



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería de Minas

“DISEÑO DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN LED
PARA REDUCIR COSTOS DE CONSUMO DE
ENERGÍA EN LA LABOR KARINA DE LA
CONCESIÓN SAN LUIS”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero de Minas.

Autores:

Otto Martín Pflucker Mendoza

Jhonny Alexander Linares Sánchez

Asesor:

Ing. Elmer Ovidio Luque Luque

Cajamarca - Perú

2019

DEDICATORIA

Esta tesis se la dedico a mis padres, quienes guiaron mis pasos profesionales y me motivaron cada día a la superación.

Jhonny Linares.

Dedico este proyecto de tesis a Dios y a mis padres. A Dios porque ha estado conmigo en cada paso que doy, cuidándome y dándome fortaleza para continuar con mi objetivo, a mis padres, quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación, siendo mi apoyo en todo momento, depositando su entera confianza en cada reto que se me presento, sin dudar ni un solo momento en mi inteligencia y capacidad. Es por ello que ahora soy lo que soy.

Otto Pflucker.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, por brindarme la vida y la salud, a mis padres por brindarme los valores para ser una persona de bien, y a todas aquellas personas que contribuyeron en mi desarrollo personal.

Jhonny Linares.

En primer lugar, a Dios por haberme guiado por el camino de la felicidad; segundo, a cada uno de los que son parte de mi familia, a mis Padres, hermanos; por siempre haberme dado su fuerza y apoyo incondicional que me han ayudado y llevado hasta donde he llegado ahora. Por último, a mis compañeros de estudio, docentes; porque en esta armonía grupal lo he logrado y a mi asesor de tesis que nos ayudó en todo momento.

Otto Pflucker.

Tabla de contenidos

	Pág.
DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO.....	3
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE FIGURAS	8
RESUMEN	9
CAPITULO I. INTRODUCCIÓN	10
1.1. Realidad problemática.....	10
1.2. Formulación del problema	13
1.3. Objetivos	13
1.4. Hipótesis.....	14
CAPITULO II. METODOLOGÍA	15
2.1. Tipo de investigación	15
2.2. Población	17
2.3. Muestra	17
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos	17
CAPITULO III. RESULTADOS	21
3.1. Levantamiento topográfico de la labor subterránea	21
3.2. Diagnóstico de la iluminación actual.....	31
3.3. Diseño del sistema de iluminación LED dentro de las labores subterráneas	33
3.4. Análisis económico comparativo del sistema de iluminación actual y del sistema LED	57
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	61
4.1 Discusión.....	61
4.2 Conclusiones	62
REFERENCIAS	63

	Pág.
ANEXOS	67
ANEXO n.º 1. Matriz de consistencia.....	67
ANEXO n.º 2. Panel fotográfico	68
ANEXO n.º 3. Análisis de calidad de aire	72

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Ficha de toma de datos topográficos.	17
Tabla 2 Descripción de luminaria Insaver Led.....	18
Tabla 3 Procedimiento para elaborar el documento de tesis.	20
Tabla 4 Procedimiento para analizar de datos.	20
Tabla 5 Rutas de acceso a la concesión San Luis.....	22
Tabla 6 Libreta de campo para triangulación.	24
Tabla 7 Resumen de azimuts y ángulos horizontales.	25
Tabla 8 Datos para poligonal.....	30
Tabla 9 Cálculo de cableado actual.	32
Tabla 10 Costos de accesorios del sistema de iluminación actual.	32
Tabla 11 Costos del sistema de iluminación actual.....	33
Tabla 12 Costos por alquiler de luminaria.....	33
Tabla 13 Descripción de luminaria LED a utilizarse en la labor Karina.....	34
Tabla 14 Características del panel solar.	35
Tabla 15 Características del cable a utilizar.	37
Tabla 16 Energía necesaria para el sistema propuesto.	44
Tabla 17 Energía necesaria diaria para el sistema propuesto.	44
Tabla 18 Energía necesaria anual para el sistema propuesto.....	44
Tabla 19 Cotización de compra de bombillas LED.....	44
Tabla 20 Cotización de compra de cable 12.....	45
Tabla 21 Cotización de compra de sóquetes.	45
Tabla 22 Cotización de compra de farolas LED.....	45
Tabla 23 Cotización de compra de manguera RVK.....	46
Tabla 24 Cotización de compra de postes de madera.....	46
Tabla 25 Cotización de compra del panel solar.....	47
Tabla 26 Cotización de compra del regulador de carga.	47
Tabla 27 Cotización de compra de la batería.	47
Tabla 28 Cotización de compra de cable solar 6mm2.....	48
Tabla 29 Cotización de compra de conectores.	48
Tabla 30 Cotización de compra de juego de bornes.....	49

	Pág.
Tabla 31 Cotización de compra de estructura metálica para paneles.	49
Tabla 32 Cotización de compra de cemento.....	49
Tabla 33 Cotización de fierro ¼” para estribos.	50
Tabla 34 Cotización de fierro ½” para columnas.	50
Tabla 35 Cotización de alambre número 16.	50
Tabla 36 Cotización de alambre número 8.	51
Tabla 37 Cotización de clavos 2 ½”.....	51
Tabla 38 Cotización de calaminas.	51
Tabla 39 Cotización de hormigón grueso.....	52
Tabla 40 Cotización de hormigón fino (para asentar ladrillo).....	52
Tabla 41 Cotización de arena de tarrajeo.	53
Tabla 42 Cotización de madera.	53
Tabla 43 Cotización de ladrillo.	53
Tabla 44 Cotización de mano de obra para construir el almacén del circuito solar.	54
Tabla 45 Cotización de instalación de paneles solares.....	54
Tabla 46 Cotización de instalación de red eléctrica.	54
Tabla 47 Costos del diseño propuesto.	55
Tabla 48 Costos de mantenimiento del sistema.....	56
Tabla 49 Comparación de costos de inversión.	57
Tabla 50 Comparación de flujos salientes.....	58
Tabla 51 Flujo de caja del sistema de iluminación LED.....	59
Tabla 52 Matriz de consistencia.	67
Tabla 53 Concentración de Partículas en Suspensión PM ₁₀	72
Tabla 54 Concentración de partículas en suspensión PM _{2.5}	72
Tabla 55 Concentración de Dióxido de Azufre (SO ₂).....	73
Tabla 56 Concentración de Monóxido de Carbono (CO).	73
Tabla 57 Concentración de Dióxido de Nitrógeno (NO ₂)-12h.....	74
Tabla 58 Concentración de ruido-12h.	74

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Ubicación de la labor subterránea en la concesión San Luis.	21
Figura 3. Bombilla LED a utilizarse en la Labor Karina.	34
Figura 4. Panel Solar 270W Policristalino Talesun.....	36
Figura 5. Ubicación de las bombillas LED.	38
Figura 6. Distancias de cableado.	38
Figura 7. Farolas LED para alumbrado público.	39
Figura 8. Ubicación de las farolas LED.	40
Figura 9. Distancia para cablear las farolas.	41
Figura 10. Funcionamiento de la energía solar.....	41
Figura 11. Diseño del sistema de iluminación en la labor Karina.	43
Figura 12. Contraste de flujo saliente mensual.....	61
Figura 13. Contraste de inversión.....	61

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue diseñar un sistema de iluminación LED para reducir costos de consumo de energía en la labor Karina de la concesión San Luis, para ello primero se elaboró el plano topográfico de la labor, se realizó el diagnóstico actual de iluminación, se diseñó un sistema de iluminación LED y finalmente se comparó el sistema de iluminación actual con la propuesta del sistema LED. La investigación fue aplicada, explicativa, cuantitativa y no experimental. En el levantamiento topográfico se evidencia que el avance de la labor Karina de la concesión San Luis es de 323.07 metros, además se trianguló tres puntos fuera de la labor subterránea donde se colocarían tres farolas LED. En el diagnóstico actual de iluminación en la labor Karina se evidencia que los costos actuales entre cableado y bombillas de luz normal es de 515.07 soles, los gastos de interruptores, instalación y casquillo de bombillas ascienden a 3 134.00 soles. Y finalmente los costos de mensuales que implica el sistema de iluminación actual es de 8 060.00 soles incluyendo el alquiler del generador y de la luminaria. El sistema de iluminación LED, consiste en la instalación de un circuito solar comprendido por paneles y en la instalación de bombillas y farolas LED, las cuales consumen menos energía que la habitual. el sistema solar lo implementará la empresa Autosolar Energía del Perú S.A.C. El costo del sistema propuesto asciende a 16 802.55 soles y el mantenimiento de este sistema es 500 soles semestrales, además se consideró 110 soles en gastos por inconvenientes. El sistema de iluminación actual representa altos costos mensuales para la empresa sin embargo con la propuesta del sistema LED en la labor Karina de la concesión San Luis se ahorrarán 7 450.00 soles al sexto mes.

Palabras clave: iluminación, consumo de energía, LED, panel solar.

CAPITULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

La iluminación minera plantea desafíos, en las minas subterráneas la luz artificial es la única fuente de iluminación (Córdova, 2017, p. 18).

Ninguna persona podrá ingresar al interior de la mina, sin contar con un sistema de iluminación personal, aprobado por la Administración para tal objetivo. Se deberá disponer de alumbrado de emergencia en todos los recintos, accesos, pasillos y vías de escape de una mina subterránea (Zambrano, 2017).

En este sentido, los sistemas de iluminación constituyen un factor determinante en la seguridad, productividad y continuidad operacional de las operaciones mineras, lo cual se hace aún más patente en el caso de faenas subterráneas, debido a la ausencia de fuentes naturales de luz (Herrera, 2013).

Hoy en día existen las posibilidades de asegurar una protección adecuada al trabajo minero. Hay detectores de gas, las vigas que sostienen los túneles son más seguras, la luz es más eficiente y provee de una mejor iluminación. La tecnología ha permitido crear un alumbrado más eficiente y que brinde mayor seguridad. El LED, por ejemplo, tiene una mayor vida útil, permite reducir los costos de mantenimiento, reduce el consumo de energía, se incrementa la calidad de luz en relación con las tecnologías de Sodio del pasado, tiene una menor emisión de calor, puede trabajar en temperaturas entre $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ y, también pueden contar con un sistema a prueba de fallos (Moreno, Nova y Salamanca, 2013).

La iluminación LED, fortalecen la seguridad en las faenas mineras, junto con generar un ahorro energético de hasta un 75%, comparado con las propuestas convencionales.

Actualmente, en Perú las necesidades en este ámbito muestran una creciente complejidad, ya que la búsqueda de leyes superiores en los minerales requiere a yacimientos de superficie ir bajo tierra, y en el caso de las subterráneas a mayor profundidad, lo que implica ambientes más demandantes (Espinoza, 2017).

En la labor Karina de la concesión San Luis 2018, se cuenta con un sistema de iluminación sin embargo para reducir los costos se propone un diseño de iluminación LED acorde a las condiciones de la labor.

Dentro de los antecedentes internacionales tenemos:

Abril y Matute (2015), presentaron su tesis titulada *“Análisis del área de cobertura para la tecnología de comunicación por luz visible dentro de los túneles mineros”*, mejoró el entorno de trabajo dentro de una mina teniendo en cuenta que no genera calor y se tiene bajo consumo de energía eléctrica. Además, diseñó cada celda óptica se define con un hexágono, puesto que es la zona de cobertura útil de cada lámpara LED, entonces, se tiene que realizar un análisis de geometría celular para alcanzar la máxima cobertura posible dentro de la mina. La distribución de cada lámpara tiene que ser exacta, para esto se debe conocer con exactitud el ángulo de visión del LED, radio de cobertura útil y dimensiones exactas de la mina.

Benjumea (2013), presentó su tesis titulada *“Propuesta para la implementación del sistema “LED” para la iluminación pública en Antioquia”*, explicó que debido a la gran acogida de la tecnología LED para la iluminación pública, se han creado programas mundiales como “the LED City” que incentivan y ayudan a la plantación de proyectos de iluminación vial a base de LED. Para un proyecto de iluminación de una vía de poco tránsito y una avenida la recuperación de la inversión se dará a los 6

años aproximadamente. Los ahorros aproximados al cabo de veinte años por concepto de energía después de la recuperación de la inversión es de \$656.347.000 en una vía de poco tránsito y de \$929.000.000 en una avenida.

Dentro de los antecedentes nacionales tenemos:

Espinoza (2017), presentó su tesis titulada “*Diseño de un sistema de iluminación LED alimentado por paneles solares aplicado a minería de cielo abierto*”, explica que una torre de iluminación es un equipo que se usa para iluminar lugares remotos donde no es posible el acceso a la corriente eléctrica. En la actualidad estos equipos son implementados mediante generadores de corriente eléctrica que funcionan gracias a la quema de combustible. En su tesis se propone implementar un equipo de iluminación, que obtendrá energía a partir de un sistema fotovoltaico. Dado que es un equipo electrónico alimentado por energía renovable logrará reducir costos de operación y mantenimiento, así como reducirá la contaminación sonora y del medio ambiente.

Herrera (2013), presentó su tesis titulada “*Calidad de iluminación en ambientes de trabajo de la Dirección General de Salud Ambiental*”, determinó que la calidad iluminación en los ambientes de trabajo de la Dirección General de Salud Ambiental es medio o regular, demostrado por dos métodos, la ecuación lineal determinó dos variables de calidad alto y una de calidad medio; el método de la matriz difusa relacional se determinó medio. Los niveles de iluminación en los ambientes de trabajo tienen un promedio de 311.73 lux; valor ubicada en la categoría alto. El factor de uniformidad, que indica la distribución de la luz en los ambientes se encuentra en la categoría alto, por el método de la matriz difusa relacional se halló excelente.

Dentro de los antecedentes locales sólo se encontró el siguiente:

Ruiz (2019), presentó su tesis titulada “*Diseño del sistema de iluminación Led del campo deportivo coliseo Multiusos en el Complejo Qhapac Ñan – Cajamarca*”, buscó mejorar la calidad Luminosidad y utilizar la iluminación LED del campo deportivo. Para el cálculo de la iluminación del Coliseo Multiusos se ha recurrido al Software ULYSSE 3, y se concluyó que el nivel de iluminación requeridos por el Coliseo Multiusos es de 750 Lux, y el Color de Luz: Blanco Luz del día. Y es necesario: 04 baterías de luminarias que estarán constituidas por: 06 Luminarias OMNIBlast 1 72 LEDs 2000mA CW85 Flat, Glass Extra Clear, Smooth 5182 Narrow beam; 05 Luminarias OMNIBlast 1 72 LEDs 2000mA CW85 Flat, Glass Extra Clear, Smooth 5184 Medium beam 380032. Todas las luminarias estarán montadas a una altura de 33 m.

