UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA

Escuela Profesional de Ingeniería de Minas

ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE GUÍAS DE ILUMINACIÓN A BASE DE COMBUSTIBLE Y PANTALLAS LED DE ALTA LUMINOSIDAD EN VIAS DE ACARREO EN VOLQUETES CAT 797F EN LA UNIDAD MINERA CUAJONE DE LA EMPRESA SOUTHERN PERU, MOQUEGUA

TESIS:

PRESENTADA POR:

Bach. Santiago Jorge Toledo Toledo

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO DE MINAS

MOQUEGUA - PERU
2019

012

UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS

FOLIO N° .....

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Según Resolución..COMISIÓN ORGANIZADORA N° 0275-2019 - UNAM.

El Jurado Dictaminador ha calificado la defensa de la tesis:

TITULADA:

ANALISIS COMPARATIVO ENTRE GUIAS DE ILUMINACION A BASE DE COMBUSTIBLE Y PANTALLAS LED DE ALTA LUMINOSIDAD EN VIAS DE ACARREO EN VOLQUETES CAT 797 EN LA UNIDAD MINERA CUAJONE DE LA EMPRESA SOUTHERN PERU, MOQUEGUA

Asesor: Msc. VICTOR DAMIAN CAHUANA OCHOA

Asesor Externo: Mgr. ERWIN EDGARDO OLIVERA ORELLANA

Tesista: Bach. SANTIAGO JORGE TOLEDO TOLEDO

Dictamina como APROBADO por UNANIMIDAD

La defensa del tema de investigación con la nota: CATORCE (14)

Por lo que.....opta el Grado de Ingeniero de Minas.

Siendo las 10:00 horas, del 12 de ABRIL del año 2019

se procede a firmar la presente.

Presidente del Jurado
Dr. MARCOS LUIS QUISPE PEREZ

Primer Miembro
Ing. AGAPITO FLORES JUSTO

Segundo Miembro
Ing° ERNESTO LARICANO FLORES

Tesista
Santiago Toledo Toledo
Jorge

UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA
CERTIFICA: Que el presente documento ES COPIA FIEL DEL ORIGINAL, al que me remito para los fines pertinentes
Moquegua 14 AGO 2019
Tec. Josefa Quispe Tintaya
FEDATARIA ADSCRITA 03

Dedicatoria

A nuestro Señor Jesucristo por el don de la vida.

A mi hijo, por ser el motivo de mi superación personal y mi abuela que está en el cielo, en la cual me apoyo en vida a lo largo del transcurso de mi carrera profesional.

A mi abuelo y madre, que siempre están conmigo en las buenas y en las malas.

Agradecimientos

Expreso mi más sincero agradecimiento a Dios por haberme permitido escalar un peldaño más en la vida, y a las grandiosas personas que he conocido y han contribuido en mi crecimiento personal y profesional.

A los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniera de Minas y mi alma mater la Universidad Nacional de Moquegua, donde me brindaron los conocimientos teóricos y prácticos necesarios que permitieron encaminar mi vida a nivel profesional, también a los grandes profesionales que me enseñaron a valorar el verdadero conocimiento.

A la Compañía Minera SOUTHERN PERU COPPER CORPORATION, que me permitió realizar mis prácticas profesionales en su Unidad Minera Cuajone, la cual me ayudo de gran manera a poder profundizar mis conocimientos adquiridos en la Universidad.

Y finalmente a mis asesores al MSc. Víctor Damin Cahuana Quispe y Mgr. Erwin Edgardo Olivera Orellana, quienes con su apoyo y paciencia, me guiaron a poder culminar cada página de este trabajo de investigación.

Resumen

En el siguiente trabajo de investigación, se explica la influencia en la productividad de unas guías de iluminación a base de combustible y las pantallas LED de alta luminosidad colocadas en vías de acarreo y en volquetes CAT 797F, esto tiene lugar en la Unidad Minera Cuajone - Empresa Southern Perú Copper Corporation de la ciudad de Moquegua.

El problema principalmente es la influencia de neblina en las vías de acarreo y volquetes CAT797, ya que genera demoras en el acarreo de mineral y por lo tanto paradas de los volquetes debido al factor climático. Esta investigación refleja, como la mejora continua contribuye a gran escala en la productividad de la mina, a un ahorro económico óptimo a la seguridad de los trabajadores y conservación del medio ambiente mediante el reemplazo de guías de iluminación a base de combustible por pantallas LED de alta luminosidad, ya que se elimina la quema de combustible en su totalidad para la iluminación en las vías de acarreo. Para la demostración de dicho trabajo, se tomaron muestras de iluminación de las pantallas LED de altas luminosidades ubicadas en la vía de acarreo del botadero 5% en tres horarios distintos, y que mediante la prueba de la t de student se

comprobará una mejora en la producción por uso de este nuevo sistema de iluminación.

