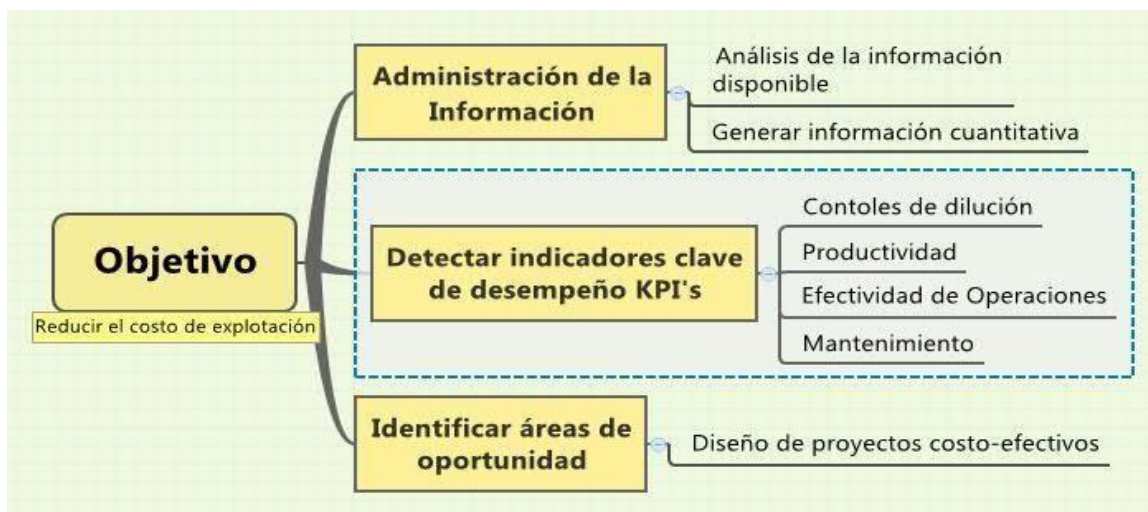


Figura 12. Diagrama de diseño de la planeación táctica.

<sup>3</sup> Del Inglés *Key Performance Indicator*, conocido como Indicadores Clave de Desempeño.

Consultado en <https://es.wikipedia.org/wiki/KPI>

Para lograr ser un productor a bajo costo y a su vez lograr la excelencia operativa, se tendrán que analizar paralelamente diversos factores que involucran todo el proceso de producción de mineral.

La táctica se centró en el proceso de explotación de mineral, específicamente para el ciclo de barrenación; enfatizando en dos parámetros importantes que son:

- Productividad
- Efectividad operativa

Como se puede ver en la figura 12 la selección de la productividad y la efectividad operativa fue posible debido a la identificación apropiada de los *KPI*. El uso adecuado de estos indicadores permitió comparar de una manera cuantificable el desempeño en distintas fases del proceso operativo facilitando la estructuración del proyecto.

Estos indicadores sirvieron como base para el diseño de la planeación táctica ya que permitió:

- Reorganizar los recursos que se tienen actualmente
- Fijar índices y metas
- Así como plantear los beneficios esperados en un tiempo definido

Esta táctica operativa está constituida por dos proyectos de mejoría que se llevaron a cabo de manera casi simultánea; dichos proyectos fueron diseñados y coordinados por la jefatura de planeación, y ambos tienen un objetivo en común, que es la reducción del costo operativo en mina.

La tabla 1 muestra la estructuración de los proyectos en la Unidad Minera:

**Tabla 1. Cuadro de estructuración de proyectos en la Unidad Minera.**

<b>Objetivos</b>	<b>Actividades Clave</b>	<b>KPI</b>	<b>Beneficios</b>	<b>Inversión Requerida</b>
¿Qué mejorará?	¿Cómo lograr los objetivos?	¿Cómo medir los resultados del proyecto?	¿Cuáles serán los beneficios cualitativos /cuantitativos?	¿Cuáles son las inversiones estimadas?
		Recursos	<i>Quick Wins</i>	Resultados
Factores críticos de éxito		¿Quién participa y qué papel tiene?	Beneficios al corto plazo	¿Cuáles son los resultados tangibles del proyecto?
	Riesgos	Interesados	Dentro del alcance	Fuera del alcance
	¿Cuáles son los principales riesgos?	¿Quién se verá afectado?	¿A quiénes comprende?	¿A quiénes excluye?
Líder del proyecto		Patrocinador del proyecto		Otros interesados

Los dos proyectos que integran la táctica operativa son los siguientes:

- I. Proyecto de extensión de los turnos en barrenación con máquina de pierna neumática.
- II. Proyecto de optimización de las plantillas de barrenación en las obras de desarrollo y preparación.

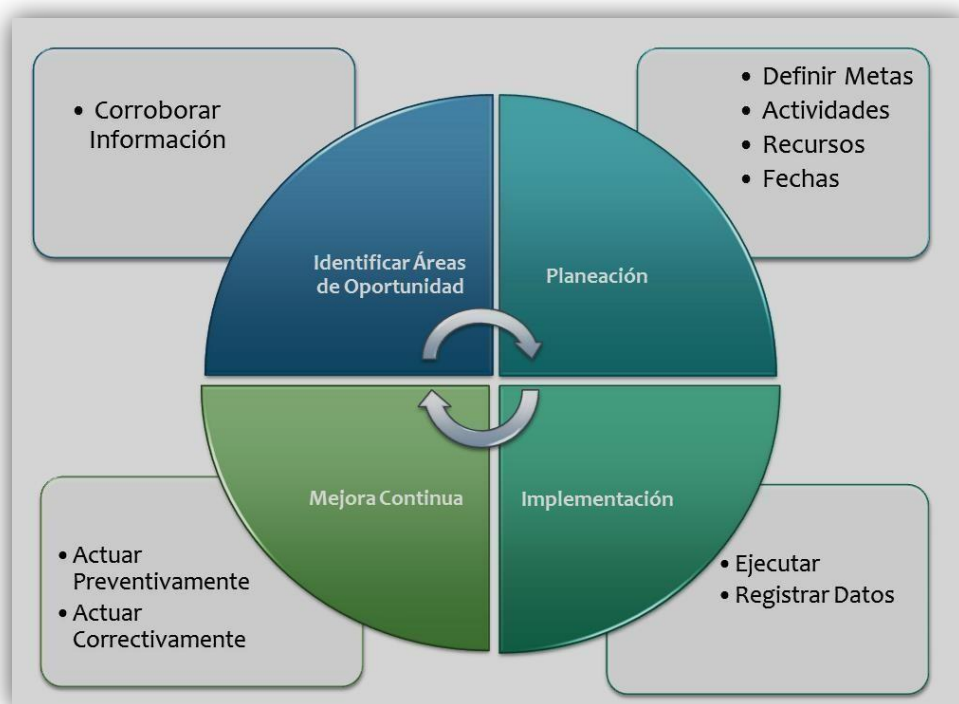
Como ya se ha mencionado, esta táctica se fundamenta en dos factores: la productividad y la efectividad de operaciones; pero ambos se encuentran encaminados hacia el mismo fin, ya que al llevarse a cabo dichos proyectos, provocará una sinergia que ocasionará una disminución del costo operativo en la etapa de producción de mineral.

Esta táctica operativa está planeada para ser fácil, costo-efectiva, sin necesidad de una inversión adicional significativa y que tenga el potencial de mostrar resultados en el corto plazo para la toma de decisiones.