1.2. Formulación del problema

¿Se ahorran los costos por consumo de energía al diseñar un sistema de iluminación LED en la labor Karina de la concesión San Luis?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Diseñar un sistema de iluminación LED para reducir costos de consumo de energía en la labor Karina de la concesión San Luis.

1.3.2. Objetivos específicos

- Elaborar el plano topográfico de la labor Karina en la concesión San Luis.
- Realizar el diagnóstico actual de iluminación en la labor Karina en la concesión San Luis.

- Diseñar un sistema de iluminación LED dentro de las labores subterráneas en la labor Karina de la concesión San Luis.
- Comparar el sistema de iluminación actual con la propuesta del sistema LED en la labor Karina de la concesión San Luis.

1.4. Hipótesis

1.3.3. Hipótesis general

Al diseñar un sistema de iluminación LED se reducirán los costos de consumo de energía en la labor Karina de la concesión San Luis.

1.3.4. Hipótesis específicas

- En el plano topográfico de la labor Karina en la concesión San Luis ayudará a determinar la cantidad de metros que se debe iluminar.
- El diagnóstico actual de iluminación en la labor Karina en la concesión San Luis, determina que los costos implicados son altos por consumo de energía para la empresa.
- El diseño un sistema de iluminación LED dentro de las labores subterráneas en la labor Karina de la concesión San Luis, mejora el desarrollo de las labores.
- El sistema de iluminación actual es más costoso que la propuesta del sistema LED en la labor Karina de la concesión San Luis.

CAPITULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

Los tipos de investigación más frecuentes según la clasificación de la guía de investigación de la universidad privada del norte (Oblitas, 2018), son:

Según su propósito:

- Investigación Básica: Su finalidad es la obtención de conocimientos de diferente índole, sin tener en cuenta la aplicabilidad de los conocimientos obtenidos.
- Investigación Aplicada: Está centrada en encontrar mecanismos o estrategias que permitan lograr un objetivo concreto. Por consiguiente, el tipo de ámbito al que se aplica es muy específico y bien delimitado.

De acuerdo a esta clasificación, la investigación fue Aplicada, porque se enfocó en lograr un objetivo concreto que fue reducir los costos de iluminación en minería subterránea.

Según su profundidad:

- Exploratoria: Persigue explorar un fenómeno o aspecto. No requiere de hipótesis.
- Descriptiva: Tiene como objetivo central describir el comportamiento de una o más variables dependientes en una población definida o en una muestra de una población.
- Explicativa: No solo pretende observar variables, sino estudiar las relaciones de influencia entre ellas para conocer su estructura y los factores que intervienen en los fenómenos y su dinámica.
- Correlacional: En esta modalidad investigativa se tiene como propósito evaluar la relación que exista entre dos o más variables o conceptos.

La investigación fue Explicativa, porque se estudió las relaciones de influencia, su estructura y los factores que intervienen entre el sistema de iluminación y los costos de consumo en la concesión minera.

Según la naturaleza de datos

- Cualitativa: Se centra en la obtención de datos en principio no cuantificables, basados en la observación.
- Cuantitativa: Se centra en el estudio y análisis de la realidad a través de diversos procedimientos basados en la medición. Permite un mayor nivel de control e inferencia que otros tipos de investigación, siendo posible realizar experimentos y obtener explicaciones contrastadas a partir de hipótesis.

La investigación es Cuantitativa, porque se centró en el estudio y análisis de la iluminación mediante de diversos procedimientos de medición.

Según su manipulación de la variable

- No experimental: Trabajan con hechos de experiencia directa no manipulados. Este tipo de investigación se basa fundamentalmente en la observación.
- Experimental: Se basa en la manipulación de variables en condiciones altamente controladas, replicando un fenómeno concreto y observando el grado en que la o las variables implicadas y manipuladas producen un efecto determinado.
- Cuasi experimental: Se asemeja a la experimental en el hecho de que se pretende manipular una o varias variables concretas, con la diferencia de que no se posee un control total sobre todas las variables.

La investigación es no experimental, ya que el estudio sólo se centra en el diseño del sistema de iluminación que impacta positivamente en las operaciones mineras.

2.2. Población

323.07 metros de avance en la Labor Karina de la Concesión minera San Luis 2018.

2.3. Muestra

270 metros de iluminación LED en la labor subterránea Karina.

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

2.4.1. Técnicas de recolección de datos

- Observación directa: con esta técnica se va a observar las condiciones de la labor que pueden afectar la iluminación.
- Observación indirecta: con esta técnica se analizaron los documentos referentes a métodos de iluminación minera.
- Entrevista: se entrevistó al jefe de operaciones de la labor Karina de la concesión San Luis para evidenciar la afectación por una mala iluminación.

2.4.2. Instrumentos de recolección de datos

Los instrumentos necesarios para la realización de esta investigación fueron:

- Ficha de recolección de distancias en el levantamiento topográfico: mediante esta ficha se determinaron las distancias entre dos puntos a lo largo de la labor, y sirvió para calcular el cable conductor de energía.

Tabla 1
Ficha de toma de datos topográficos.

Estación	Vista adelante	DI	< Horizontal	< Vertical	DH	DV
A	1					
1	2					
2	3					
3	4					
4	5					
.						
.						
.						

- Ficha de recolección de especificaciones del sistema de iluminación:
mediante esta ficha se recolectaron las características de los equipos que
se van a utilizar en el diseño del sistema de iluminación.

Tabla 2

Descripción de luminaria Led.

Número de orden
Color de la luz
Tecnología
Promedio de vida útil (horas)
Código EAN
Certificaciones
Montaje
Carcasa
CRI (Ra)
Ángulo de haz
Temperatura de color (K)
Flujo luminoso (lm)
Eficacia (lm/w)
Tensión (V)
Lámparas
Color
Lámpara incluida
Clasificación IP
Clasificación IK

- Guía de entrevista: se entrevistó al jefe de operaciones utilizando las
preguntas especificadas en el anexo 5.

2.4.3. Técnicas de análisis de datos

Para el análisis de datos se utilizaron las siguientes técnicas:

- **Análisis numérico**

Se analizaron datos numéricos como el costo de iluminación, para ello se
utilizó el análisis inferencial no paramétrico, ya que los datos que son
flexibles y no siguen una distribución normal, como lo son los costos.

- **Análisis textual**

Se analizaron antecedentes teóricos y se redujeron grandes cantidades de contenido textual no estructurado a datos manejables relevantes para la evaluación.

2.4. Procedimiento

– **Para la entrevista:**

- Se determinó que la entrevista se va a aplicar al jefe de operaciones de la empresa minera.
- Se elaboraron las preguntas bases.
- Se definió el tiempo y el lugar de la entrevista y encuesta.
- Se aplicaron las preguntas correspondientes.
- Se escribieron los resultados, verificando la conformación con el entrevistado.
- Se archivaron los resultados en un documento digital para su posterior análisis.

– **Para la revisión documental:**

- Preparación del instrumento: se analizaron los costos de consumo de energía en la iluminación de la labor subterránea Karina.
- Secuencia de la revisión: estudiar los costos obtenidos por mes.

– **Para la realización del documento de tesis:**

Se siguieron las etapas fundamentales para la elaboración del documento de tesis mediante la tabla 3.

Tabla 3
Procedimiento para elaborar el documento de tesis.

Pasos	Detalle
Trabajo de gabinete	Se analizó los reportes del proceso de iluminación en la labor subterránea, información bibliográfica y se elaboró la entrevista.
Trabajo de campo	Se realizó visitas a la mina, donde se aplicó la entrevista, además se observó el proceso de extracción mineral. Finalmente, se evaluó el sistema de iluminación actual.
Trabajo de gabinete	Se analizó económicamente la implementación del diseño de iluminación LED en la labor subterránea Karina.

– **Para análisis de datos:**

Se siguieron las etapas fundamentales para el análisis de datos se presentan en la tabla 4.

Tabla 4
Procedimiento para analizar de datos.

Fases	Detalle
Estadística descriptiva	Se describieron la distribución de frecuencias de costos mensuales en iluminación.
Pruebas estadísticas	Se utilizaron coeficientes de correlación en cuanto a presencia de gases dentro de la labor subterránea y los límites máximos permisibles.

CAPITULO III. RESULTADOS

3.1. Ubicación y accesos

La concesión minera San Luis se ubica entre los distritos de San Luis y San Bernardino pertenecientes a la provincia San Pablo y al departamento de Cajamarca, su extensión son 100 hectáreas y consta de tres labores subterráneas; la labor Karina que es la principal, la labor Leysy y la labor María (ver figura 1).



Figura 1. Ubicación de la labor subterránea en la concesión San Luis.

Para acceder a la zona de estudio se tomaron las rutas mostradas en la tabla 5, partiendo desde la ciudad de Cajamarca.

Tabla 5
Rutas de acceso a la concesión San Luis.

Ruta 1		
Tramo	Distancia (km)	Tiempo
Cajamarca – Llallán	96 km	2 horas 10 minutos
Llallán – Concesión San Luis	8 km	15 minutos
Ruta 2		
Cajamarca – San Pablo	64 km	1 hora 12 minutos
San Pablo – San Luis	42 km	57 minutos
San Luis – Concesión San Luis	17 km	30 minutos

3.2. Levantamiento topográfico de la labor subterránea

En la figura siguiente se muestra el levantamiento de la labor Karina en la concesión San Luis, en cada uno de los puntos numerados (1, 2, 3, 4 ... 14), se encuentra un foco de iluminación, es decir actualmente en la labor se encuentran 16 focos. Sin embargo, el personal reporta que la falta de iluminación no permite el desarrollo fluido de las operaciones mineras.

– Cálculo de los Azimut de la Triangulación N° 1

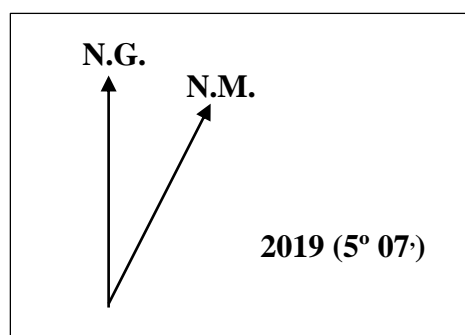
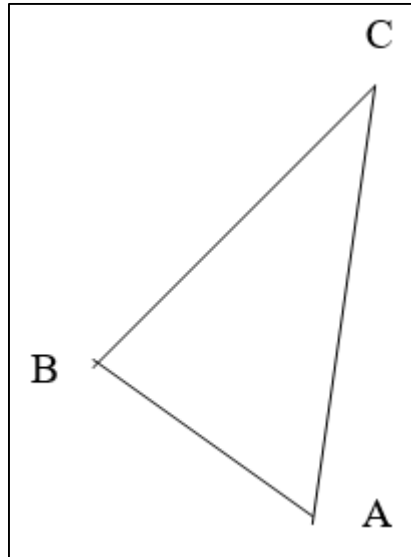


Figura 2. Declinación magnética.

La declinación magnética anual es $5^{\circ} 07'$ para el año 2019 (Instituto Geofísico del Perú, 2019):

Lo cual sumado con el azimut B – A obtenemos: $125^{\circ} + 5^{\circ} 07' 00'' = 130^{\circ} 07' 00''$.



$$\begin{array}{r} \text{Azimut B a A} = 130^{\circ} 07' 00'' + \\ \underline{180^{\circ}} \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \text{Azimut A a B} = 310^{\circ} 07' 00'' + \\ \angle A = \underline{100^{\circ} 11' 14''} \\ 410^{\circ} 18' 14'' - \\ \underline{360^{\circ}} \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \text{Azimut A a C} = 50^{\circ} 18' 14'' + \\ \underline{180^{\circ} 00' 00''} \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \text{Azimut C a A} = 230^{\circ} 18' 14'' + \\ \angle C = \underline{36^{\circ} 51' 11''} \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \text{Azimut C a B} = 267^{\circ} 09' 25'' - \\ \underline{180^{\circ}} \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \text{Azimut B a C} = 87^{\circ} 09' 25'' + \\ \angle B = \underline{42^{\circ} 57' 35''} \end{array}$$

$$\text{Azimut B a A} = 130^{\circ} 07' 00''$$

– **Hoja de Cálculo de la Triangulación N° 2**

Tabla 6

Libreta de campo para triangulación.

Vista atrás	Estación	Vista adelante	DI	AI	AS	< Horizontal	<Vertical	Promedio de ángulo vertical
A	B	C	34.35	1.39	–	42° 53' 04"	92° 35' 10" 93° 20' 05"	92° 57' 37.5"
C	A	B	34.35	1.38	–	100° 06' 43"	92° 09' 50" 91° 04' 26"	91° 37' 08"
B	C	A	39.10	1.34	–	36° 46' 40"	91° 36' 10"	91° 36' 10"

Cálculo de las distancias horizontales:

$$\text{DH Lado c} = \text{DI} \cos (90 - < 91^{\circ} 37' 08'')$$

$$\text{DH Lado c} = 34.35 \cos (- < 1^{\circ} 37' 08'')$$

$$\text{DH Lado c} = 34.336$$

$$\text{DH Lado c} = \text{DI} \cos (90 - < 92^{\circ} 57' 37.5'')$$

$$\text{DH Lado c} = 34.35 \cos (- < 2^{\circ} 57' 37.5'')$$

$$\text{DH Lado c} = 34.304$$

$$\text{DH Lado b} = \text{DI} \cos (90 - < 91^{\circ} 36' 10'')$$

$$\text{DH Lado b} = 39.10 \cos (- < 1^{\circ} 36' 10'')$$

$$\text{DH Lado b} = 39.085$$

Punto conocido			
EST.	NORTE	ESTE	Cota
B	9204734.000	740464.000	992.000

DE	A	DH	AZIMUT			Coordenadas parciales		Coordenadas totales		
			°	'	"	ΔN	ΔE	ΔN	ΔE	
A	B	C	34.304	87	09	25	1.701	34.262	9204735.701	740498.262
B	C	A	39.085	230	18	14	-24.964	-30.074	9204710.737	740468.188
C	A	B	34.336	310	07	00	22.124	-26.258	9204732.861	740441.930
			107.725				-1.139	-22.070		

Tabla 7

Resumen de azimuts y ángulos horizontales.