Luego de realizar la comparativa correspondiente, se obtuvo como resultado, que las pantallas LED de alta luminosidad en vías de acarreo y en volquetes CAT 797F, sí contribuyen a una mejora en la productividad de la mina y a un mejor cuidado del medio ambiente y además a un ahorro económico considerable a partir del tercer año de implementación.

Abstract

In the following research work, the influence on the productivity of fuel-based lighting guides and high-luminosity LED screens placed on haul roads and in CAT 797F dump trucks is explained, this takes place in the Cuajone Mining Unit - Company Southern Peru Copper Corporation of the city of Moquegua.

The main problem is the influence of haze in the haul roads and CAT797 dump trucks, since it generates delays in the haulage of ore and therefore stops of the dump trucks due to the climatic factor. This research reflects, as the continuous improvement contributes to a large scale in the productivity of the mine, to an optimal economic saving to the security of the workers and conservation of the environment by means of the replacement of guides of lighting based on fuel by LED screens of high luminosity, since the combustion of fuel in its entirety is eliminated for lighting on the haul roads. For the demonstration of this work, lighting samples were taken from the high luminosity LED screens located on the haul road of the 5% dump in three different schedules, and that by means of the student's t test an

improvement in the production will be verified by use of this new lighting system.

After making the corresponding comparison, it was obtained that the high brightness LED screens on haul roads and CAT 797F dump trucks, do contribute to an improvement in the mine's productivity and a better care of the environment and also to considerable economic savings after the third year of.