La primera parte de esta táctica la conforma un proyecto donde se pretende incrementar la productividad laboral mediante una extensión de turnos del personal perforista de mina. Mientras que la segunda parte de la táctica consta de la implementación y estandarización de una plantilla de barrenación óptima, que logre incrementar la efectividad en el avance por cada pegada sobre las obras en el material estéril.

Se puede ver que ambos proyectos tienen como alcance solamente una etapa del ciclo de minado, que es la barrenación con máquina de pierna neumática; pero repercutirá directamente en el costo operativo en la etapa de producción de mineral.

De una manera sencilla en el figura 13 se ejemplifican las etapas para la realización de ambos proyectos en la mina.



**Figura 13. Etapas de realización de proyectos en la Unidad Minera.**

## V.1. Proyecto de extensión de los turnos en barrenación con máquina de pierna neumática.

### V.1.1 Introducción

Después de un estudio del ciclo operativo de las cuadrillas de perforistas con máquina de pierna en la mina y un registro de datos y evaluación de su desempeño, se pudieron detectar ciertos factores que afectan directamente la eficiencia de las cuadrillas; siendo la principal causa de estas, la falta de coordinación y logística en ciertas actividades lo cual se traduce en tiempos improductivos en su ciclo de trabajo.

Posteriormente se llevó a cabo un análisis detallado de los factores que entorpecen las actividades operativas de los perforistas y de una manera multidisciplinaria trabajando conjuntamente con otros departamentos se ideó un plan de trabajo para dar soluciones a corto plazo.

Fijándose:

- Índices y metas.
- Recursos
- Actividades
- Fechas.

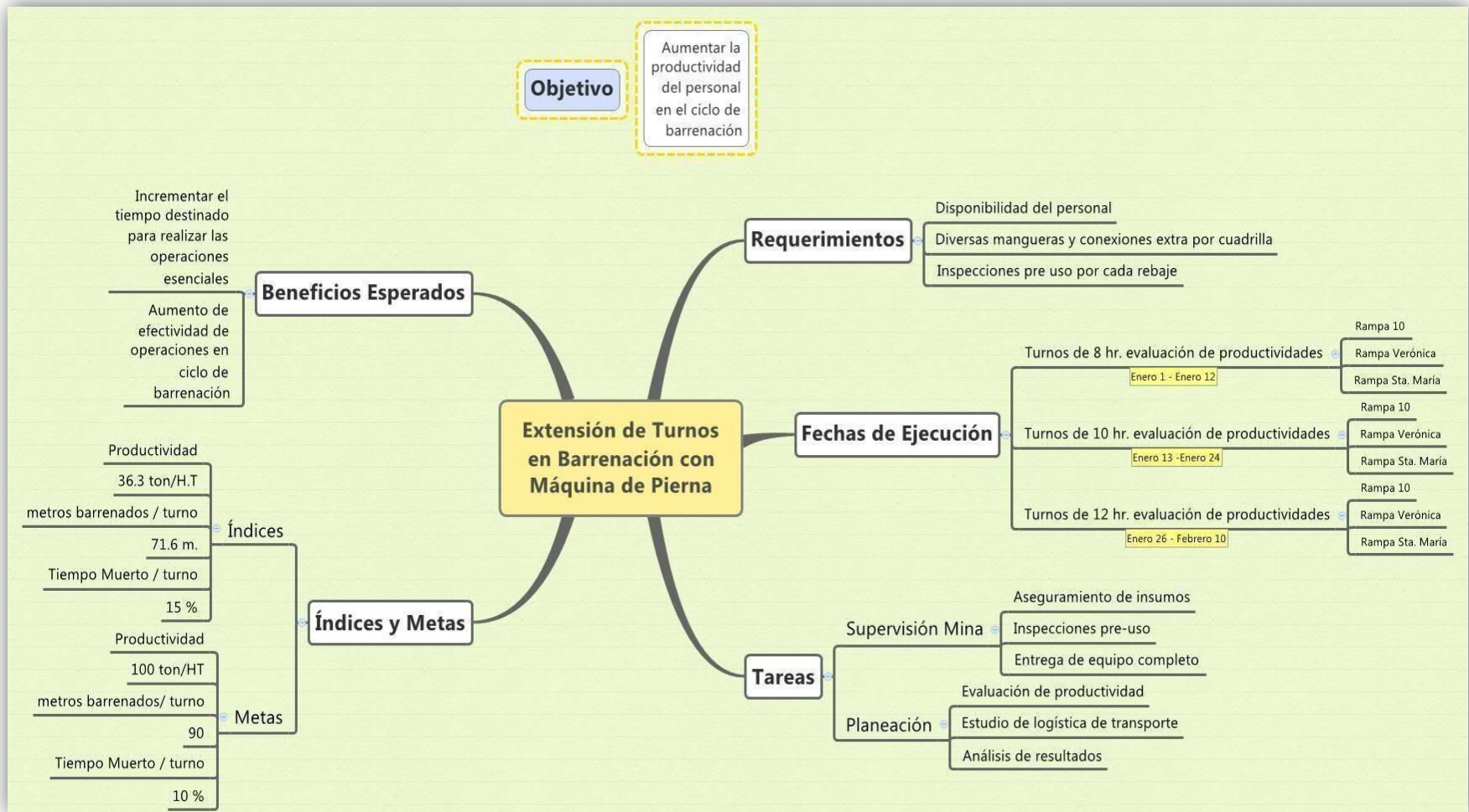


Figura 14. Diagrama de la planeación del proyecto “Extensión de los turnos en barrenación con máquina de pierna neumática”.



### V.1.2. Objetivo

Este proyecto tuvo como objetivo, presentar soluciones sencillas para optimizar el tiempo de ciclo en barrenación con máquina de pierna, buscando maximizar el tiempo destinado a barrenar y cargar; para así aumentar la productividad por cuadrilla de perforistas. Aunado a esto se buscó disminuir los tiempos muertos con base a mejoras en métodos de trabajo, logística y organización y proponer un turno óptimo de trabajo.

### V.1.3. Desarrollo

Los perforistas de máquina de pierna neumática desempeñan diversas actividades, que juntas conforman el ciclo completo en la etapa de barrenación. Las actividades que desempeñan fueron clasificadas se acuerdo con la metodología de sistemas de producción Lean (SHINGO, 1996, p.76) es decir:

- Operaciones Esenciales
- Operaciones Auxiliares
- Tiempo Muerto

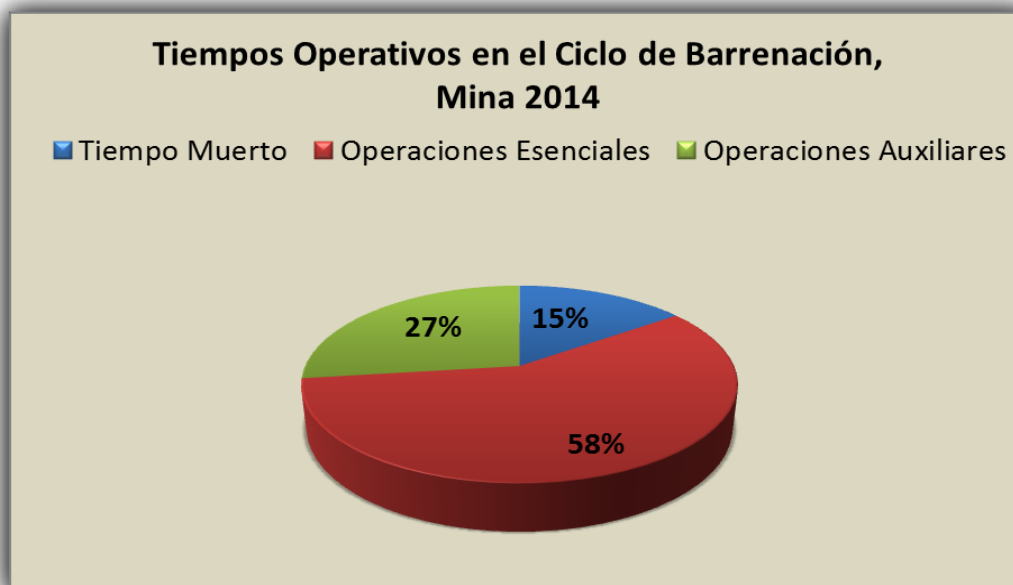
Para este proyecto se analizaron los parámetros de productividad laboral así como el costo de mano de obra de los perforistas y la gráfica de desempeño en el ciclo de barrenación del año 2014; y en base a estos índices se pudo proponer algún cambio que vuelva más productiva la jornada laboral de los perforistas de tal forma que se pueda lograr un incremento en el tiempo destinado para las actividades de barrenado y cargado (Operaciones Esenciales) que son las que generan un valor al producto.

En la siguiente tabla se presentan los parámetros de productividad laboral de los perforistas en el ciclo de barrenación durante el año 2014.

**Tabla 2. Productividad laboral de los perforistas durante el año 2014, turnos de 8 horas.**

<b>Turno de 8 Horas</b>	<b>Promedio General año (2014)</b>
Tiempo de Operaciones Esenciales	278.4 min.
Tiempo de Operaciones Auxiliares	129.6 min.
Tiempo Muerto	72 min.
Barrenos / Turno	38
Metros Barrenados/ Turno	71.61m.
Toneladas/Hombre Turno	36.3 ton.
Costo de Mano de Obra/Ton	12.35 m.n.

En la figura 15 se presenta una gráfica que muestra los tiempos operativos en un turno en el ciclo de barrenación en la mina durante el año 2014, basado en la clasificación de Shingo:



**Figura 15. Gráfica de distribución de operaciones llevadas a cabo en el ciclo de barrenación con máquina de pierna neumática en un turno en la mina, año 2014.**

En la mina, las cuadrillas de perforistas de máquina de pierna trabajan tres turnos de ocho horas cada uno (Diurno, Vespertino y Nocturno); y manejan un esquema de pago por destajo en base a un bono de productividad (ton/H-t).

En este proyecto se implementó un cambio en el esquema de trabajo, que consistió en que los perforistas trabajen turnos más extensos, es decir: de diez y doce horas respectivamente.

El departamento de planeación además de proponer y diseñar el proyecto, se coordinó con dichos departamentos para estar presente y realizar las evaluaciones correspondientes del desempeño y productividad de las cuadrillas de manera directa.

Se llevó a cabo un estudio de tiempos y movimientos donde se realizaron observaciones de todas las tareas de manera continua y directa, registrando el tiempo que se tarda en completar cada una de las actividades.

Se trabajó con todas las cuadrillas de perforistas, en todos los turnos, y en todas las rampas productivas de la mina, generándose información cuantitativa y fidedigna.

#### V.1.4. Resultados

- Turno de 10 horas

**Tabla 3. Resumen de resultados del proyecto de extensión de los turnos en el ciclo de barrenación con máquina de pierna neumática, turnos de 10 horas.**

<b>Turno de 10 Horas</b>	<b>Promedio General</b>
Tiempo de Operaciones Esenciales	348 min.
Tiempo de Operaciones Auxiliares	186 min.
Tiempo Muerto	66 min.
Barrenos / Turno	53
Metros Barrenados/ Turno	116.2 m.
Toneladas/Hombre Turno	55.5
Costo de Mano de Obra/Ton	11.74 m.n.



**Figura 16. Gráfica de desempeño en actividades de barrenación, turno de 10 horas.**

- Turno de 12 horas

**Tabla 4. Resumen de resultados del proyecto de extensión de los turnos en el ciclo de barrenación con máquina de pierna neumática, turnos de 12 horas.**

<b>Turno de 12 Horas</b>	<b>Promedio General</b>
Tiempo de Operaciones Esenciales	433.5 min.
Tiempo de Operaciones Auxiliares	199 min.
Tiempo Muerto	87.5 min.
Barrenos / Turno	66
Metros Barrenados/ Turno	151.9 m.
Toneladas/Hombre Turno	74.3
Costo de Mano de Obra/Ton	11.43 m.n.



**Figura 17. Gráfica de desempeño en actividades de barrenación, turno de 12 horas.**

### V.1.5. Comentarios

El proyecto de extensión del tiempo de turno para la etapa de barrenación con máquina de pierna neumática tuvo una buena aceptación por parte de los trabajadores.

Inmediatamente se pudo notar mayor efectividad en las operaciones realizadas por las cuadrillas de perforistas en su turno de trabajo. Ya que para ambos turnos tanto de diez como de doce horas, se logró contrarrestar el tiempo muerto repercutiendo directamente en el tiempo destinado a realizar operaciones esenciales y/u operaciones auxiliares; esto trajo como resultado un incremento de la capacidad de barrenar de las cuadrillas de trabajo.

Todo esto nos hace ver que con pequeños ajustes de organización en el procedimiento de trabajo, de logística y de coordinación de las cuadrillas; el personal perforista de máquina de pierna logró de una manera sencilla ser más eficiente en su trabajo lo cual repercutió en un incremento en su productividad.

## V.2. Proyecto de Optimización de Plantillas de Barrenación en las Obras de Desarrollo y Preparación.

### V.2.1. Introducción

Las operaciones de barrenación y detonación se encuentran dentro de los costos que más repercuten en el costo total de la operación.

Las obras en estéril, que son: cueles de preparación y cueles de desarrollo representan un 25 % del total de obras realizadas en mina cada mes; representando una buena área de oportunidad.

También se detectó que el arreglo de la plantilla de barrenación no siempre es el mismo, ocasionando variantes en consumo, productividades y efectividad de avance en este tipo de obras.

Este proyecto propuso estandarizar un arreglo en plantillas de barrenación óptimo para obras en estéril; es decir obras de preparación con sección 3 x 3 m y obras de desarrollo con sección 4 x 3 m

A su vez se propuso el cambio de fabricante de brocas ya que se mantenían rendimientos por debajo de lo recomendable.

De igual manera para este proyecto se fijaron:

- Índices y metas.
- Recursos
- Actividades
- Fechas.