V.AT	EST	V.AD	PROMEDIOS			AJUSTE			AZIMUT							
			°	'	"	°	'	"	Directa			Invertida				
A	B	C	42	53	4	42	57	35	B - C	87	09	25	C - B	267	09	25
C	A	B	100	6	43	100	11	14	A - B	310	07	00	B - A	130	07	00
B	C	A	36	46	40	36	51	11	C - A	230	18	14	A - C	50	18	14
Total			179	46	27	180	00	00								

CALCULO DE LAS ELEVACIONES						
90° - Ángulo vertical			AI	AS	DV	Cota punto
°	'	"				
-2	57	37.5	1.39	0.00	-1.774	991.616
-1	36	10	1.34	0.00	-1.094	991.862
-1	37	08	1.38	0.00	-0.970	992.272
					-3.838	

– **Correcciones de la Triangulación**

- Cálculo de las Correcciones de Coordenadas Parciales

LADO	CORRECCION EN EL EJE "X"
B - C	$(34.304 \times 1.139) / 107.725 = 0.363$
C - A	$(39.085 \times 1.139) / 107.725 = 0.413$
A - B	$(34.336 \times 1.139) / 107.725 = \underline{0.363}$
	1.139

- Compensación de ▲N

LADO	▲N	-	CORRECCION	▲N =	▲N COMPENSADO
B - C	1.701	+	0.363	=	2.064
C - A	-24.964	+	0.413	=	-24.551
A - B	22.124	+	0.363	=	<u>22.487</u>
					0.000

- Cálculo de las Correcciones de ▲E

LADO	CORRECCION EN EL EJE "X"
B - C	$(34.304 \times 22.070) / 107.725 = 7.028$
C - A	$(39.085 \times 22.070) / 107.725 = 8.007$
A - B	$(34.336 \times 22.070) / 107.725 = \underline{7.035}$
	22.070

– Compensación de ΔE

LADO	ΔE	-	CORECCION ΔE	=	ΔE COMPENSADO
B - C	34.262	+	7.028	=	41.290
C - A	-30.074	+	8.007	=	-22.067
A - B	-26.258	+	7.035	=	<u>-19.223</u>
					0.000

– Hoja de Cálculo del Socavón N° 1

Estación	Vista adelante	DI	< Horizontal	< Vertical	DH	DV
A	1	19.900	158° 02' 20"	90° 04' 45"	19.900	-0.027
1	2	18.315	202° 20' 05"	90° 07' 05"	18.315	-0.038
2	3	15.410	180° 44' 17"	90° 09' 08"	15.410	-0.041
3	4	15.430	180° 08' 30"	90° 08' 15"	15.430	-0.037
4	5	16.790	181° 01' 00"	90° 04' 30"	16.790	-0.022
5	6	11.650	175° 12' 15"	89° 25' 20"	11.649	0.117
6	7	20.350	165° 25' 15"	89° 31' 05"	20.349	0.171
7	8	23.700	206° 06' 35"	90° 02' 35"	23.700	-0.018
8	9	17.400	180° 09' 15"	90° 08' 45"	17.400	-0.044
9	10	19.370	182° 00' 20"	90° 35' 15"	19.369	-0.199
10	11	14.100	171° 58' 15"	86° 13' 25"	14.069	0.929
11	12	17.990	177° 23' 15"	89° 51' 45"	17.990	0.043
12	13	9.770	185° 23' 50"	88° 53' 50"	9.768	0.188
13	14	25.60	179° 04' 55"	90° 09' 05"	25.600	-0.068
13	13 A	11.900	248° 06' 55"	89° 06' 55"	11.899	0.184
13 A	13 B	11.550	98° 51' 05"	86° 54' 05"	11.533	0.624
13 B	14	13.260	152° 53' 15"	88° 36' 50"	13.256	0.321

– Cálculo de los Azimut del Socavón

$$\begin{aligned}
 \text{Azimut B a A} &= 130^\circ 07' 00'' + \\
 &\quad \underline{180^\circ} \\
 \text{Azimut A a B} &= 310^\circ 07' 00'' + \\
 &\quad \underline{158^\circ 02' 20''} \\
 &\quad 468^\circ 09' 20'' - \\
 &\quad \underline{360^\circ}
 \end{aligned}$$

$$\text{Azimut A a 1} = 108^{\circ} 09' 20''$$

$$\text{Azimut 1 a 2} = 130^{\circ} 29' 25''$$

$$\text{Azimut 2 a 3} = 131^{\circ} 13' 42''$$

$$\text{Azimut 3 a 4} = 131^{\circ} 22' 12''$$

$$\text{Azimut 4 a 5} = 132^{\circ} 23' 12''$$

$$\text{Azimut 5 a 6} = 127^{\circ} 35' 27''$$

$$\text{Azimut 6 a 7} = 113^{\circ} 00' 42''$$

$$\text{Azimut 7 a 8} = 139^{\circ} 07' 17''$$

$$\text{Azimut 8 a 9} = 139^{\circ} 16' 32''$$

$$\text{Azimut 9 a 10} = 141^{\circ} 16' 52''$$

$$\text{Azimut 10 a 11} = 133^{\circ} 15' 07''$$

$$\text{Azimut 11 a 12} = 130^{\circ} 02' 12''$$

$$\text{Azimut 12 a 13} = 136^{\circ} 02' 12''$$

$$\text{Azimut 13 a 14} = 135^{\circ} 07' 07''$$

$$\text{Azimut 13 a 13 A} = 203^{\circ} 14' 02''$$

$$\text{Azimut 13 A a 13 B} = 122^{\circ} 05' 07''$$

$$\text{Azimut 13 B a 14} = 94^{\circ} 58' 22''$$

– Cálculo de los Ángulos Horizontales

Los ángulos horizontales, se obtuvieron aplicando la siguiente fórmula:

$\text{Angulo Horizontal} = \frac{(\text{Angulo por reiteración2} - \text{Angulo1}) + \text{Angulo 1}}{2}$
--

Así tenemos por ejemplo el cálculo del Angulo horizontal del H:

$$\text{Ángulo del 2} = \frac{(202^{\circ} 20' 10'' - 44^{\circ} 40' 10'') + 44^{\circ} 40' 10''}{2}$$

$$\text{Ángulo horizontal del 2} = 202^{\circ} 20' 05''$$

De esta forma se calcularon es resto de nuestros ángulos horizontales de nuestro socavón:

- Cálculo de los Ángulos Verticales.

Los ángulos verticales, se obtuvieron aplicando la siguiente formula:

$$\text{Angulo Vertical} = \frac{(360^\circ - \text{Angulo vertical invertido}) + \text{Angulo vertical normal}}{2}$$

Así tenemos por ejemplo el cálculo del ángulo vertical del BM

$$\text{Ángulo vertical del 2} = \frac{(360^\circ - 269^\circ 52' 50'') + 90^\circ 07' 00''}{2}$$

$$\text{Ángulo vertical del 2} = 90^\circ 07' 05''$$

- Calculo de la Distancia Horizontal.

La distancia horizontal "DH" se calculó aplicando la siguiente formula:

$$\text{Distancia Horizontal} = \text{Distancia Inclinada} \cos (90^\circ - \alpha)$$

Así tenemos por ejemplo el cálculo de la distancia horizontal del 1- 2:

$$DH = 18.315\text{m} \times \cos (90^\circ - 90^\circ 07' 05'')$$

$$DH = 18.315\text{m}$$

- Cálculo de la Distancia Vertical

La distancia vertical "DV" se calculó aplicando la siguiente formula:

$$\text{Distancia vertical} = \text{Distancia horizontal} \text{tg} (90^\circ - \alpha)$$

Así tenemos por ejemplo el cálculo de la distancia horizontal del 1 - 2:

$$DV = 18.315 \text{ m} \times \text{tg} (90^\circ - 90^\circ 07' 05'')$$

$$DV = -0.038\text{m}.$$

- Cálculo de las Correcciones de ▲N

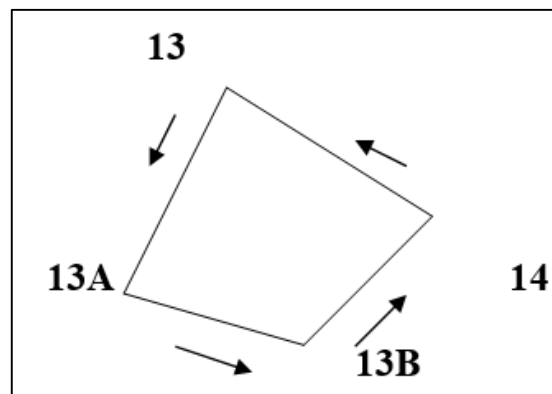


Tabla 8
Datos para poligonal.

Vista atrás	Estación	Vista adelante	Azimut	< Vertical	DH	DV	ΔN	ΔE
	14	13	315° 07' 07"	89° 50' 55"	25.600		18.139	-18.064
14	13	13 ^a	203° 14' 02"	89° 06' 55"	11.899	0.184	-10.934	-4.964
13	13A	13B	122° 05' 07"	86° 54' 05"	11.533	0.624	-6.126	9.771
13A	13B	14	94° 58' 22"	88° 36' 50"	13.256	0.321	-1.149	13.206
							-0.070	0.219

Lado	Corrección en el eje "Y"	
14 – 13	= (0.070 x 25.600) / 62.288	= 0.029
13 - 13A	= (0.070 x 11.899) / 62.288	= 0.013
13A – 13B	= (0.070 x 11.533) / 62.288	= 0.013
13B – 14	= (0.070 x 13.256) / 62.288	= 0.015
		0.070

$$DV = -3.838 / 3 = -1.279$$

Corrección de DV:

$$-1.774 + 1.279 = -0.495$$

$$-1.094 + 1.279 = 0.185$$

$$-0.970 + 1.279 = 0.310$$

– Datos Corregidos de la Triangulación

DE	A	DH	AZIMUT			Coordenadas parciales		Coordenadas totales	
			°	'	''	N	E	N	E
B	C	34.304	87	09	25	2.064	41.290	9204736.064	740505.290
C	A	39.085	230	18	14	-	-	9204711.513	740483.223
A	B	34.336	310	07	00	22.487	-	9204734.000	740464.000
						0.000	0.000		

Coordenadas de los puntos calculados			
EST.	Latitud	Longitud	Cota
C	9204736.064	740.505.290	991.505
A	9204711.513	740483.223	991.690

– Compensación de ΔN

$$LADO \quad \Delta N + CORECCION \Delta N = \Delta N \text{ COMPENSADO}$$

14 - 13	18.139	+	0.029	=	18.168
13 - 13A	-10.934	+	0.013	=	-10.921
13A - 13B	-6.126	+	0.013	=	-6.113
13B - 14	-1.149	+	0.015	=	<u>-1.134</u>
					00.000

– Calculo de las Correcciones de ▲E

LADO	COREECCION EN EL EJE “X”
14 - 13	$(0.219 \times 25.600) / 62.288 = 0.090$
13 - 13A	$(0.219 \times 11.899) / 62.288 = 0.042$
13A - 13B	$(0.219 \times 11.533) / 62.288 = 0.041$
13B - 14	$(0.219 \times 13.256) / 62.288 = \frac{0.046}{0.219}$

– Compensación de ▲E

LADO	▲E	-	COREECCION ▲E	=	▲E COMPENSADO
14 - 13	-18.064	-	0.090	=	-18.154
13 - 13A	-4.964	-	0.042	=	-4.964
13A - 13B	9.771	-	0.041	=	9.730
13B - 14	13.206	-	0.046	=	<u>13.160</u>
					00.000

3.2. Diagnóstico de la iluminación actual

En la tabla 9 se describe los costos de actuales de cableado y de bombillas normales.

Tabla 9

Cálculo de cableado actual.

Distancia	Cable WTH Filamentado N°12			Bombilla de iluminación 40 watts		
	Cantidad (metros)	Costo unitario	Total	Cantidad (unidades)	Costo unitario	Total
A-1	19.900	1.20	23.88	1	12.00	12.00
1-2	18.315	1.20	21.978	1	12.00	12.00
2-3	15.410	1.20	18.492	1	12.00	12.00
3-4	15.430	1.20	18.516	1	12.00	12.00
4-5	16.790	1.20	20.148	1	12.00	12.00
5-6	11.650	1.20	13.98	1	12.00	12.00
6-7	20.350	1.20	24.42	1	12.00	12.00
7-8	23.700	1.20	28.44	1	12.00	12.00
8-9	17.400	1.20	20.88	1	12.00	12.00
9-10	19.370	1.20	23.244	1	12.00	12.00
10-11	14.100	1.20	16.92	1	12.00	12.00
11-12	17.990	1.20	21.588	1	12.00	12.00
12-13	9.770	1.20	11.724	1	12.00	12.00
13-13 ^a	25.60	1.20	30.72	1	12.00	12.00
13A-13B	11.900	1.20	14.28	1	12.00	12.00
13B-14	11.550	1.20	13.86	1	12.00	12.00
Costo Total	269.225	-	323.07	-	-	192.00

En la tabla 9, se detalla el costo de la compra de cable WTH Filamentado número 12 en marca Indeco y bombillas Philips de 40 watts el cual en total suma 515.07 soles. Sin embargo, también es necesario implementar otros accesorios detallados en la siguiente tabla:

Tabla 10

Costos de accesorios del sistema de iluminación actual.

Descripción	Cantidad	Costo unitario (soles)	Costo Total
Costo de interruptores	5	4.00	20.00
Costo de Instalación	1 mes	3 000	3 000.00
Cinta aislante	5	10.00	50.00
Casquillo de bombilla	16	4.00	64.00
Total			3 134.00 soles

Asimismo, para dar el funcionamiento actual de iluminación, se está alquilando un generador el cual tiene un costo diario de 120 soles, y su consumo de combustible por día es de 42 soles.

Tabla 11
Costos del sistema de iluminación actual.