Contenido

Dedicatoria.....**III**

Agradecimientos.....**IV**

Resumen.....**V**

Abstract.....**VII**

INTRODUCCIÓN **22**

CAPÍTULO I: GENERALIDADES **25**

1.1 UBICACIÓN..... **25**

1.1.1 Ubicación Política..... 26

1.1.2 Ubicación Geográfica..... 26

1.2 MÉTODO DE EXPLOTACIÓN..... **26**

1.3 EQUIPOS MINA..... **27**

1.4 RESPONSABILIDAD CON EL MEDIO AMBIENTE Y RELACIONES COMUNITARIAS..... **28**

1.5 ACCESO **33**

1.6 ÁMBITO DEL ESTUDIO A REALIZAR **33**

1.6.1 Vía Terrestre 33

1.7 CLIMA..... ..... **34**

1.8 RECURSOS HÍDRICOS **35**

1.9 ENERGÍA ELÉCTRICA **35**

1.10 CAPITAL HUMANO **36**

1.11 MARCO GEOLÓGICO **36**

1.12 GEOLOGÍA REGIONAL **38**

1.13 ALTERACIONES **39**

1.13.1 Alteración hidrotermal 39

1.13.2 Alteración fílica 40

1.13.3 Silificación 40

1.13.4 Alteración argílica 41

1.13.5 Alteración potásica 41

CAPÍTULO II: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA **43**

2.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA **43**

2.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA **45**

2.2.1 Interrogante General. 45

2.2.2 Interrogantes Secundarias. 45

2.3 JUSTIFICACIÓN. **45**

2.4 FORMULACIÓN DE OBJETIVOS **47**

2.4.1 Objetivo General 47

2.4.2 Objetivos Específicos 48

2.5 FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS **48**

2.5.1 Hipótesis General 48

2.5.2 Hipótesis Específica 48

CAPÍTULO III: MARCO TEORICO 49

3.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN 49

3.1.1 Guías de Iluminación a Base de Combustible 49

3.1.2 Definición de un LED (Diodo de Emisor de Luz). 50

3.1.3 Características de los LED. 51

3.1.4 Lámparas Eléctricas 51

3.2 BASES TEÓRICAS 54

3.2.1 Descripción del Sistema de Alta Luminosidad 54

3.2.2 Importancia de la Iluminación en Mina 56

3.2.3 Consideraciones Ambientales en el Nuevo Sistema de Iluminación y el Antiguo 58

3.2.4 Contaminación Lumínica 58

3.2.5 Efectos de la Contaminación Lumínica 60

3.2.6 Causas de la Contaminación Lumínica 61

3.2.7 Uso de Guías de Iluminación a Base de Combustible 62

3.2.7.1 Ausencia de la Visibilidad 63

3.2.8 La presencia de las nubes en las Operaciones Mineras 63

3.2.8.1 Nieblas formadas por evaporación 64

3.2.9 Importancia de la Luminosidad en relación a las Pantallas LED de Alta Luminosidad en Vías de Acarreo 65

3.2.10 Características de las Pantallas LED de Alta Luminosidad.....66

3.2.11 Sistema de pantallas de alta luminosidad 67

3.2.11.1 Partes de una pantalla LED de alta luminosidad..... 68

3.2.12 Consideraciones para el Uso de las Pantallas de Alta Luminosidad……..... 71

3.2.12.1 Factores Favorables 71

3.2.12.2 Factores Desfavorables 71

3.2.13 Implementación de Pantallas LED en Volquetes CAT 797F 74

3.2.13.1 Especificaciones Técnicas del CAT 797F 75

3.2.13.2 Características de la Iluminación en los Volquetes CAT 797F.....76

3.2.14 Aplicación del Sistema de Alta Luminosidad..... 77

3.2.15 Riesgos Asociados con el Uso de Guías de Iluminación a Base de Combustible…… 79

3.3 MARCO CONCEPTUAL. **79**

CAPÍTULO IV: MARCO METODOLOGICO..... **83**

4.1 TIPO Y DISEÑO..... **83**

4.2 MODELO METODOLÓGICO..... **84**

4.3 NIVEL DE INVESTIGACIÓN..... **84**

4.4 OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES **85**

4.4.1 Variables Independientes..... 85

4.4.2 Variable Dependiente 85

4.5 POBLACIÓN Y MUESTRA 85

4.5.1 Población…. 85

4.5.2 Muestra 86

4.6 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA RECOLECCIÓN DE DATOS 86