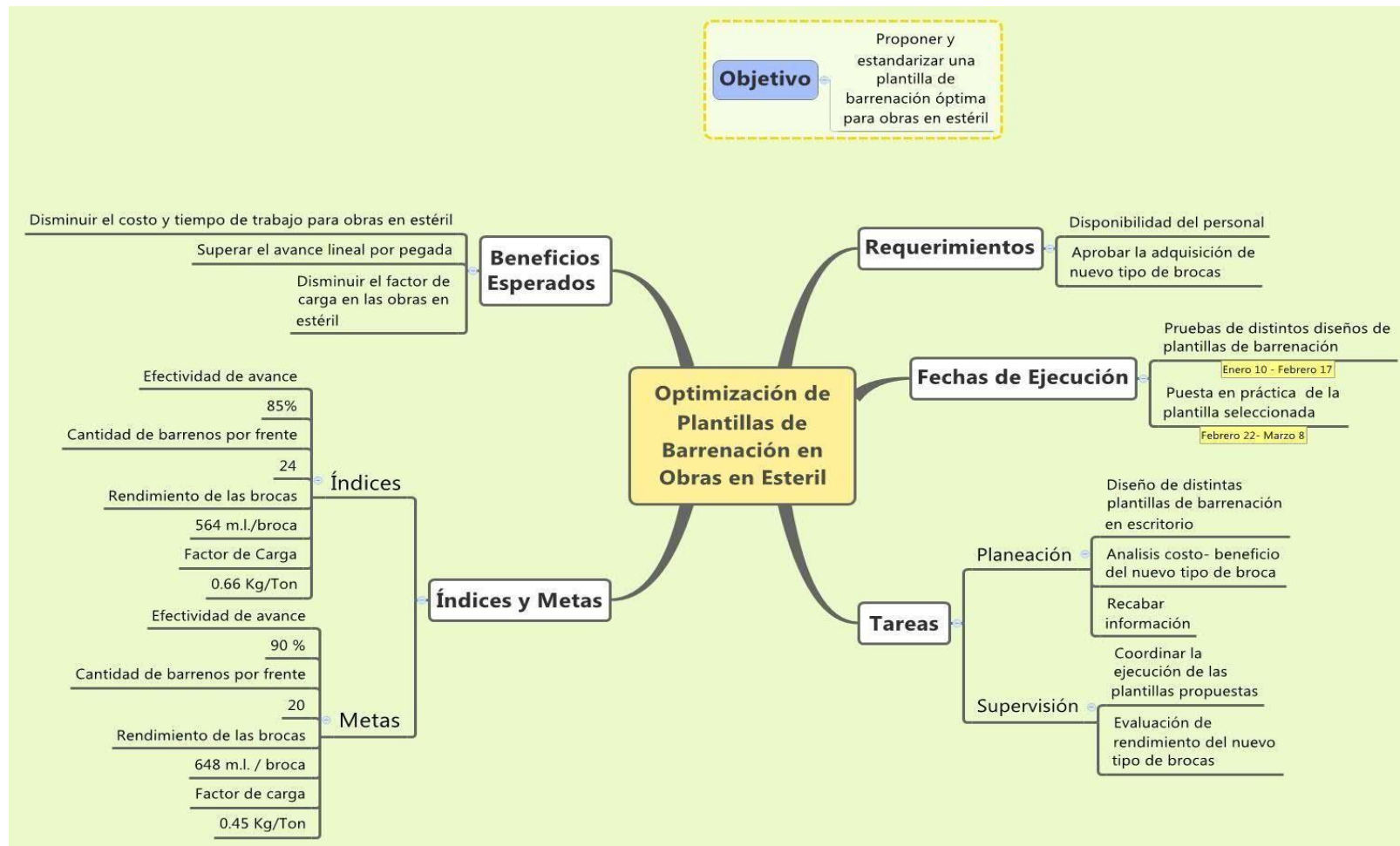


Figura 18. Diagrama de la planeación del proyecto “Optimización de plantillas de barrenación en las obras de desarrollo y preparación”.



Sintetizando el término “plantilla de barrenación óptima” en la mina, este sería: “distribución de barrenos en la frente de trabajo en el cual se aprovecha de manera más efectiva la energía de detonación, se alcanza una fragmentación adecuada, no se desestabiliza las zonas aledañas al lugar de trabajo, y se logra reducir su costo”.

#### V.2.2. Objetivo

Este proyecto tuvo como principal objetivo proponer una plantilla de barrenación óptima para las obras de desarrollo y preparación, y que pueda ser estandarizada buscando distribuir los barrenos en la frente de manera más óptima, disminuir el consumo de explosivo, el consumo de acero de barrenación y disminuyendo la energía de detonación en cada pegada.

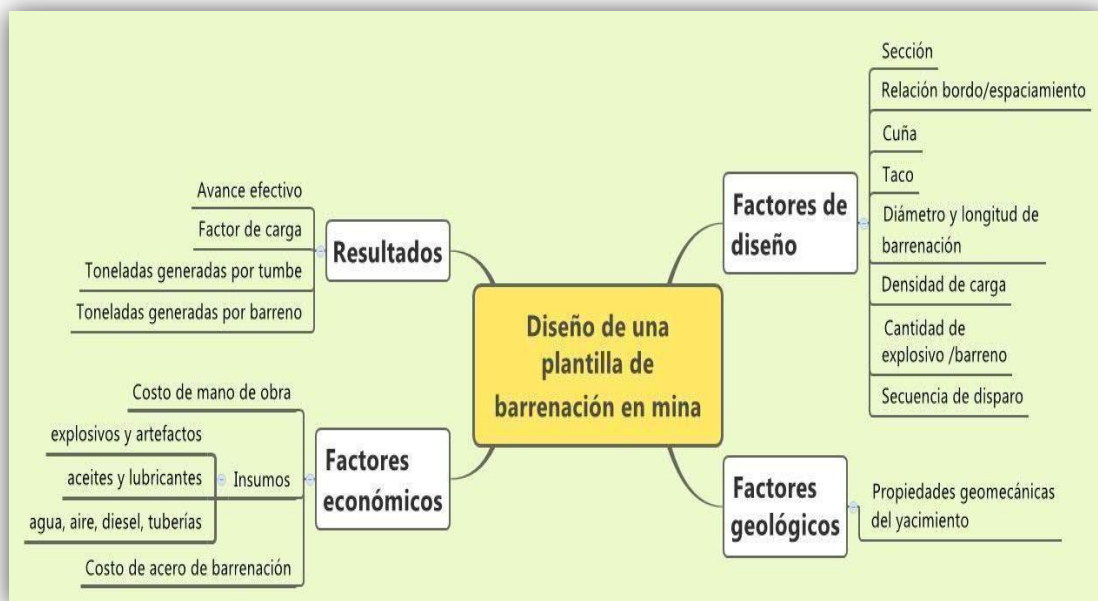
#### V.2.3. Desarrollo

El proyecto de optimización de la plantilla de barrenación intenta mostrar los beneficios potenciales que se tendrían al poner en práctica un nuevo arreglo de plantilla de barrenación para obras de desarrollo y preparación en la mina; como respaldo de este proyecto se cuenta con registro de diversas pruebas que se llevaron a cabo durante los meses de enero, febrero y marzo en las rampas más productivas de la mina, en condiciones de terreno distintas, con diferentes cuadrillas y con un nuevo tipo de broca.

La consumación de este proyecto trae consigo una serie de actividades realizadas de manera cuidadosa que se mencionan a continuación:

- Observación
- Recopilación de las variables
- Investigación literaria de prácticas y técnicas de diseño de voladuras.
- Entrevista con empleados de experiencia en la mina.
- Cálculo de diversos arreglos de plantillas de barrenación en escritorio.
- Puesta en práctica de dichos arreglos en campo, con cuadrillas y terreno aleatorio.
- Medición de los resultados
- Análisis de resultados
- Selección del arreglo óptimo
- Puesta en práctica sin ninguna modificación del arreglo seleccionado, en varias obras tanto de 3 x 3 m como 4 x 3 m
- Se continuó recabando información de los cueles

En la figura 19 se puede ver un esquema donde se muestran de manera simplificada y dividida en cuatro grupos principales los factores que se les dio más importancia para el diseño de plantillas de barrenación y que fue la base para proponer una plantilla de barrenación óptima para que sea estandarizada.