Descripción	Inversión fija	Flujo saliente por mes
Compra de bombillas, cable, accesorios e instalación	3 649.07	
Alquiler del generador		3600
Consumo de combustible		1260
Mantenimiento del generador		200.00
Total	3 649.07 soles	5 060 soles por mes

Ya calculados los costos dentro de la mina subterránea, se calculó el costo de iluminación fuera de mina, que se vio representado por el alquiler de una luminaria.

Tabla 12
Costos por alquiler de luminaria.

Descripción	Costo unitario	Costo total
Alquiler de luminaria	100 soles por día	3 000 soles mensuales

En total para iluminación interior y fuera de mina se gasta mensualmente 8 060 soles mensuales y se ha invertido 3 649.07 soles. Por esta razón, la empresa está analizando propuestas de iluminación que represente costos menores a los actuales.

3.3. Diseño del sistema de iluminación LED dentro de las labores subterráneas

Como reemplazo para las bombillas actuales se propone utilizar iluminación LED, y para ahorrar costos se pretende utilizar como fuente de energía solar a paneles apropiados para estos trabajos.

3.2.1. Análisis de las bombillas LED

En la labor Karina de la concesión San Luis se utilizará las bombillas especificadas en la figura 3, que de acuerdo a la entrevista aplicada al

supervisor de operaciones es la más óptima para utilizarse en labores subterráneas.



Figura 3. Bombilla LED a utilizarse en la Labor Karina.

Las bombillas LED que se van a utilizar tienen las siguientes características:

- Voltaje 100-240v 60 Hz.
- Vida útil de 30.000 horas a un flujo luminoso del 70% (lo cual en la iluminación de minería subterránea equivale a 3 años 4 meses).
- Solución energéticamente eficiente.
- Mantiene la temperatura ambiental más baja.

Tabla 13

Descripción de luminaria LED a utilizarse en la labor Karina.

Número de orden	P25925-39
Color de la luz	Warm White
Tecnología	LED
Promedio de vida útil (horas)	50 000
Código EAN	8711971971948
Certificaciones	CE
Montaje	Recessed
Carcasa	Aluminion
CRI (Ra)	85
Ángulo de haz	Wide
Temperatura de color (K)	3 000
Flujo luminoso (lm)	2115
Eficacia (lm/w)	70.5
Tensión (V)	100 – 240
Lámparas	14 high output leds
Color	White

Lámpara incluida	Integrated LED
Clasificación IP	23 (44 with accessory)
Clasificación IK	2

3.2.2. Análisis de los paneles solares aplicables

Con el asesoramiento de la empresa Autosolar Energía del Perú S.A.C., se determinaron utilizar los siguientes paneles solares con sus accesorios necesarios:

- Panel Solar 270W Policristalino Talesun

De acuerdo a las sugerencias de la empresa Autosolar, se debe utilizar este tipo de paneles para dar funcionamiento a las bombillas LED y a las luminarias superficiales, el panel tiene las siguientes características:

Tabla 14
Características del panel solar.

Modelo	P660P
Maximum Power (Pmax/W)	270
Operating voltaje (Vmpp/v)	31.3
Operating current (Impp/A)	8.63
Open circuit voltaje (Voc/V)	38.5
Short circuit current (Isc/A)	9.09
Module efficiency (%)	16.6
Power tolerance	0-3%
Temperatura coefficient (Pmax)	-0.40%/C



Figura 4. Panel Solar 270W Policristalino Talesun.

Este panel solar tiene un tiempo de vida garantizado de 25 años, de acuerdo a la información brindada por la empresa Autosolar S.A.C.

- Regulador Carga 10A LCD 12/24V Must Solar

Este controlador de carga para energía solar va a servir para regular la energía solar emitida por el panel y es capaz de trabajar con 12V o 24V que incorpora una pantalla LCD que indica el estado de carga de las baterías en tiempo real, así como la potencia de carga de paneles y la energía del sistema.

- Batería Formula Star FS70 12V

Se utilizará la batería de 12V monobloc FS70 de Formula Star porque es adecuada para energía solar, y tienen una vida media de unos 400 ciclos,

entendiendo por un ciclo un proceso de carga y descarga completa de la batería.

- Cable Rojo y Cable Negro ZZ-F Solar PV de 6mm²

El cable de 6mm² se utilizará en las instalaciones solares como cable de transporte de la corriente desde los paneles hasta el regulador de carga o repartidor de corriente.

- Conectores Weidmuller PVStick

Se utilizarán estos conectores ya que tienen compatibilidad con los conectores que de serie llevan la gran mayoría de paneles solares, los conectores MC4.

- Juego de bornes para baterías monoblock

Servirá para realizar conexiones de cables con las baterías. Se facilitará de un borne para el polo positivo y otro para el polo negativo.

3.2.2. Análisis del cableado a utilizar

El cableado se realizará con el cable filamentado THW 12 AWG, que tiene las siguientes características:

Tabla 15

Características del cable a utilizar.

Marca	Indeco
Material	Cable de cobre blando con aislación de PVC
Categoría	THW 12 AWG
Temperatura de operación	90° C

3.2.2. Diseño de iluminación

Las bombillas LED se distribuirán a cinco metros de distancia, haciendo un total de 54 bombillas, tal como muestra la figura 5.

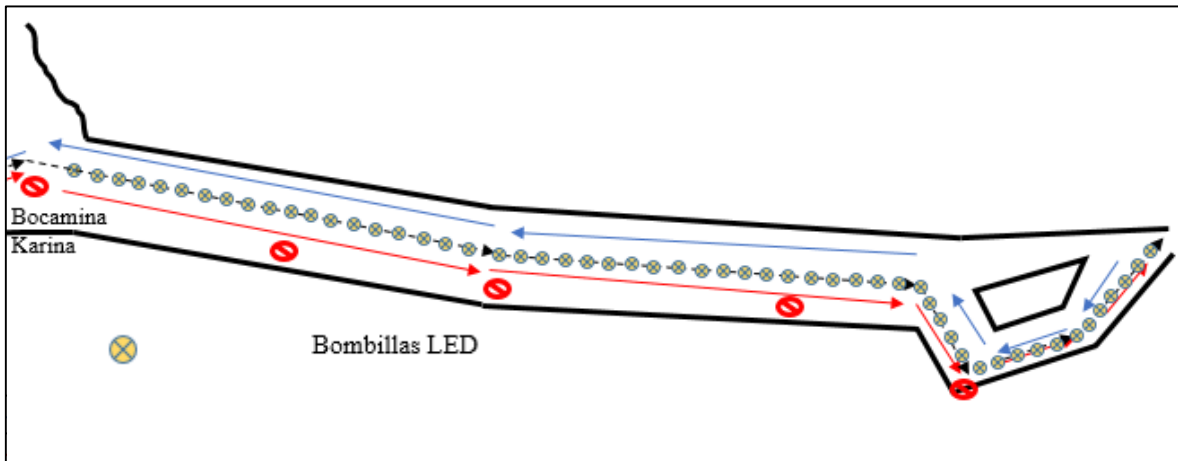


Figura 5. Ubicación de las bombillas LED.

En el interior de la mina se emplearán 54 bombillas LED, que funcionarán con paneles solares, cada bombilla empleará un sóquete.

El cableado se realizará al doble a lo largo de la labor Karina, como se muestra en la figura 6.

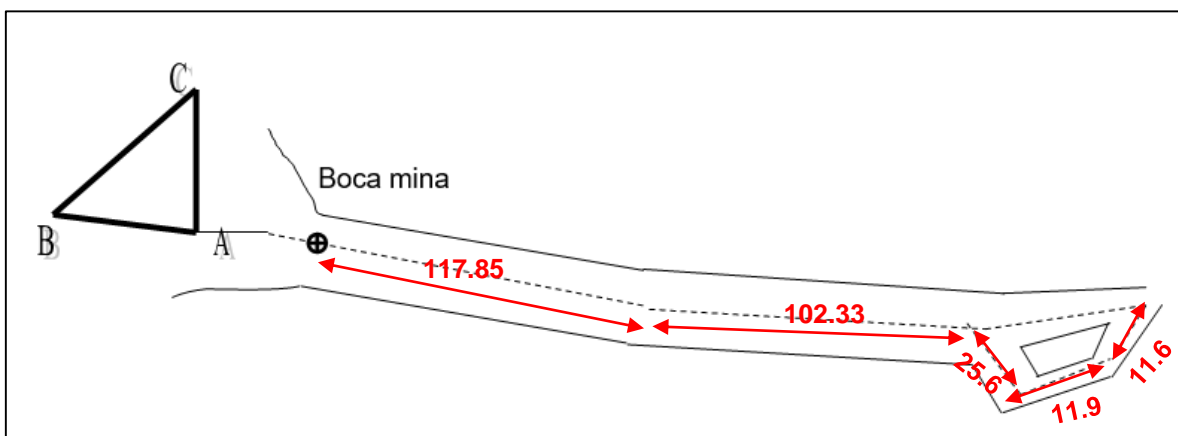


Figura 6. Distancias de cableado.

Considerando el cableado al doble, dentro de mina se utilizará de 538.45 metros, que asciende a un costo de 646.14 soles.

Fuera de mina también se realizará la iluminación, sin embargo, se emplearán las siguientes farolas:



Figura 7. Farolas LED para alumbrado público.

Las farolas especificadas en la figura 7, tiene las siguientes características:

- Potencia: 40W
- Flujo luminoso: 3600lm
- Ángulo de apertura: 120°
- Temperatura de color: 6000K
- CRI: >75
- Tensión de funcionamiento: 100-240VAC
- Protección IP: IP65

Las farolas se instalarán en los siguientes puntos:

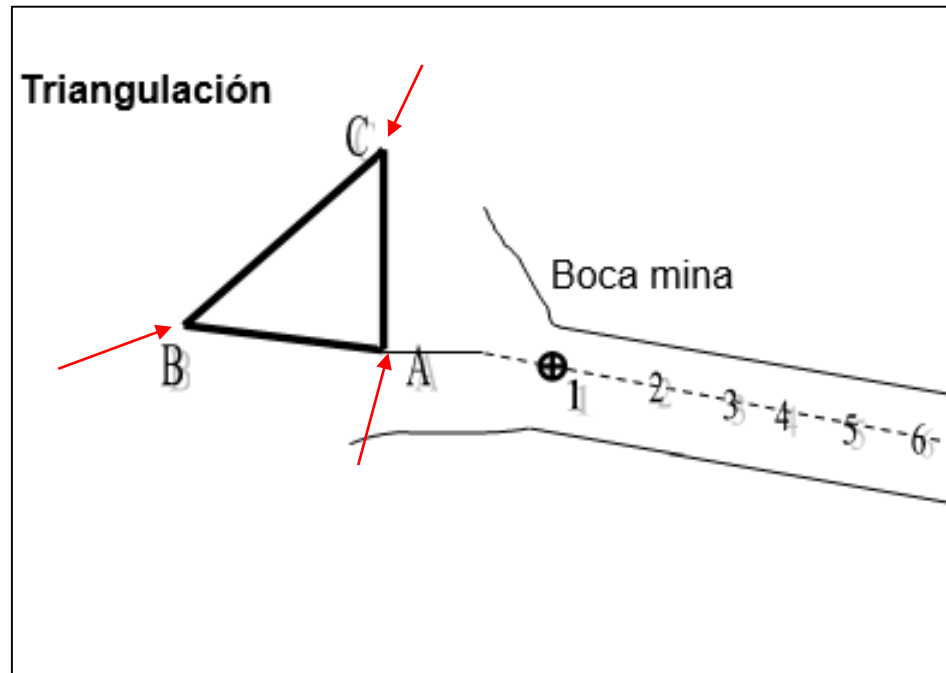


Figura 8. Ubicación de las farolas LED.

De acuerdo a la figura 8, se colocarán 3 farolas que funcionan con paneles de energía solar, sin embargo, para su instalación es necesario el cableado con manguera RV-K eléctrica que es un cable flexible diseñado para soportar las condiciones climáticas de la zona, y tiene las siguientes características:

Descripción técnica:

- Norma de fabricación: UNE 21.123-2.
- Conductor de cobre: Clase 5 según UNE 60.228.
- Aislamiento: Polietileno reticulado DIX3 según UNE HD603-1.
- Cubierta: PVC del tipo DMV-18 según UNE HD603-1.
- Tensión de ensayo: 3.500 V.
- Tensión de servicio: 0,6 / 1 kV.
- Temperatura de servicio: 90° C.
- Temperatura de cortocircuito: 250° C.

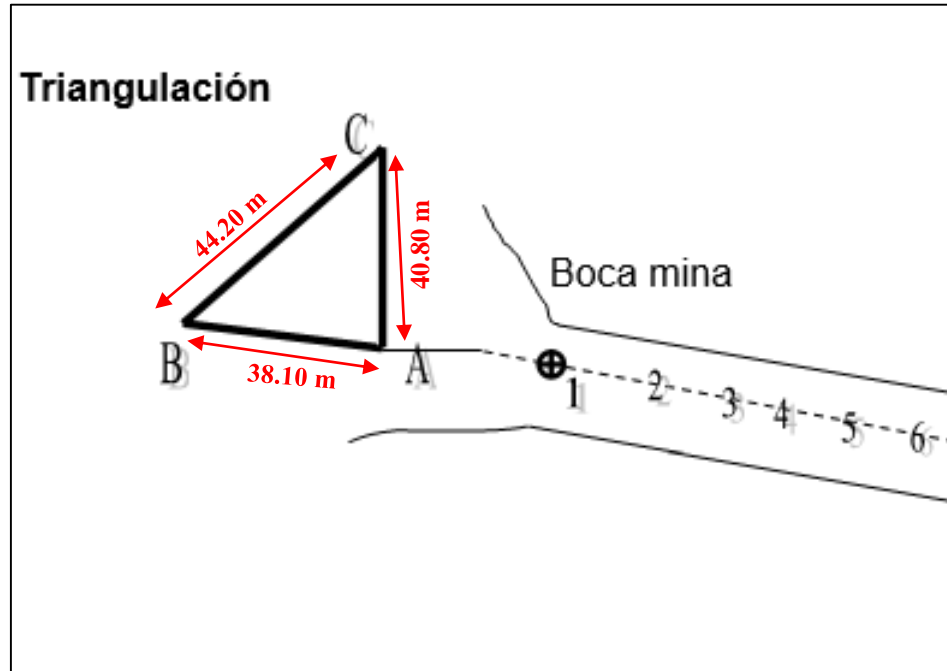


Figura 9. Distancia para cablear las farolas.

Para el nuevo sistema de iluminación necesitará 123.10 metros de manguera eléctrica, con un costo que asciende 984.80 soles.

La fuente de energía será la solar, captada por paneles que va a tener el siguiente funcionamiento:

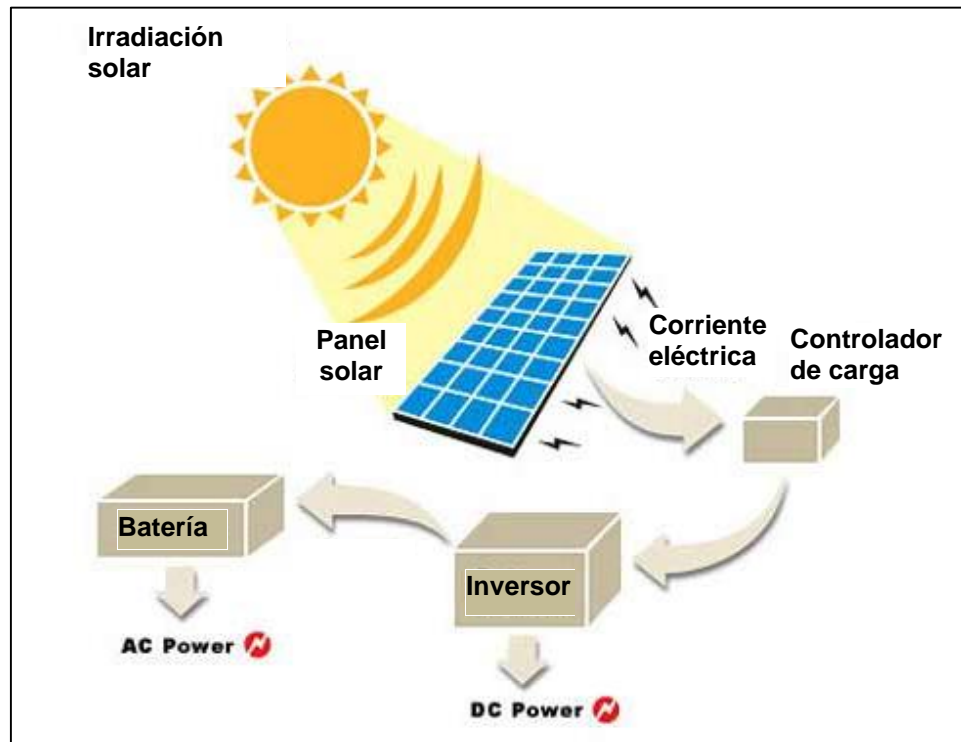


Figura 10. Funcionamiento de la energía solar.

En la figura 10, se especifica la esquematización de la captación de energía solar, utilizando paneles solares.

En la figura 11 se presenta el diseño del sistema de iluminación utilizando paneles solares y bombillas LED.

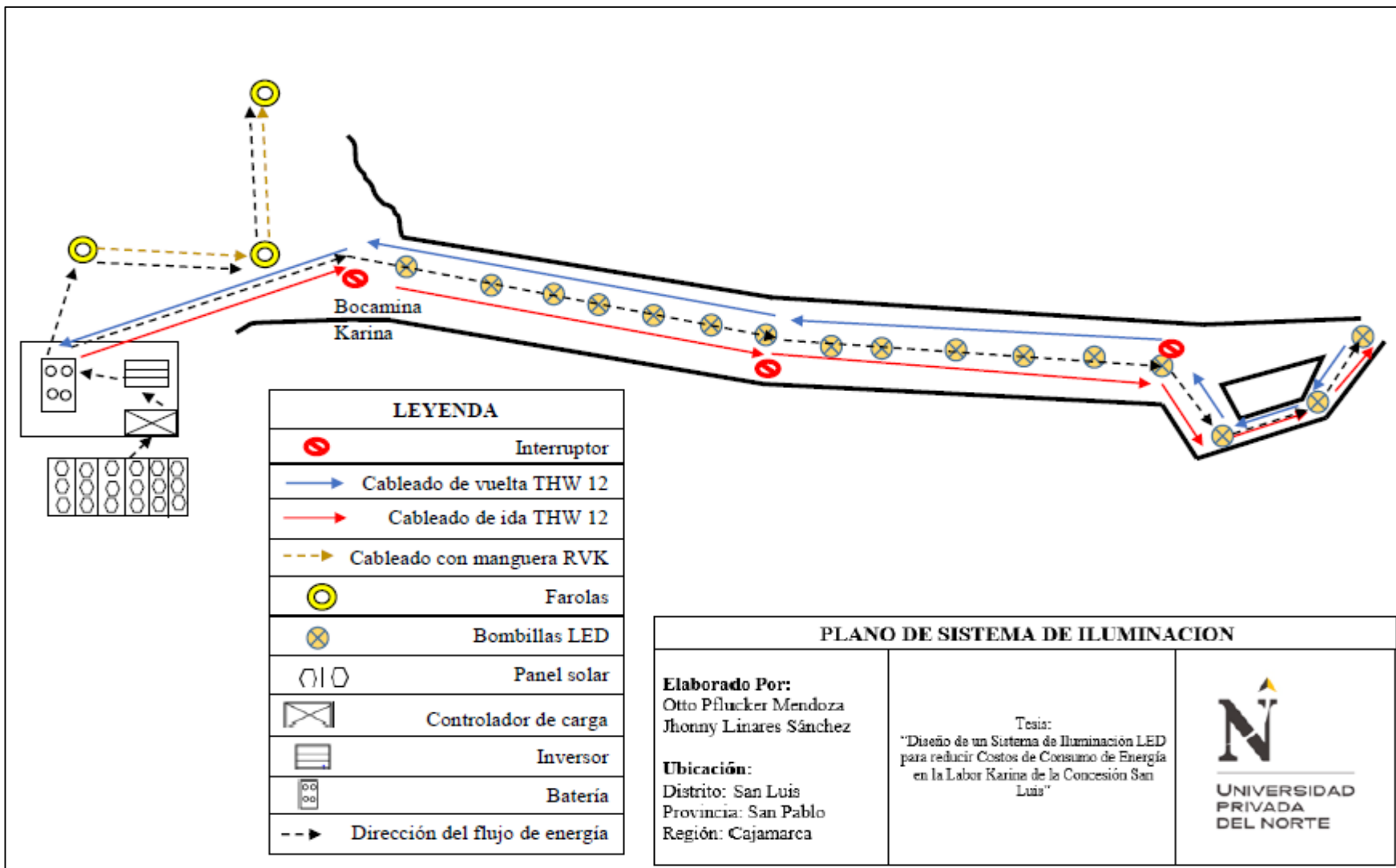


Figura 11. Diseño del sistema de iluminación en la labor Karina.

3.2.2. Análisis del requerimiento de energía

La energía utilizada o consumida por el sistema propuesto será la siguiente:

Tabla 16

Energía necesaria para el sistema propuesto.

Equipo	Potencia (w)	Unidades	Total
Lámparas LED	17	16	272
Controlador de carga	80 Mw	6	0.48 Wh

Total de energía requerida: 272 W/hr.

Tabla 17

Energía necesaria diaria para el sistema propuesto.

Energía de equipo	Periodo de uso diario promedio	Energía utilizada diaria
272 Wh	12 horas	3264 Wh/día

Tabla 18

Energía necesaria anual para el sistema propuesto.

Energía diaria utilizada	Días de uso	Energía anual utilizada
3264 Wh	365	1 191 360 Watts

El resultado esta expresado en kWh: 1 191.360 al año, más el 10% por pérdidas en el sistema, nos arroja como resultado: 1 310.496 kWh al año.

3.2.2. Cotización del sistema de iluminación propuesto

a. Para bombillas LED:

Se cotizaron en tres lugares (ver tabla 16).

Tabla 19

Cotización de compra de bombillas LED.

Empresa	RUC/Dirección	Marca/Modelo	Costo por hora (soles)
Sodimac	20389230724/ Prolongación Irene Silva Santolalla S/N	Philips E27	55.90
Maestro	2011227392/ Jr. San Luis S/N	Philips E27	54.80

Ferretera Ruiz E.I.R.L.	20392895478/ Av. Evitamiento Sur 2022	Philips E27	58.00
-------------------------	---------------------------------------	-------------	-------

b. Cable THW Nro 12 Filamentado:

Tabla 20

Cotización de compra de cable 12.

Empresa	RUC/Dirección	Marca/Modelo	Costo por hora (soles)
Sodimac	20389230724/ Prolongación Irene Silva Santolalla S/N	Indeco nro 12 rollo de 100 metros	144.50
Maestro	2011227392/ Jr. San Luis S/N	Indeco nro 12	145.70
Ferretera Ruiz E.I.R.L.	20392895478/ Av. Evitamiento Sur 2022	Indeco nro 12	152.00

c. Sóquetes:

Tabla 21

Cotización de compra de sóquetes.

Empresa	RUC/Dirección	Marca/Modelo	Costo por hora (soles)
Sodimac	20389230724/ Prolongación Irene Silva Santolalla S/N	Socket oval Luzzini E-27	4.80
Maestro	2011227392/ Jr. San Luis S/N	Socket oval Luzzini E-27	4.50
Ferretera Ruiz E.I.R.L.	20392895478/ Av. Evitamiento Sur 2022	Socket oval Luzzini E-27	5.00

d. Farolas LED:

Tabla 22

Cotización de compra de farolas LED.

Empresa	RUC/Dirección	Marca/Modelo	Costo por hora (soles)
Sodimac	20389230724/ Prolongación Irene Silva Santolalla S/N	Socket oval Luzzini E-27	269.50

Maestro	2011227392/ Jr. San Luis S/N	Socket oval Luzzini E-27	274.50
Ferretera Ruiz E.I.R.L.	20392895478/ Av. Evitamiento Sur 2022	Socket oval Luzzini E-27	285.00

e. Manguera RV-K eléctrica

Tabla 23

Cotización de compra de manguera RVK.

Empresa	RUC/Dirección	Marca/Modelo	Costo por hora (soles)
Sodimac	20389230724/ Prolongación Irene Silva Santolalla S/N	Manguera eléctrica negra 1X10 RV-k 06/1KV	8.00 por metro
Maestro	2011227392/ Jr. San Luis S/N	Manguera eléctrica negra 1X10 RV-k 06/1KV	8.30 por metro
Ferretera Ruiz E.I.R.L.	20392895478/ Av. Evitamiento Sur 2022	Manguera eléctrica negra 1X10 RV-k 06/1KV	8.50 por metro

f. Postes para farolas

Tabla 24

Cotización de compra de postes de madera.

Empresa	RUC/Dirección	Marca/Modelo	Costo por hora (soles)
ADEFOR	20113901455 / Carretera Aeropuerto FND. Tartar	Poste de madera procesada	350.00
Maderas Cabanillas Y Servicios Generales SRL.	20570791690 / Jr. Chanchamayo 1545	Poste de madera procesada	370.00

g. Panel Solar 270W Policristalino Talesun

Tabla 25

Cotización de compra del panel solar.

Empresa	RUC/Dirección	Marca/Modelo	Costo por hora (soles)
Autosolar Energía del Perú S.A.C	20602492118 / Carretera Panamericana Sur KM 29.5 Megacentro, Unidad I-6, Lurin	Panel solar 270W	512.00
Panel Solar Perú S.A.C	20603596243/ Av. las Flores Nro. 557 Chosica	Panel solar 270W	562.00

h. Regulador Carga 10A LCD 12/24V Must Solar

Tabla 26

Cotización de compra del regulador de carga.

Empresa	RUC/Dirección	Marca/Modelo	Costo por hora (soles)
Autosolar Energía del Perú S.A.C	20602492118 / Carretera Panamericana Sur KM 29.5 Megacentro, Unidad I-6, Lurin	Regulador Carga 10A LCD 12/24V Must Solar	132.00
Panel Solar Perú S.A.C	20603596243/ Av. las Flores Nro. 557 Chosica	Regulador Carga 10A LCD 12/24V Must Solar	178.00

i. Batería Formula Star FS70 12V

Tabla 27

Cotización de compra de la batería.

Empresa	RUC/Dirección	Marca/Modelo	Costo por hora (soles)
Autosolar Energía del Perú S.A.C	20602492118 / Carretera Panamericana Sur KM 29.5 Megacentro, Unidad I-6, Lurin	Batería Formula Star FS70 12V	374.00

Panel Solar Perú S.A.C	20603596243/ Av. las Flores Nro. 557 Chosica	Batería Formula Star FS70 12V	405.00
------------------------	--	-------------------------------	--------

j. Cable Rojo y Cable Negro ZZ-F Solar PV de 6mm2

Tabla 28

Cotización de compra de cable solar 6mm2.

Empresa	RUC/Dirección	Marca/Modelo	Costo por hora (soles)
Autosolar Energía del Perú S.A.C	20602492118 / Carretera Panamericana Sur KM 29.5 Megacentro, Unidad I-6, Lurin	Cable ZZ-F Solar PV de 6mm2	10.00
Panel Solar Perú S.A.C	20603596243/ Av. las Flores Nro. 557 Chosica	Cable ZZ-F Solar PV de 6mm2	10.80

k. Conectores Weidmuller PVStick

Tabla 29

Cotización de compra de conectores.

Empresa	RUC/Dirección	Marca/Modelo	Costo por hora (soles)
Autosolar Energía del Perú S.A.C	20602492118 / Carretera Panamericana Sur KM 29.5 Megacentro, Unidad I-6, Lurin	Conectores Weidmuller PVStick	30.90
Panel Solar Perú S.A.C	20603596243/ Av. las Flores Nro. 557 Chosica	Conectores Weidmuller PVStick	33.00

l. Juego de bornes para baterías monoblock

Tabla 30
Cotización de compra de juego de bornes.

Empresa	RUC/Dirección	Marca/Modelo	Costo por hora (soles)
Autosolar Energía del Perú S.A.C	20602492118 / Carretera Panamericana Sur KM 29.5 Megacentro, Unidad I-6, Lurin	Bornes de batería monoblock	15.80
Panel Solar Perú S.A.C	20603596243/ Av. las Flores Nro. 557 Chosica	Bornes de batería monoblock	16.00

m. Estructura metálica para colocar los paneles solares

Tabla 31
Cotización de compra de estructura metálica para paneles.