**Figura 19. Principales factores para el diseño de plantillas de barrenación en la mina.**

#### V.2.4. Plantilla Óptima de Barrenación

El criterio principal en la selección de esta plantilla estuvo enfocado a que iguale o supere el avance lineal que se mantenía en la mina en el año 2014; y al mismo tiempo se cuide en tener un menor consumo de insumos, un menor tiempo de trabajo y que a su costo no sea exceda al actual. La idea es que con menos recursos alcancemos un mejor resultado, es decir lograr una eficiencia operativa en el diseño y ejecución de cada cuele, promoviendo y estandarizando dicho diseño de barrenación.

##### V.2.4.1. Distribución de los Barrenos

El arreglo de barrenación en las obras de desarrollo y preparación que se propone consta de cinco hileras paralelas de cuatro barrenos, quedando dos de estas hileras al tresbolillo de modo que estas filas están en medio de los huecos de la fila inmediata, formando triángulos equiláteros.

##### V.2.4.2. Cuña

El arreglo de los barrenos de cuña es el conocido como tipo “V”, que consta de cuatro barrenos con un ápex de  $60^\circ$  y todos estos barrenos están cargados.

##### V.2.4.3. Bordo, Espaciamiento y Taco

Estos parámetros son fundamentales en el diseño de las plantillas de barrenación, y tienen relación directa con factores como el diámetro de barrenación, sección de la obra, geología local, etc. Estos parámetros permanecieron sin cambios.

Por otra parte, se estandarizaron los siguientes factores de diseño:

- Relación alto explosivo/agente explosivo
- Densidad de carga
- Cantidad de explosivo por barreno
- Secuencia de inicio

Una vez bien definidos estos estándares es posible obtener el consumo de insumos, acero de barrenación y mano de obra. Con lo que se podrá estimar el costo total de cada cuele.

#### V.2.5. Propuesta de Cambio de Broca

Dentro de este proyecto también se decide evaluar un diferente tipo de broca de un proveedor distinto. La nueva broca dada sus características; tiene propiedades más adecuadas al tipo de terreno en la mina y se buscó comparar el rendimiento de estas con las brocas utilizadas en la mina anteriormente. Lo que se busca es un incremento de al menos un 15 % en su rendimiento, para poder contemplar el cambio de proveedor de las nuevas brocas.

En el siguiente esquema se muestran las características del nuevo tipo de brocas.

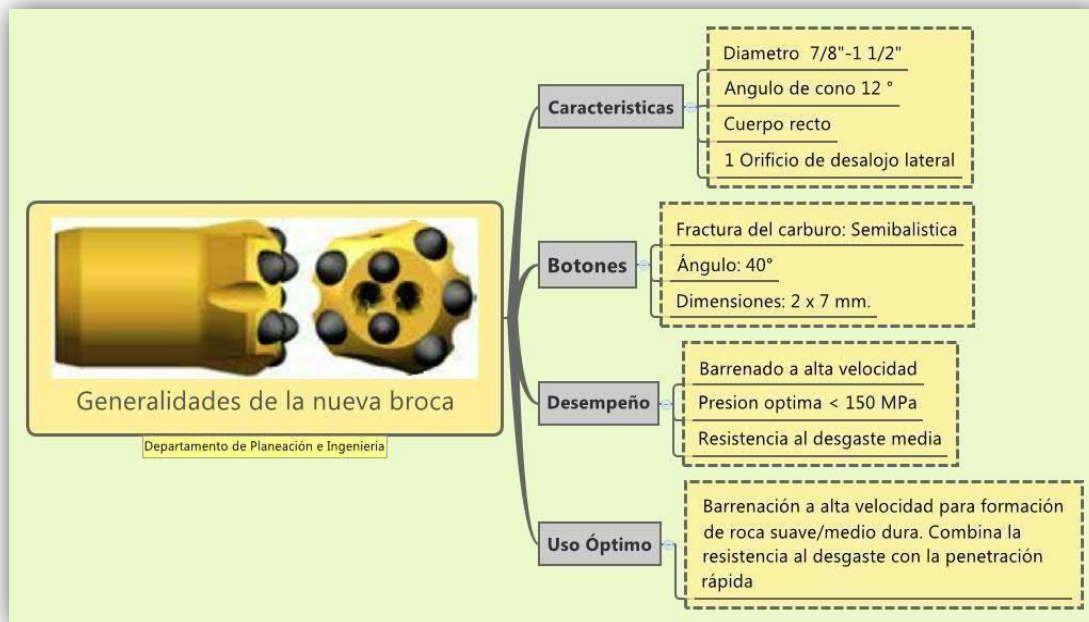


Figura 20. Generalidades de la nueva broca.

Este tipo de brocas están hechas a base de carburo de tungsteno y cobalto cementado de última generación; esto permite que la broca tenga una configuración perfecta en su matriz lo cual hace posible una estructura más homogénea y de mayor densidad. Esto permite que aumente la dureza de esta sin que se vea comprometida su resistencia. Resultando en una broca con mayor durabilidad ya que se reduce significativamente el riesgo de ruptura.

## V.2.6. Resultados

- Obras de Preparación 3 x 3 m.

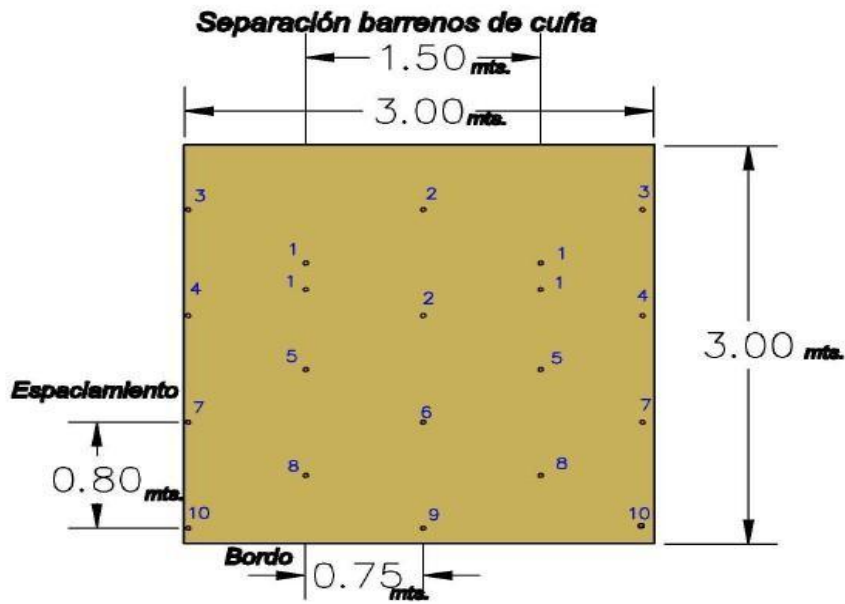
Se presentan en la tabla 5 las especificaciones generales de la plantilla de barrenación para obras de preparación con sección 3 x 3 m.

**Tabla 5. Especificaciones generales de la plantilla de barrenación en obras de preparación de 3 x 3 m.**

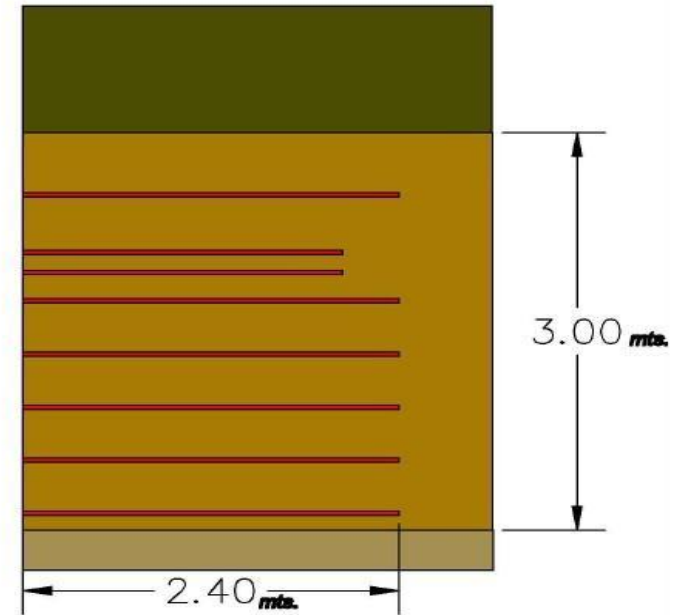
<b>Departamento de Planeación e Ingeniería</b>		
<b>Especificaciones Plantilla de Barrenación con Máquina de Pierna</b>		
<b>Obras de Preparación Cueles 3 x 3 m</b>		
<b>Generales</b>	<b>Unidades</b>	
Ancho	m	3
Alto	m	3
Seccion	m <sup>2</sup>	9
Bordo	m	0.75
Espaciamiento	m	0.8
Cuadrícula	m <sup>2</sup>	0.6
Barrenos	Número	20
Peso específico [ $\delta$ ]	T/m <sup>3</sup>	2.8
Longitud de barrenación	m	2.4
Eficiencia de barrenación	%	0.9
Taco	m	0.85
Densidad de Carga [Dc]	Kg/m	1.3
Cantidad de Explosivo	kg/bno	1.7
Factor de carga	kg/Ton	0.57
Barrenos de cuña	Número	4
Separación de barrenos de cuña	m	1.5
Avance lineal	m	2.0
Efectividad de la Tronada	%	0.91
M3 generados por tumbe	m <sup>3</sup>	18.08
Toneladas generadas por tumbe	Tons	50.63
Tonelada generada por barreno	Tons/bno	3.7
Metros lineales barrenados	m	44.16

**Plantilla de Barrenación para Obras de Preparación (3X3 m.) con Cufia en "V"**

**Vista Frontal**



**Vista en Sección**



<b>OPTIMIZACIÓN DE PLANTILLAS DE BARRENACIÓN EN CUELES (3X3 m.)</b>		
MINA LA SABINA, DEPTO. DE PLANEACIÓN FECHA: 9/MAR/2015		
ELABORO: E.G.G.	REVISÓ: J.S.E.V.	APROBÓ: L.A.G.C.
ID. PROYECTO: MNA-001	PLANO NO. 1	

Figura 21. Esquema de la plantilla de barrenación en obras de preparación de 3 x 3 m.

- Obras de Desarrollo 4 x 3 m.

En la Tabla 6 se muestran las especificaciones generales de la plantilla de barrenación para obras de desarrollo con sección 4 x 3 m.

**Tabla 6. Especificaciones generales de la plantilla de barrenación, obras de desarrollo 4 x 3 m.**

<b>Departamento de Planeación e Ingeniería</b>		
<b>Especificaciones Plantilla de Barrenación con Máquina de Pierna</b>		
<b>Obras de Desarrollo Cueles [ 4 x 3 m]</b>		
<b>Generales</b>	<b>Unidades</b>	
Ancho	mts	4
Alto	mts	3
Seccion	m <sup>2</sup>	12
Bordo	mts	0.9
Espaciamiento	mts	0.8
Cuadrícula	m <sup>2</sup>	0.72
Barrenos	Número	20
Peso específico [δ]	T/m <sup>3</sup>	2.8
Longitud de barrenación	mts	2.4
Eficiencia de barrenación	%	0.9
Taco	mts	0.85
Densidad de Carga [Dc]	Kg/m	1.3
Cantidad de Explosivo	kg/bno	1.7
Factor de carga	kg/Ton	0.52
Barrenos de cuña	Número	4
Separación de barrenos de cuña	mts	2
Avance lineal	mts	2.0
Efectividad de la Tronada	%	0.92
M <sup>3</sup> generados por tumbe	m <sup>3</sup>	24.38
Toneladas generadas por tumbe	Tons.	68.25
Tonelada generada por barreno	Tons./bno	4.5
Metros lineales barrenados	mts	44.16