Empresa	RUC/Dirección	Marca/Modelo	Costo por hora (soles)
Autosolar Energía del Perú S.A.C	20602492118 / Carretera Panamericana Sur KM 29.5 Megacentro, Unidad I-6, Lurin	Estructura metálica para panel	258.00
Panel Solar Perú S.A.C	20603596243/ Av. las Flores Nro. 557 Chosica	Bornes de batería monoblock	260.00

n. Construcción de almacén donde se colocará el regulador de carga y la batería

Tabla 32
Cotización de compra de cemento.

Ferretería	RUC/Dirección	Tipo/Peso	Costo por unidad (soles)
Sodimac	20389230724/ Prolongación Irene Silva Santolalla S/N	Mochica/ GU 42.5 kg	22.20

Maestro	2011227392/ Jr. San Luis S/N	Mochica/ GU 42.5 kg	21.55
Ferretera Ruiz E.I.R.L.	20392895478/ Av. Evitamiento Sur 2022	Mochica/ GU 42.5 kg	21.50

Tabla 33

Cotización de fierro ¼" para estribos.

Ferretería	RUC/Dirección	Tipo/longitud	Costo por unidad (soles)
Sodimac	20389230724/ Prolongación Irene Silva Santolalla S/N	Aceros Arequipa/corrugada 9m	6.50
Maestro	2011227392/ Jr. San Luis S/N	Siderperú/corrugada 9m	6.47
Ferretera Ruiz E.I.R.L.	20392895478/ Av. Evitamiento Sur 2022	Siderperú/corrugada 9m	6.45

Tabla 34

Cotización de fierro ½" para columnas.

Ferretería	RUC/Dirección	Tipo/longitud	Costo por unidad (soles)
Sodimac	20389230724/ Prolongación Irene Silva Santolalla S/N	Aceros Arequipa/corrugada 9m	28.20
Maestro	2011227392/ Jr. San Luis S/N	Siderperú/corrugada 9m	28.70
Ferretera Ruiz E.I.R.L.	20392895478/ Av. Evitamiento Sur 2022	Siderperú/corrugada 9m	28.00

Tabla 35

Cotización de alambre número 16.

Ferretería	RUC/Dirección	Tipo	Costo por 10 Kg (soles)
Sodimac	20389230724/ Prolongación Irene Silva Santolalla S/N	Aceros Arequipa	37.00
Maestro	2011227392/ Jr. San Luis S/N	Siderperú/corrugada 9m	38.50

Ferretera Ruiz E.I.R.L.	20392895478/ Av. Evitamiento Sur 2022	Siderperú/corrugada 9m	36.90
-------------------------------	---	---------------------------	-------

Tabla 36

Cotización de alambre número 8.

Ferretería	RUC/Dirección	Tipo	Costo por 10 Kg (soles)
Sodimac	20389230724/ Prolongación Irene Silva Santolalla S/N	Aceros Arequipa/corrugada 9m	37.00
Maestro	2011227392/ Jr. San Luis S/N	Siderperú/corrugada 9m	38.50
Ferretera Ruiz E.I.R.L.	20392895478/ Av. Evitamiento Sur 2022	Siderperú/corrugada 9m	36.90

Tabla 37

Cotización de clavos 2 ½”.

Ferretería	RUC/Dirección	Tipo	Costo por 1 Kg (soles)
Sodimac	20389230724/ Prolongación Irene Silva Santolalla S/N	Aceros Arequipa/corrugada 9m	4.60
Maestro	2011227392/ Jr. San Luis S/N	Siderperú/corrugada 9m	4.45
Ferretera Ruiz E.I.R.L.	20392895478/ Av. Evitamiento Sur 2022	Siderperú/corrugada 9m	4.40

Tabla 38

Cotización de calaminas.

Ferretería	RUC/Dirección	Tipo	Costo por 1 Kg (soles)
Sodimac	20389230724/ Prolongación Irene Silva Santolalla S/N	Calamina Metálica 0.2 mm x 0.8 m x 3.6 m	25.90
Maestro	2011227392/ Jr. San Luis S/N	Calamina Metálica 0.2 mm x 0.8 m x 3.6 m	25.70

Ferretera Ruiz E.I.R.L.	20392895478/ Av. Evitamiento Sur 2022	Calamina Metálica 0.2 mm x 0.8 m x 3.6 m	25.60
-------------------------------	---	--	-------

Tabla 39

Cotización de hormigón grueso.

Abastecedora	RUC/Dirección	Tipo	Costo por m ³ (soles)
Agregados Margarita y Servicios Generales SRL	20495880037/ Jr. El Inca, 620	De río	42.00
Azañedo Quilcate Ingenieros Contratistas SRL	20491760151/ Av. Hoyos Rubio Nro. 1872	De río	42.00
C & M Servicios S.A.C.	20392895478/ Av. Vía de Evitamiento Nro. 2416	De río	40.00

Tabla 40

Cotización de hormigón fino (para asentar ladrillo).

Abastecedora	RUC/Dirección	Tipo	Costo por m ³ (soles)
Agregados Margarita y Servicios Generales SRL	20495880037/ Jr. El Inca, 620	De río	58.00
Azañedo Quilcate Ingenieros Contratistas SRL	20491760151/ Av. Hoyos Rubio Nro. 1872	De río	58.00
C & M Servicios S.A.C.	20392895478/ Av. Vía de Evitamiento Nro. 2416	De río	56.00

Tabla 41
Cotización de arena de tarrajeo.

Abastecedora	RUC/Dirección	Tipo	Costo por m ³ (soles)
Agregados Margarita y Servicios Generales SRL	20495880037/ Jr. El Inca, 620	De cerro	49.00
Azañedo Quilcate Ingenieros Contratistas SRL	20491760151/ Av. Hoyos Rubio Nro. 1872	De cerro	50.00
C & M Servicios S.A.C.	20392895478/ Av. Vía de Evitamiento Nro. 2416	De cerro	50.00

Tabla 42
Cotización de madera.

Abastecedora	RUC/Dirección	Tipo	Costo por unidad (soles)
ADEFOR	20113901455 / Carretera Aeropuerto FND. Tartar	Vigas de 5 m	120.00
Maderas Cabanillas Y Servicios Generales SRL.	20570791690 / Jr. Chanchamayo 1545	Vigas de 5 m	118.00
Maderas Cajamarca Servicios Generales S.R.L	20491781239 / Av. Vía de Evitamiento Norte Mza. Lote. 4	Vigas de 5 m	117.00

Tabla 43
Cotización de ladrillo.

Abastecedora	RUC/Dirección	Tipo	Costo por ½ millar (soles)
Ladrillera Cruz De Motupe	20556350567 / Av. Ignacio Merino Nro. 1976	De arcilla	210.00
Fábrica De Ladrillos Laymatco	20175085719 / Jr. Ayacucho 160	De arcilla	220.00

Cerámicos	20453661114 /		
Cajamarca	Av. Independencia	De arcilla	210.00
S.R.L	965		

Tabla 44

Cotización de mano de obra para construir el almacén del circuito solar.

Trabajadores	Costo diario	Cantidad	Duración	Costo total
Maestro de obra	50.00 soles	1	10 días	500.00
Ayudante	30.00 soles	1	10 días	300.00
Total = 800.00 soles				

o. Instalación sistema de energía solar

Tabla 45

Cotización de instalación de paneles solares.

Empresa	RUC/Dirección	Descripción	Costo por hora (soles)
Autosolar Energía del Perú S.A.C	20602492118 / Carretera Panamericana Sur KM 29.5 Megacentro, Unidad I-6, Lurin	Por instalación de 5 paneles solares	892.00
Panel Solar Perú S.A.C	20603596243/ Av. las Flores Nro. 557 Chosica	Por instalación de 5 paneles solares	1200.00

p. Instalación de red eléctrica con bombillas LED

Tabla 46

Cotización de instalación de red eléctrica.

Trabajadores	Costo diario	Cantidad	Duración	Costo total
Electricista	80.00 soles	1	7 días	560.00
Ayudante de electricista	40.00 soles	1	7 días	280.00
Total = 840.00 soles				

3.2.2. Análisis de costos del sistema de iluminación propuesto

El costo de la inversión se detalla a continuación en la tabla 47.

Tabla 47
Costos del diseño propuesto.

Descripción	Cantidad	Precio unitario	Precio total	Proveedor
Bombillas LED	54	54.80	2959.20	Maestro
Cable THW Nro 12 Filamentado	647	1.45	938.15	Sodimac
Sóquetes	54	4.50	243.00	Maestro
Farolas LED	3	268.50	805.50	Sodimac
Manguera RV-K eléctrica	124	8.00	992	Sodimac
Postes para farolas	3	350	1050.00	ADEFOR
Panel Solar 270W Policristalino Talesun	6	512	3072.00	Autosolar
Regulador Carga 10A LCD 12/24V Must Solar	1	132	132.00	Autosolar
Batería Formula Star FS70 12V	1	374	374.00	Autosolar
Cable Rojo y Cable Negro ZZ-F Solar PV de 6mm ²	40	10	400.00	Autosolar
Conectores Weidmuller PVStick	2	30.90	61.80	Autosolar
Juego de bornes para baterías monoblock	1	15.80	15.80	Autosolar
Estructura metálica para colocar los paneles solares	6	258	1 548.00	Autosolar
Sub total			12 541.45	
Construcción de almacén donde se colocará el regulador de carga y la batería				
Cemento	20	21.50	430.00	Ferretera Ruiz E.I.R.L.
Fierro ¼" para estribos	6	6.45	38.70	Ferretera Ruiz E.I.R.L.
Fierro ½"	6	28.00	168.00	Ferretera Ruiz E.I.R.L.
Alambre número 16	1	36.90	36.90	Ferretera Ruiz E.I.R.L.
Alambre número 8	1	36.90	36.90	Ferretera Ruiz E.I.R.L.
Clavos 2 ½"	3	4.40	13.20	Ferretera Ruiz E.I.R.L.
Calamina	4	25.60	102.40	Ferretera Ruiz E.I.R.L.

Hormigón grueso	2	40.00	80.00	C & M Servicios S.A.C.
Hormigón fino	2	56	112.00	C & M Servicios S.A.C.
Arena de tarrajeo	3	50	150.00	C & M Servicios S.A.C.
Vigas de madera	3	117.00	351.00	Maderas Cajamarca Servicios Generales S.R.L.
Ladrillo	1.2 millar	210.00	210.00	Cerámicos Cajamarca S.R.L.
Sub Total		1 729.10		
Gastos de servicios				
Construcción de almacén del circuito solar	1		800.00 Soles	
Instalación de paneles solares	Por 6 paneles solares		892.00 Soles	
Instalación de red eléctrica con bombillas LED	1 red		840.00 Soles	
Sub Total		2 532.00 Soles		
TOTAL = 16 802.55 Soles				

Sin embargo, el sistema va a requerir un mantenimiento semestral brindado por una empresa especializada, y sus costos se detallan en la tabla 48.

Tabla 48
Costos de mantenimiento del sistema.

Empresa	RUC	Costo semestral
Autosolar Energía del Perú S.A.C	20602492118 / Panamericana Sur 29.5, Lurín	500.00
Panel Solar Perú S.A.C	20603596243/ Av. las Flores Nro. 557 Chosica	500.00

Por cuestión de garantía en los productos se optó por la empresa Autosolar Energía del Perú S.A.C.

3.4. Análisis económico comparativo del sistema de iluminación actual y del sistema LED

3.3.1. Comparación de los costos de inversión

Tabla 49

Comparación de costos de inversión.

Sistema	Materiales	Costo	Costo total
Sistema de iluminación actual	Cableado	323.07	3649.07
	Bombillas normales	192	
	Costo de interruptores	20.00	
	Costo de Instalación	3 000.00	
	Cinta aislante	50.00	
	Casquillo de bombilla	64.00	
Sistema de iluminación LED	Bombillas LED	2959.20	16 802.55
	Cable THW Nro 12 Filamentado	938.15	
	Sóquetes	243.00	
	Farolas LED	805.50	
	Manguera RV- K eléctrica	992	
	Postes para farolas	1050.00	
	Panel Solar 270W Policristalino Talesun	3072.00	
	Regulador Carga 10A LCD 12/24V Must Solar	132.00	
	Batería Formula Star FS70 12V	374.00	
	Cable Rojo y Cable Negro ZZ-F Solar PV de 6mm ²	400.00	
	Conectores Weidmuller PVStick	61.80	
	Juego de bornes para baterías monoblock	15.80	
	Estructura metálica para colocar los paneles solares	1 548.00	
	Cemento	430.00	
	Fierro ¼" para estribos	38.70	
	Fierro ½"	168.00	
	Alambre número 16	36.90	
	Alambre número 8	36.90	
	Clavos 2 ½"	13.20	
	Calamina	102.40	
	Hormigón grueso	80.00	
	Hormigón fino	112.00	
	Arena de tarrajeo	150.00	
Vigas de madera	351.00		

Ladrillo	210.00
Construcción de almacén del circuito solar	800.00 Soles
Instalación de paneles solares	892.00 Soles
Instalación de red eléctrica con bombillas LED	840.00 Soles

3.3.2. Comparación de flujos

Tabla 50
Comparación de flujos salientes.

Sistema	Materiales	Costo Mensual	Costo total
Sistema de iluminación actual	Alquiler del generador	3 600.00	8 060.00
	Consumo de combustible	1 260.00	
	Mantenimiento del generador	200.00	
	Alquiler de luminaria	3 000.00	
Sistema de iluminación LED	Costos de mantenimiento del sistema solar – LED	500.00 (semestralmente)	500.00

En la tabla 50, se evidencia que el costo del sistema de iluminación LED es menos costoso que el actual, por lo tanto, de acuerdo a esta tabla se considera que con el sistema se ahorra 7 560.00 soles sólo para el mes seis, ya que los cinco meses anteriores los costos de mantenimiento del sistema de iluminación LED es cero.

3.3.2. Viabilidad del diseño de iluminación LED

En la tabla 51, se evidencia que el proyecto es completamente viable ya que el VAN es 29 870.00 soles y el TIR es 41%, por lo tanto, la recuperación de la inversión va a ser en menos de cinco meses.

Tabla 51

Flujo de caja del sistema de iluminación LED.