**Plantilla de Barrenación para Obras de Desarrollo (4X3 m.) con Cufia en "V"**

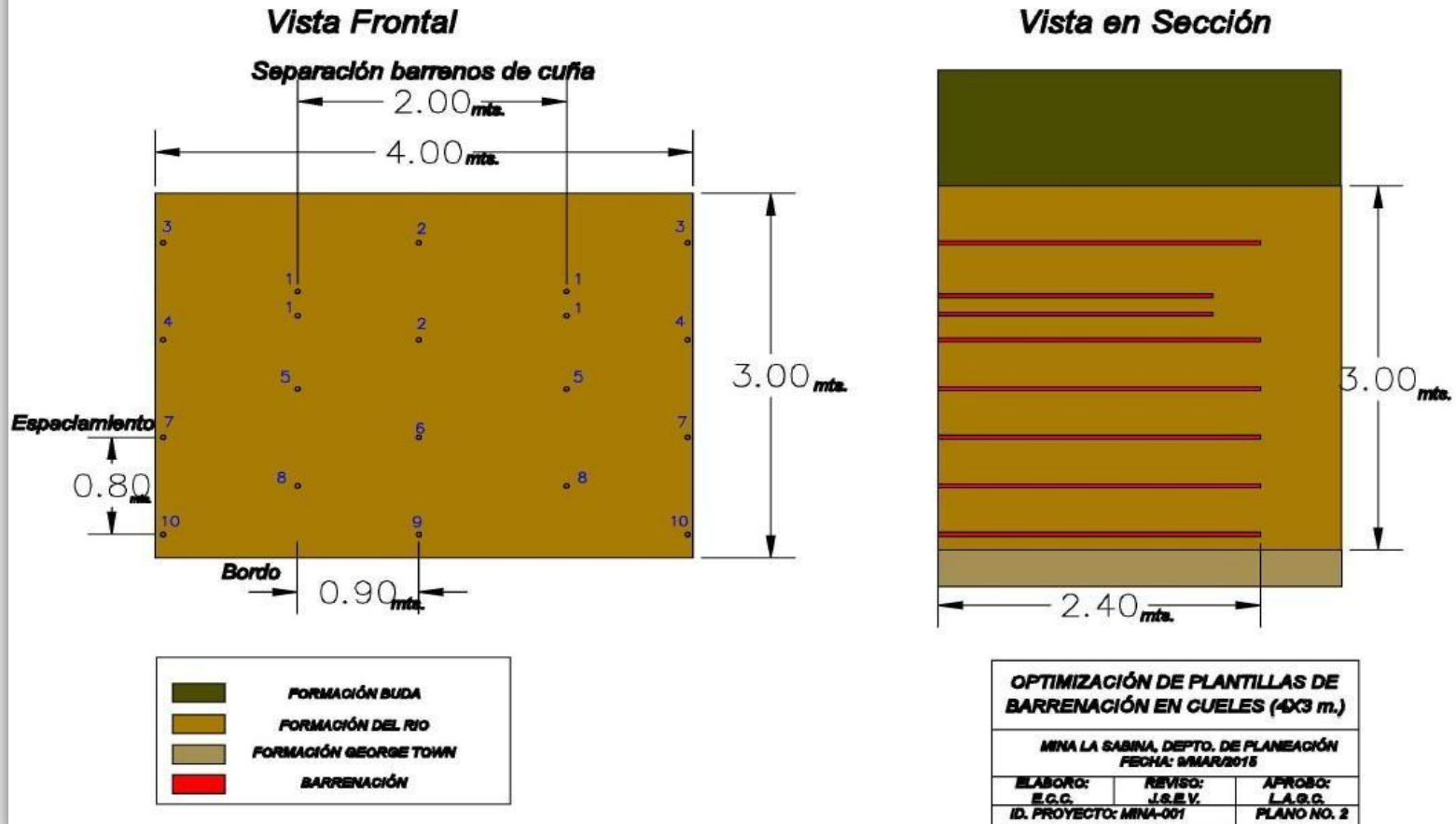


Figura 22. Esquema de la plantilla de barrenación en obras de desarrollo de 4 x 3 m.

## V.2.7. Comentarios

El proyecto de optimización de la plantilla de barrenación en cueles mostró resultados interesantes y cumple con los objetivos planteados. Ya que se logró encontrar una plantilla más óptima, haciendo mínimos cambios en las variables del diseño que se aplicaba anteriormente.

El éxito de estas pruebas radica en que se logró aprovechar mejor el reparto de energía del explosivo mejorando su distribución. Con esto se pudieron eliminar barrenos, lo cual nos da un beneficio económico y a su vez se logra tener un avance lineal dentro de los rangos esperados.

Por otro lado se notó un mayor rendimiento en la broca del nuevo proveedor; ya que de acuerdo a los registros generados se pudo obtener un rendimiento estimado mayor al que se tenía anteriormente, lo cual justifica la propuesta de cambiar de proveedor y utilizar el nuevo producto para obras en estéril en general.

## VI. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Ambos proyectos reflejan resultados favorables, pero para tener una mejor concepción de su aplicación y comprender el alcance que realmente tiene esta táctica, se analizó y estudió la manera de integrar los resultados de ambos proyectos de una manera conveniente; con el fin de que los dos proyectos sean integrados y se presente de una forma simple esta táctica operativa.

Comenzando con el proyecto de productividad laboral, la tabla 7 presenta una comparativa de los resultados del proyecto extensión de turnos.

**Tabla 7. Tabla comparativa de resultados del proyecto de extensión de los turnos.**

<b>Departamento de Planeación e Ingeniería</b>			
<b>Tabla Comparativa de Resultados, Proyecto Extensión de turnos</b>			
	<b>TURNO DE 8 HORAS</b>	<b>TURNO DE 10 HORAS</b>	<b>TURNO DE 12 HORAS</b>
Tiempo Muerto	<b>15%</b>	<b>11%</b>	<b>12%</b>
Barrenos / Turno	<b>38</b>	<b>53</b>	<b>66</b>
Metros Barrenados/ Turno	<b>71.6</b>	<b>116.2</b>	<b>151.9</b>
Metros Barrenados/ Hora Efectiva	<b>18.3</b>	<b>20.8</b>	<b>24.1</b>
Toneladas/Hombre Turno	<b>36.32</b>	<b>55.54</b>	<b>74.27</b>
Costo de Mano de Obra/Ton	<b>12.35</b>	<b>11.74</b>	<b>11.43</b>

Luego de analizar los resultados en el escritorio, fue fácil identificar que el turno que cumple con los objetivos planteados y representa mayores beneficios en productividad y costo es el turno de doce horas.

La tabla 8 muestra una variación de los resultados del turno de doce horas con respecto al turno que se lleva actualmente en la mina.

**Tabla 8. Comparativa del turno de 12 horas con respecto al turno de 8 horas.**

<b>Departamento de Planeación e Ingeniería</b>	
<b>Tabla Comparativa Turno 12 Horas con Respecto al Turno de 8 Horas</b>	
	<b>Variación</b>
Disminución de Tiempo Muerto	<b>3%</b>
Incremento de Barrenos / Turno	<b>73.7%</b>
Incremento de Metros Barrenados/ Turno	<b>73.7%</b>
Incremento de Metros Barrenados/ Hora Efectiva	<b>31.6%</b>
Incremento de Toneladas/Hombre Turno	<b>104%</b>
Disminución de Costo de Mano de Obra/Ton	<b>7.5%</b>

En la tabla 8 se puede apreciar que hubo mejora en todos los aspectos que se evaluaron. Esta tabla sirve como respaldo para proponer que se lleva a cabo una extensión del turno para el personal perforista de cuatro horas más, es decir que se manejen solamente dos turnos de doce horas cada uno.

En cuanto al proyecto de optimización de las plantillas de barrenación en las obras de desarrollo y preparación; después de realizar diversas pruebas se seleccionó un diseño simple y costo-efectivo.

En la siguiente tabla se comparan los resultados de este con respecto a las plantillas de barrenación que se realizan actualmente en mina.

**Tabla 9. Comparativa de resultados de plantillas de barrenación en obras en estéril.**

Departamento de Planeación e Ingeniería										
Comparativa de Plantilla de Barrenación para Obras en Estéril										
		BARRENOS	COSTO /CUELE	CUELES/DÍA	CUELES/MES	COSTO CUELES/DÍA	COSTO CUELES/MES	EFICIENCIA [%]	t [min.]	F.Ckg/Ton
2014	PLANTILLAS ANTERIORES	24	\$ 1,320.89	8.00	208.00	\$ 10,567.12	\$ 274,745.12	85%	162	0.662
2015	PLANTILLA TRESBOLILLO	20	\$ 1,062.00	8.00	208.00	\$ 8,496.00	\$ 220,896.00	91%	130	0.545

La nueva plantilla al tresbolillo muestra varios beneficios. El principal cambio consiste en la distribución de los barrenos en la frente de trabajo y con este es posible hacer más eficiente el reparto de la energía del explosivo en la pegada; dicho reparto permite que la plantilla tenga menos barrenos en la frente.

En la siguiente tabla se presentan los beneficios al estandarizar la nueva plantilla de barrenación para todas las obras en estéril (obras de desarrollo y preparación).

**Tabla 10. Beneficios de aplicar la nueva plantilla de barrenación.**

Departamento de Planeación e Ingeniería	
Beneficios de Aplicar la Plantilla al Tresbolillo	
	Variación
Aumento de Efectividad de Avance	7 %
Disminución de Factor de Carga	18 %
Disminución de Costo/Cuele	19.6 %

A continuación se presenta un cuadro comparativo que muestra las diferencias en la productividad entre el modelo propuesto y el anteriormente utilizado.

**Tabla 11. Cuadro comparativo de productividad de las brocas.**

<b>Departamento de Planeación e Ingeniería</b>			
<b>Cuadro Comparativo de Productividad de las Brocas</b>			
	<b>Marca Anterior</b>	<b>Marca Nueva</b>	<b>Variación</b>
Metros Barrenados/ Broca	<b>598</b>	<b>850</b>	<b>29.6%</b>

### V1.1. Propuesta de la Aplicación de la Táctica Operativa en la Mina.

Después de haber reunido y analizado los resultados, fue posible adecuar los datos obtenidos en el campo y proponer con ello una serie de acciones sencillas y fáciles de aplicar en la etapa de producción de mineral, específicamente al ciclo de barrenación con máquina de pierna neumática.