FLUJO DE CAJA	Mes 0	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	TOTAL
EGRESOS	0	1	2	3	4	5	6	
Bombillas LED	2959.2							S/. 2,959.20
Cable THW Nro 12 Filamentado	938.15							S/. 938.15
Sóquetes	243							S/. 243.00
Farolas LED	805.5							S/. 805.50
Manguera RV-K eléctrica	992							S/. 992.00
Postes para farolas	1050							S/. 1,050.00
Panel Solar 270W Policristalino Talesun	3072							S/. 3,072.00
Regulador Carga 10A LCD 12/24V Must Solar	132							S/. 132.00
Batería Formula Star FS70 12V	374							S/. 374.00
Cable Rojo y Cable Negro ZZ-F Solar PV de 6mm ²	400							S/. 400.00
Conectores Weidmuller PVStick	61.8							S/. 61.80
Juego de bornes para baterías monoblock	15.8							S/. 15.80
Estructura metálica para colocar los paneles solares	1548							S/. 1,548.00
Cemento	430							S/. 430.00
Fierro ¼” para estribos	38.7							S/. 38.70
Fierro ½”	168							S/. 168.00
Alambre número 16	36.9							S/. 36.90
Alambre número 8	36.9							S/. 36.90

Clavos 2 ½"	13.2							S/. 13.20
Calamina	102.4							S/. 102.40
Hormigón grueso	80							S/. 80.00
Hormigón fino	112							S/. 112.00
Arena de tarrajeo	150							S/. 150.00
Vigas de madera	351							S/. 351.00
Ladrillo	210							S/. 210.00
Construcción de almacén del circuito solar	800							S/. 800.00
Instalación de paneles solares	892							S/. 892.00
Instalación de red eléctrica con bombillas LED	840							S/. 840.00
Gastos por inconvenientes		S/. 110	S/. 110	S/. 110	S/. 110	S/. 110	S/. 110	S/. 660.00
Mantenimiento del sistema LED							S/. 500	S/. 500.00
TOTAL EGRESOS	S/. 16,852.55	S/. 110	S/. 110	S/. 110	S/. 110	S/. 110	S/. 610	S/. 18,012.55
FLUJO ENTRANTE	MES 0	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	TOTAL
Ahorro que representa el Sistema Solar - LED	S/. 0	S/. 8,060	S/. 8,060	S/. 8,060	S/. 8,060	S/. 8,060	S/. 8,060	S/. 48,360
TOTAL BENEFICIOS	S/. 0	S/. 8,060	S/. 8,060	S/. 8,060	S/. 8,060	S/. 8,060	S/. 8,060	S/. 48,360
FLUJO ANUAL DE CAJA	-S/. 16,852.55	S/. 7,950	S/. 7,950	S/. 7,950	S/. 7,950	S/. 7,950	S/. 7,450	S/. 30,347.45
TMAR	15%							
TIR	41%							
VAN	S/. 29,870							
B/C	1.74							
VAN Beneficios	S/. 30,503							
VAN Egresos	S/. 17,485							

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Discusión

En el sistema de iluminación actual los flujos salientes son costosos mientras que el sistema de iluminación LED no tiene costos representativos que se realiza semestralmente (ver figura 12).

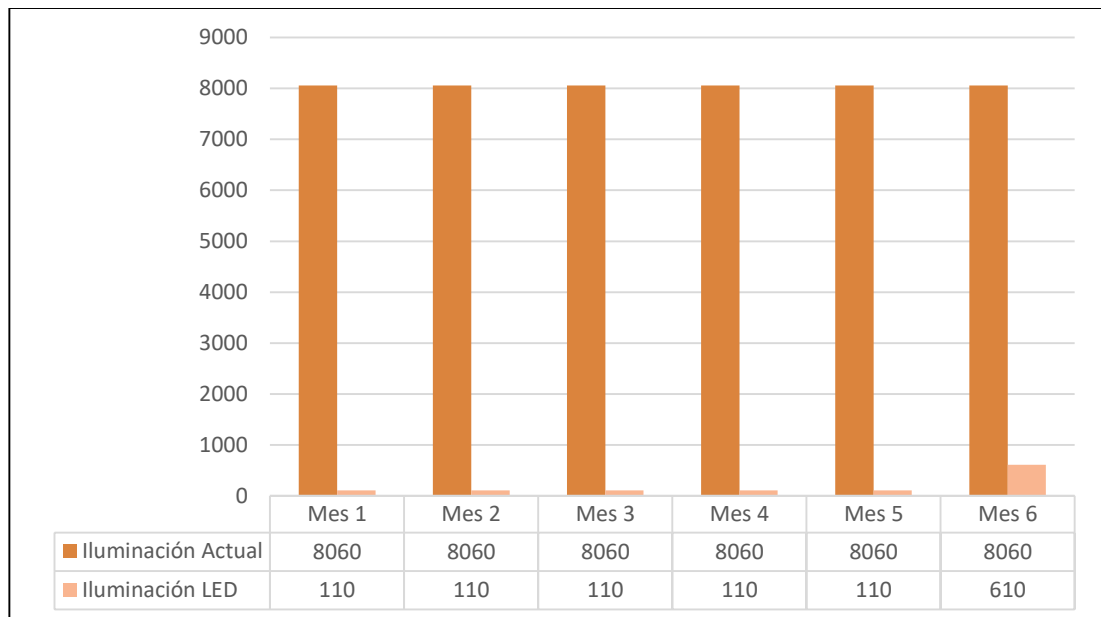


Figura 12. Contraste de flujo saliente mensual.

Sin embargo, la inversión del sistema LED y solar es mucho más costoso que el sistema de iluminación actual (ver figura 13).

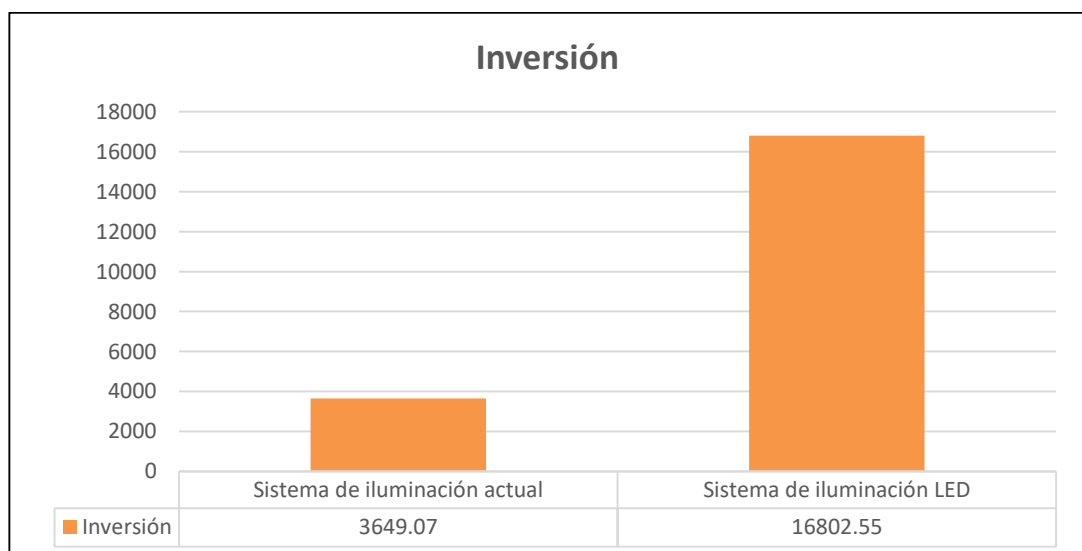


Figura 13. Contraste de inversión.

De acuerdo a la figura 12 y 13 se evidencia que, aunque la inversión sea mayor, esta se recuperará porque el ahorro mensual es considerable, por lo tanto, en menos de cinco meses la inversión será recuperada.

4.2 Conclusiones

- En el levantamiento topográfico se evidencia que el avance de la labor Karina de la concesión San Luis es de 323.07 metros, además se trianguló tres puntos fuera de la labor subterránea donde se colocaran tres farolas LED.
- En el diagnóstico actual de iluminación en la labor Karina se evidencia que los costos actuales entre cableado y bombillas de luz normal es de 515.07 soles, los gastos de interruptores, instalación y casquillo de bombillas ascienden a 3 134.00 soles. Y finalmente los costos de mensuales que implica el sistema de iluminación actual es de 8 060.00 soles incluyendo el alquiler del generador y de la luminaria.
- El sistema de iluminación LED, consiste en la instalación de un circuito solar comprendido por paneles y en la instalación de bombillas y farolas LED. El sistema de paneles solares lo implementará la empresa Autosolar Energía del Perú S.A.C. El costo del sistema propuesto asciende a 16 802.55 soles y el mantenimiento de este sistema es 500 soles semestrales, sin embargo, se consideró 110.00 soles en gastos por inconvenientes.
- El sistema de iluminación actual representa altos costos mensuales para la empresa, sin embargo, con la propuesta del sistema LED en la labor Karina de la concesión San Luis se ahorrarán 7 950.00 soles mensuales, excepto cada seis meses que se ahorra 7 450.00 soles debido al mantenimiento de este sistema.

REFERENCIAS

- Abril, B., & Matute, X. (2015). Análisis del área de cobertura para la tecnología de comunicación por luz visible dentro de los túneles mineros. (*tesis de pregrado*). Universidad del Azuay, Cuenca, Ecuador. Obtenido de <http://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/4277/1/10835.pdf>
- Álvarez, C., Arias, C., Bulles, J., Ordoñez, O., & Zapata, G. (2014). Evaluación de las pérdidas de carga en el circuito de ventilación por el uso de sostenimientos en minas de carbón, caso de estudio: Mina Nechí, Amagá, Antioquia. (*Boletín de Ciencias de la Tierra*)(36). Medellín, Perú: Universidad Nacional de Colombia. Obtenido de <http://www.redalyc.org/pdf/1695/169532839005.pdf>
- Bautista, J. (2017). Diseño y planeamiento de minado subterráneo para incrementar la producción diaria de la unidad operativa Pallancata – Proyecto Pablo – Compañía Minera Ares S.A.C. (*tesis de pregrado*). Puno, Perú: Universidad Nacional del Altiplano. Obtenido de <http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/UNAP//Bautista.pdf>
- Benjumea, M. (2013). Propuesta para la implementación del sistema “LED” para la iluminación pública en Antioquia. (*tesis de maestría*). Escuela de Ingeniería de Antioquía, Envigado, Colombia. Obtenido de <https://repository.eia.edu.co/bitstream/11190/1Benjumea.pdf>
- Bustamante, M., Daza, A., & Bustamante, P. (2018). Simulación en el software VENTSIM™ de la influencia de la implementación de sellamientos en labores abandonadas en la ventilación de una mina subterránea de carbón. (*Boletín*)(43). Medellín, Colombia: Universidad Nacional de Colombia. Obtenido de <http://www.redalyc.org/jatsRepo/1695/169555640001/html/index.html>

- Copaira, F. (2015). Criterios relevantes para implementar refugios mineros subterráneos, problemática y cumplimiento legal. (*tesis de pregrado*). Lima, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería. Obtenido de <http://cybertesis.uni.pe/bitstream/uni/2155/1>
- Córdova, G. (2017). Mejoramiento de prácticas operacionales para el aumento de horas efectivas camiones de extracción gerencia mina, división ministro Hales Codelco Chile. (*Tesis de maestría*). Santiago, Chile: Universidad de Chile. Obtenido de <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/145967/Mejoramiento>
- Durán, J. (2018). Mejoramiento de la ventilación en la mina subterránea - Mina Colquijirca CIA. de minas Buenaventura S.A.A. (*tesis de pregrado*). Pasco, Perú: Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. Obtenido de http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/512/1/T026_72490254_T.pdf
- Espinoza, L. (2017). Diseño de un sistema de iluminación LED alimentado por paneles solares aplicado a minería de cielo abierto. (*tesis profesional*). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú. Obtenido de <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/8288>
- Herrera, A. (2013). Calidad de iluminación en ambientes de trabajo de la Dirección General de Salud Ambiental. (*tesis de maestría*). Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú. Obtenido de http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/Victorio_ha.pdf
- Ibáñez, J. (2014). Diagnóstico situacional de las debilidades encontradas en la mediana minería en el tema de infraestructura, transporte, maquinaria e instalaciones auxiliares. (*tesis de pregrado*). Piura, Perú: Universidad Nacional de Piura. Obtenido de <http://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/UNP/968/MIN-IBA-14.pdf>

- Labán, J. (2018). Análisis, diseño y selección de alternativas de iluminación para alumbrado público con nuevas tecnologías. (*tesis de pregrado*). Lima, Perú: Universidad Tecnológica del Perú. Obtenido de <http://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/UTP>
- Martínez, H. (2017). Iluminación en faenas mineras: Lo esencial es la adaptabilidad. (*artículo científico*). Santiago, Chile: Revista Energetica de Chile. Obtenido de <http://www.revistaei.cl/informes-tecnicos/iluminacion-en-faenas-mineras->
- Moreno, M., Nova, J., & Salamanca, J. (2013). Diseño y Construcción de un Prototipo Didáctico para el Estudio de Estrategias de Control Aplicadas a la Ventilación de Gases en Minas Subterráneas. (*Paper*). Tunja, Colombia: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Obtenido de <https://www.researchgate.net/profile/John>
- Ojeda, J. (2018). Transferencia del sistema trackles al sistema de transporte con locomotora y vagones para secciones angostas en el BP- 2275 S.E. Unidad Operativa Arcata. (*tesis de pregrado*). Arequipa, Perú: Universidad Nacional San Agustín. Obtenido de <repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/MIojccjm>
- Patilla, J. (2014). Sistema con robot móvil teleoperado por inspección visual, para el monitoreo del monóxido de carbono y la velocidad del flujo de aire de mina subterránea en la compañía minera Raura. (*tesis de pregrado*). Huancavelica, Perú: Universidad Nacional de Huancavelica. Obtenido de <http://repositorio.unh.edu.pe/bitstream/handle/UNH/757/TP%20-%20UNH%2>
- Salamanca, J., Niño, J., & Pérez, A. (2014). Análisis de diferentes estrategias de control automático aplicadas a un prototipo didáctico para el estudio de la ventilación de minas subterráneas. (*Artículo científico*), 14(2). Boyacá, Colombia: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Obtenido de dialnet.unirioja.es

Zambrano, R. (2017). Análisis de flujos de aire con base en la sección del túnel para ventilación de minas subterráneas de carbón. (*Tesis de pregrado*). Cuenca, Ecuador: Universidad del Azuay. Obtenido de <http://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/dato.pdf>

ANEXOS

ANEXO n.º 1. Matriz de consistencia

Tabla 52

Matriz de consistencia.