La primera propuesta consiste en realizar un cambio en el esquema de trabajo del personal perforista de la mina, ya que estos trabajan tres turnos de ocho horas, manteniendo una rotación cada semana.

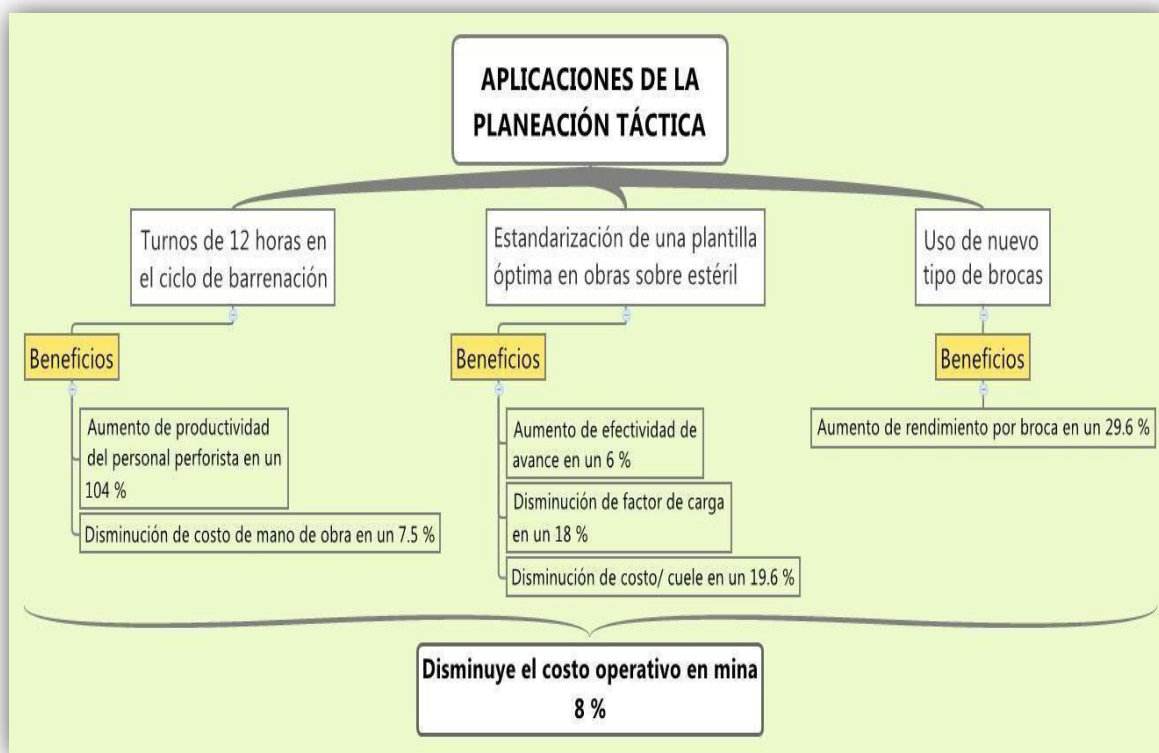
El cambio sería a un esquema de trabajo de dos turnos por día, la duración del turno sería de doce horas. Hay que mencionar que su forma de pago se mantiene sin cambios, esta consta de un cobro por destajo basado en la productividad por turno de trabajo.

La segunda propuesta radica en la estandarización del nuevo diseño de plantillas de barrenación para obras de desarrollo y preparación en la mina ya que se observó que como resultado se obtiene un ahorro importante en insumos, en tiempo de trabajo y una mayor eficiencia por pegada, lo cual repercute directamente en el costo y la eficiencia del proceso de producción de mineral.

Si bien es cierto que se trata de un pequeño cambio, los ahorros son considerables ya que las obras de desarrollo y preparación constituyen el 25% del total de los trabajos de barrenación de la mina.

Finalmente, la tercera propuesta sugiere la adquisición de brocas con mejores características para el tipo de terreno que se presenta en la mina ya que como se pudo constatar las características de las brocas de un nuevo proveedor registran un mejor rendimiento.

A continuación se presenta un diagrama que muestra los resultados de las aplicaciones de esta táctica operativa en la mina:



**Figura 23. Esquema de resultados de las aplicaciones de la planeación táctica.**

En el esquema anterior se resaltan los beneficios que traen consigo las aplicaciones de los proyectos que conforman la táctica operativa. Como se ha mencionado, esta planeación táctica se enfoca a la explotación de mineral con máquina de pierna cuyo alcance solamente involucra al proceso denominado: “Producción Mina”. También se puede apreciar que la aplicación simultánea de dichos proyectos logra una disminución potencial del 8% en los costos operativos mensuales.



## VII. CONCLUSIONES

En esta operación minera se comprendieron los objetivos del corporativo, se analizaron las estrategias de producción de la compañía y se incorporó información proveniente de la operación minera con la cual fue posible diseñar tácticas orientadas a la reducción del costo operativo en el proceso de explotación de mineral.

La implementación de dichas tácticas se derivó en proyectos de ingeniería sencillos y funcionales; enfocados en los siguientes factores: productividad y eficiencia operativa y que al aplicarse de manera simultánea representan una reducción del 8 % en el costo de explotación de la mina.

El éxito de esta planeación táctica fue posible al mantener una administración eficiente de los recursos, un análisis correcto de los indicadores clave de desempeño y sobre todo a la sincronía que esta tiene con las estrategias de producción y los objetivos de la empresa.

## VIII. BIBLIOGRAFÍA

- Barber, Jon, y Brad Moore. «Strategy and Tactics in Mine Planning.» *Gemcom Minex*, 2011.
- Basis, Austin. «Uso y Manejo de Explosivos.» 2014.
- Camus, Juan. *Management of Mineral Resources: Creating Value in the Mining Business*. Littleton, Colorado: SME, 2002.
- Champigny, Normand, Arturo López, y Aaron Carter. «Sustainable Cost Reduction in the Mining Sector.» *Price Waterhouse Coopers LLD*, 2011.
- Kear, R.M. «Strategic and Tactical Mine Planning Components.» *The Journal of the South African Institute of Mining and Metallurgy*, 2006.
- Klippel, Altair Flamarion, Carlos Otávio Petter, y José Antonio Valle Antunes Jr. *La Aplicación de la Administración Lean en las Industrias de Minería*. Dyna, 2008.
- Konya, Calvin J. *Blast Design*. Intercontinental Development Corporation, 1995.
- Mexichem Servicios Flúor. *Manual del Sistema de Gestión*. San Luis Potosí, 2014.
- Sánchez, Francisco Gonzalez. *Caracterización y Génesis de los Yacimientos Minerales Estratoligados de Celestita, Barita, Fluorita y Plomo-Zinc del Noreste de México*". UNAM, 2008.
- «Sandvik Top Hammer Rock Drilling Tools.» *Sandvik Product Catalogue* (Sandvick), 2013.
- Sen, Roberto Espriú. «Planeación Estratégica.» *Curso Planeación Estratégica*. México D.F., 2015.
- Servicio Geológico Mexicano. *Informe del programa de exploración realizado en el lote minero "Fátima 10", ubicado en el municipio de Melchor Múzquiz, Coahuila*. Pachuca, Hidalgo: SGM, 2010.