Título	Formulación del problema	Objetivos	Hipótesis	Variables y = f(x)	Indicadores	Diseño de la investigación
Diseño de un sistema de iluminación LED para reducir costos de consumo de energía en la labor Karina de la Concesión San Luis	¿Se ahorran los costos por consumo de energía al diseñar un sistema de iluminación LED en la labor Karina de la concesión San Luis?	<p>Diseñar un sistema de iluminación LED para reducir costos de consumo de energía en la labor Karina de la concesión San Luis.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Elaborar el plano topográfico de la labor Karina en la concesión San Luis. - Realizar el diagnóstico actual de iluminación en la labor Karina en la concesión San Luis. - Diseñar un sistema de iluminación LED dentro de las labores subterráneas en la labor Karina de la concesión San Luis. - Comparar el sistema de iluminación actual con la propuesta del sistema LED en la labor Karina de la concesión San Luis. 	<p>Al diseñar un sistema de iluminación LED se reducirán los costos de consumo de energía en la labor Karina de la concesión San Luis.</p> <ul style="list-style-type: none"> - En el plano topográfico de la labor Karina en la concesión San Luis ayudará a determinar la cantidad de metros que se debe iluminar. - El diagnóstico actual de iluminación en la labor Karina en la concesión San Luis, determina que los costos implicados son altos por consumo de energía para la empresa. - El diseño un sistema de iluminación LED dentro de las labores subterráneas en la labor Karina de la concesión San Luis, mejora el desarrollo de las labores. - El sistema de iluminación actual es más costoso que la propuesta del sistema LED en la labor Karina de la concesión San Luis. 	<p>Variable dependiente (y): Costos de consumo de energía.</p> <p>Variable independiente (x): sistema de iluminación LED.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Cobertura de iluminación. - Intensidad de iluminación. 	<p>Según su propósito: La investigación fue Aplicada. Según su profundidad: La investigación fue Explicativa. Según la naturaleza de datos: La investigación es Cuantitativa. Según su manipulación de la variable: La investigación es no experimental.</p>

ANEXO n.º 2. Plano de iluminación actual

ANEXO n.º 3. Panel fotográfico







ANEXO n.º 4. Análisis de calidad de aire

Tabla 53

Concentración de Partículas en Suspensión PM₁₀.

Hora de control	Ubicación	Coordenadas		Altitud m.s.n.m	Fecha de monitoreo	Concentraciones de PM10 (µg/m ³)
		Este	Norte			
07:00 a.m.	Bocamina Karina	769708	9255494	759	06/05/2019	5.95
08:00 a.m.	Bocamina Karina	769708	9255494	759	06/05/2019	3.23
09:00 a.m.	Bocamina Karina	769708	9255494	759	06/05/2019	4.75
10:00 a.m.	Bocamina Karina	769708	9255494	759	06/05/2019	3.72
11:00 a.m.	Bocamina Karina	769708	9255494	759	06/05/2019	2.72
12:00 a.m.	Bocamina Karina	769708	9255494	759	06/05/2019	2.44
01:00 p.m.	Bocamina Karina	769708	9255494	759	06/05/2019	2.88
02:00 p.m.	Bocamina Karina	769708	9255494	759	06/05/2019	9.56
03:00 p.m.	Bocamina Karina	769708	9255494	759	06/05/2019	6.86
04:00 p.m.	Bocamina Karina	769708	9255494	759	06/05/2019	3.23
05:00 p.m.	Bocamina Karina	769708	9255494	759	06/05/2019	2.61
06:00 p.m.	Bocamina Karina	769708	9255494	759	06/05/2019	2.42
Promedio aritmético de concentración de partículas en suspensión PM10 (12 horas)						4.20 µg/m³
Límite Máximo Permisible del Aire PM₁₀						150 µg/m³

Fuente: Elaboración propia, (2019).

Tabla 54

Concentración de partículas en suspensión PM_{2.5}.

Hora de control	Ubicación	Coordenadas		Altitud m.s.n.m	Fecha de monitoreo	Concentraciones de PM2.5 (µg/m ³)
		Este	Norte			
07:00 a.m.	Bocamina Karina	769708	9255494	759	06/05/2019	2.35
08:00 a.m.	Bocamina Karina	769708	9255494	759	06/05/2019	2.86
09:00 a.m.	Bocamina Karina	769708	9255494	759	06/05/2019	2.92
10:00 a.m.	Bocamina Karina	769708	9255494	759	06/05/2019	2.40
11:00 a.m.	Bocamina Karina	769708	9255494	759	06/05/2019	2.14
12:00 a.m.	Bocamina Karina	769708	9255494	759	06/05/2019	2.00
01:00 p.m.	Bocamina Karina	769708	9255494	759	06/05/2019	2.25
02:00 p.m.	Bocamina Karina	769708	9255494	759	06/05/2019	2.11
03:00 p.m.	Bocamina Karina	769708	9255494	759	06/05/2019	3.12
04:00 p.m.	Bocamina Karina	769708	9255494	759	06/05/2019	5.13
05:00 p.m.	Bocamina Karina	769708	9255494	759	06/05/2019	5.02
06:00 p.m.	Bocamina Karina	769708	9255494	759	06/05/2019	4.44
Promedio aritmético de concentración de partículas en suspensión PM_{2.5} (12 horas)						3.06 µg/m³
Límite Máximo Permisible del Aire PM_{2.5}						50 µg/m³

Fuente: Elaboración propia, (2019).

Tabla 55

Concentración de Dióxido de Azufre (SO₂).

Hora de control	Ubicación	Coordenadas		Altitud m.s.n.m	Fecha de monitoreo	Concentraciones de SO ₂ (µg/m ³)
		Este	Norte			
07:00 a.m.	Bocamina Karina	769708	9255494	759	06/05/2019	1.33
08:00 a.m.	Bocamina Karina	769708	9255494	759	06/05/2019	1.41
09:00 a.m.	Bocamina Karina	769708	9255494	759	06/05/2019	1.58
10:00 a.m.	Bocamina Karina	769708	9255494	759	06/05/2019	1.79
11:00 a.m.	Bocamina Karina	769708	9255494	759	06/05/2019	1.63
12:00 a.m.	Bocamina Karina	769708	9255494	759	06/05/2019	1.71
01:00 p.m.	Bocamina Karina	769708	9255494	759	06/05/2019	1.71
02:00 p.m.	Bocamina Karina	769708	9255494	759	06/05/2019	1.96
03:00 p.m.	Bocamina Karina	769708	9255494	759	06/05/2019	1.75
04:00 p.m.	Bocamina Karina	769708	9255494	759	06/05/2019	1.63
05:00 p.m.	Bocamina Karina	769708	9255494	759	06/05/2019	1.71
06:00 p.m.	Bocamina Karina	769708	9255494	759	06/05/2019	1.08
Promedio aritmético de concentración de Dióxido de Azufre(SO₂) (12 horas)						1.61 µg/m³
Límite Máximo Permissible del Aire SO₂						80 µg/m³

Fuente: Elaboración propia, (2019).

Tabla 56

Concentración de Monóxido de Carbono (CO).

Hora de control	Ubicación	Coordenadas		Altitud m.s.n.m	Fecha de monitoreo	Concentraciones de CO (µg/m ³)
		Este	Norte			
07:00 a.m.	Bocamina Karina	769708	9255494	759	06/05/2019	98.71
08:00 a.m.	Bocamina Karina	769708	9255494	759	06/05/2019	108.29
09:00 a.m.	Bocamina Karina	769708	9255494	759	06/05/2019	129.38
10:00 a.m.	Bocamina Karina	769708	9255494	759	06/05/2019	519.42
11:00 a.m.	Bocamina Karina	769708	9255494	759	06/05/2019	2311.50
12:00 a.m.	Bocamina Karina	769708	9255494	759	06/05/2019	2514.67
01:00 p.m.	Bocamina Karina	769708	9255494	759	06/05/2019	3134.71
02:00 p.m.	Bocamina Karina	769708	9255494	759	06/05/2019	5261.25
03:00 p.m.	Bocamina Karina	769708	9255494	759	06/05/2019	5639.58
04:00 p.m.	Bocamina Karina	769708	9255494	759	06/05/2019	2677.25
05:00 p.m.	Bocamina Karina	769708	9255494	759	06/05/2019	4732.25
06:00 p.m.	Bocamina Karina	769708	9255494	759	06/05/2019	3222.88
Promedio aritmético de concentración de Monóxido de Carbono (CO) (12 horas)						2529.16 µg/m³
Límite Máximo Permissible del Aire CO						30 000 µg/m³

Fuente: Elaboración propia (2019).

Tabla 57
Concentración de Dióxido de Nitrógeno (NO₂)-12h.

Hora de control	Ubicación	Coordenadas		Altitud m.s.n.m	Fecha de monitoreo	Concentraciones de NO ₂ (µg/m ³)
		Este	Norte			
07:00 a.m.	Bocamina Karina	769708	9255494	759	06/05/2019	58.63
08:00 a.m.	Bocamina Karina	769708	9255494	759	06/05/2019	60.76
09:00 a.m.	Bocamina Karina	769708	9255494	759	06/05/2019	66.99
10:00 a.m.	Bocamina Karina	769708	9255494	759	06/05/2019	66.89
11:00 a.m.	Bocamina Karina	769708	9255494	759	06/05/2019	65.07
12:00 a.m.	Bocamina Karina	769708	9255494	759	06/05/2019	63.54
01:00 p.m.	Bocamina Karina	769708	9255494	759	06/05/2019	73.60
02:00 p.m.	Bocamina Karina	769708	9255494	759	06/05/2019	79.93
03:00 p.m.	Bocamina Karina	769708	9255494	759	06/05/2019	74.65
04:00 p.m.	Bocamina Karina	769708	9255494	759	06/05/2019	78.49
05:00 p.m.	Bocamina Karina	769708	9255494	759	06/05/2019	75.80
06:00 p.m.	Bocamina Karina	769708	9255494	759	06/05/2019	67.75
Promedio aritmético de concentración de Dióxido de Nitrógeno (NO₂) (12 horas)						69.34 µg/m³
Límite Máximo Permissible del Aire NO₂						200 µg/m³

Fuente: Elaboración propia, (2019).

Tabla 58
Concentración de ruido-12h.

Hora de control	Ubicación	Coordenadas		Altitud m.s.n.m	Fecha de monitoreo	Nivel de ruido equivalente (dBA)
		Este	Norte			
07:00 a.m.	Bocamina Karina	769708	9255494	759	06/05/2019	38.79
08:00 a.m.	Bocamina Karina	769708	9255494	759	06/05/2019	41.55
09:00 a.m.	Bocamina Karina	769708	9255494	759	06/05/2019	49.19
10:00 a.m.	Bocamina Karina	769708	9255494	759	06/05/2019	68.59
11:00 a.m.	Bocamina Karina	769708	9255494	759	06/05/2019	64.58
12:00 a.m.	Bocamina Karina	769708	9255494	759	06/05/2019	45.69
01:00 p.m.	Bocamina Karina	769708	9255494	759	06/05/2019	58.16
02:00 p.m.	Bocamina Karina	769708	9255494	759	06/05/2019	41.58
03:00 p.m.	Bocamina Karina	769708	9255494	759	06/05/2019	50.50
04:00 p.m.	Bocamina Karina	769708	9255494	759	06/05/2019	56.23
05:00 p.m.	Bocamina Karina	769708	9255494	759	06/05/2019	61.25
06:00 p.m.	Bocamina Karina	769708	9255494	759	06/05/2019	34.65
Promedio aritmético de concentración de ruido (12 horas)						50.90 dBA
Límite Máximo Permissible del Ruido						80 Dba

Fuente: Elaboración propia, (2019).

ANEXO n.º 5. Guía de entrevista

1. ¿Cuál es el avance de mina que se tiene en la labor Karina, de la mina San Luis?
.....
.....
2. Describa su sistema actual de iluminación
.....
.....
3. ¿Cuáles son los equipos empleados en el sistema de iluminación actual?
.....
.....
4. ¿La visibilidad del sistema de iluminación actual es la adecuada para el desarrollo de sus actividades mineras?
.....
5. ¿Cuáles son los costos de inversión del sistema actual de iluminación?
.....
6. ¿Cuáles son los costos de mantenimiento del sistema actual de iluminación?
.....
7. ¿Han ocurrido accidentes o incidentes debido a su sistema de iluminación actual?
.....
8. ¿Cómo afecta la iluminación actual en la productividad de la mina?
.....
9. ¿Qué mejoras propone en el sistema de iluminación?
.....
10. ¿La empresa cuenta con el presupuesto adecuado para implementar mejoras en la iluminación de la labor Karina?
.....

ANEXO n.º 6. Equipos, procedimientos y fórmulas para el levantamiento topográfico

EQUIPOS:

- Teodolito.
- Plomada.
- Wincha.
- Libreta de campo.
- Flexómetro.
- Cordel.
- Trípode.
- EPP.
- Linterna.

PROCEDIMIENTO:

- En primer lugar, se procedió a ubicar los puntos topográficos de la triangulación.
- Luego se procedió a medir los ángulos de la triangulación.
- Procedimos a ser el enlace a la boca mina.
- Ubicamos todos los puntos topográficos dentro del socavón cada 20m de distancia aproximadamente.
- Luego colocamos las plomadas en el centro de la boca mina y en toda la galería.
- Después de medir los ángulos horizontales y verticales, procedimos a medir la distancia inclinada.
- Finalmente empezamos hacer los detalles de la galería hasta el punto final.

FÓRMULAS:

- $DH = DI \cos (< \text{vertical})$
- $DV = DI \sin (< \text{vertical})$
- $DV = DH \tan (< \text{vertical})$
- COORDENADA NORTE:
 $AN = DH \cos (< \text{Azimutal})$
- COORDENADA SUR:
 $AE = DH \sin (< \text{Azimutal})$
- Cota por conocer = Cota conocida + ($\pm DV$) + ($\pm AI$) - ($\pm AS$)