4.7 INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN UTILIZADOS 87

4.7.1 Luxómetro PCE - 174 87

4.8 VALIDACIÓN Y CONFIABILIDAD DE LOS INSTRUMENTOS 89

4.9 MÉTODOS Y TÉCNICAS PARA LA PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS 90

4.9.1 Calculo de pruebas de luminosidad de las pantallas led utilizando la distribución “t” de student 90

4.9.1.1 Medición de Luminosidad - Día 01 91

4.9.1.2 Medición de Luminosidad - Día 02 91

4.9.1.3 Medición de Luminosidad - Día 03 92

4.9.1.4 Medición de Luminosidad - Día 04 92

4.9.1.5 Medición de Luminosidad - Día 05 93

4.9.1.6 Medición de Luminosidad - Día 06 93

4.9.1.7 Medición de Luminosidad - Día 07 94

4.9.1.8 Medición de Luminosidad - Día 08 94

4.9.1.9 Medición de Luminosidad - Día 09 95

4.9.1.10 Medición de Luminosidad - Día 10 95

4.10 Observación directa 97

4.10.1 Análisis Estadístico 99

4.10.2 Aplicación de la metodología de Pareto para la comparación de niveles de luminosidad 99

4.10.3 Presentación 111

4.11 REGLAMENTO DE SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL D.S. 024 - 2016 - EM. 111

CAPÍTULO V 117

PRESENTACION Y ANALISIS DE RESULTADOS 117

5.1 PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS 117

5.1.1 Distribución y comparación de guías de iluminación a base de combustible y Pantallas LED de Alta Luminosidad. 117

5.1.2 Alcance de Luminosidad entre Guías de Iluminación a Base de Combustible y Pantallas LED 119

5.1.3 Ubicación de las Pantallas LED de Alta Luminosidad en la Operación Minera…….. 120

5.2 PRUEBA DE VISIBILIDAD 121

5.3 ANÁLISIS DE LAS GUÍAS DE ILUMINACIÓN A BASE DE COMBUSTIBLE USADOS ANTES DE LA IMPLEMENTACIÓN 123

5.4 INSTALACIÓN DE LOS PUNTOS PARA EL NUEVO SISTEMA DE PANTALLAS LED DE ALTA LUMINOSIDAD 123

5.5 ANÁLISIS DEL ANTERIOR MÉTODO DE ILUMINACIÓN: MECHEROS DE COMBUSTIBLE **124**

5.6 FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA **125**

5.6.1 Opciones de reemplazo para las guías de iluminación a base de combustible…… 125

5.6.2 Resultados obtenidos después de su aplicación 126

5.6.3 Optimización para un mejor aprovechamiento del sistema 129

5.7 DETERMINACIÓN DEL COSTO DE APLICACIÓN DEL SISTEMA……..... **129**

5.7.1 Costo de Operaciones 129

5.7.1.1 Costo de Equipo. 129

5.7.1.2 Costo de Materiales e Insumos. 130

5.7.1.3 Costo Total para la implementación 131

5.7.1.4 Costo de Operación 131

5.7.2 Costo de Mantenimiento 132

5.8 DISCUSION RESPECTO AL SISTEMA DE PANTALLAS LED DE ALTA LUMINOSIDAD……..... **132**

5.8.1 Discusión N°01: 132

5.8.2 Discusión N°02: 132

5.8.3 Discusión N°03: 134

5.8.4 Discusión N°04: 135

5.8.5 Discusión N°05: 136

5.8.6 Discusión N°06:..... 136

5.8.7 Discusión N°07:..... 137

5.8.8 Discusión N°08:..... 138

CONCLUSIONES **139**

RECOMENDACIONES **140**

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS. **141**

ANEXOS…….. ..... **146**

ANEXO 1……147

ANEXO 2……149

ANEXO 3……150

ANEXO 4……151

ANEXO 5……152

ANEXO 6……155

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de Ubicación de Mina Cuajone 25

Figura 2: Inversiones Ambientales de la Empresa SPCC 31

Figura 3: Tasa de accidentes y de gravedad en la empresa SPCC..... 32

Figura 4: Ubicación del área de estudio de la Unidad Minera Cuajone ... 34

Figura 5: Plano de Alteraciones presentes en tajo Cuajone 42

Figura 6: Diagrama de Procesos para la extracción y beneficios de minerales metálicos a cielo abierto 57

Figura 7: Distribución de la luz emitida por una luminaria normal..... 62

Figura 8: Alcance de luz ámbar de pantalla LED de alta luminosidad en vía de acarreo..... 66

Figura 9: Alcance de luz ámbar a 50 metros de distancia en vía de acarreo 67

Figura 10: Pantalla LED de Alta Luminosidad..... 68

Figura 11: Postes de Metálicos de Sostenimiento 69

Figura 12: Gráfico de medición de iluminación en tramos de 5 metros ... 73

Figura 13: Puntos de Iluminación LED en volquetes CAT 797F 75

Figura 14: Recorrido de volquetes por vías de acarreo mina..... 77

Figura 15: Comparación entre una guía de iluminación y una luminaria en temporada de neblina. 78
Figura 16: Diagrama de Procedimiento Metodológico a realizar, basado en el modelo de Pareto. 84
Figura 17: Especificaciones Técnicas del Luxómetro PCE - 174 88
Figura 18: Instrumento de medición de luminosidad - Luxómetro 89
Figura 19 : Formula de determinación analítica del "t" de student 89
Figura 20: Gráfico de Distribucion de "t" de Student vs. el número de dias medidos 98
Figura 21: Presencia de neblina súper densa con luminaria 98
Figura 22: Diagrama de Pareto de la Luminosidad - Día N°01 101
Figura 23: Diagrama de Pareto de la Luminosidad - Día N°02 102
Figura 24: Diagrama de Pareto de la Luminosidad - Día N°03 103
Figura 25: Diagrama de Pareto de la Luminosidad - Día N°04 104
Figura 26: Diagrama de Pareto de la Luminosidad - Día N°05 105
Figura 27: Diagrama de Pareto de la Luminosidad - Día N°06 106
Figura 28: Diagrama de Pareto de la Luminosidad - Día N°07 107
Figura 29: Diagrama de Pareto de la Luminosidad - Día N°08 108
Figura 30: Diagrama de Pareto de la Luminosidad - Día N°09 109
Figura 31: Diagrama de Pareto de la Luminosidad - Día N°10 110
Figura 32: Mapa de Ubicación de Pantallas LED de alta luminosidad en Mina Cuajone 120

Figura 33: Visualización de la personas en presencia de neblina a 20 metros 121

Figura 34: Visualización de la personas en presencia de neblina a 25 metros……122

Figura 35: Visualización de la personas en presencia de neblina a 30 metros 122

Figura 36: Comparación de fuentes de Iluminación en Minería 135

Figura 37: Visualización de Pantalla LED con inclinación de 15° 136

Figura 38: Luminaria Alumbrado Exterior Nueva Instalación 137

Figura 39: Pantalla LED de Alta Luminosidad, ubicada a 6 metros del suelo 138

Figura 40: Simulación de Pantallas LED de Alta Luminosidad en vías de acarreo..... 149

Figura 41: Vista Frontal de Pantalla LED en Neblina Densa..... 152

Figura 42: Medición de distancia de Pantalla LED en Neblina Densa ... 152

Figura 43: Iluminación de Pantalla LED a 100 Metros en vía de acarreo 153

Figura 44: Iluminación de Pantalla LED a 80 Metros en vía de acarreo 153

Figura 45: Pruebas de Pantalla LED en Volquete CAT 797F 154

Figura 46: Instalación de Pantalla LED en Volquete CAT 797F..... 154

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: *Resumen de horas acumuladas pérdidas y producción perdida al año* 46

Tabla 2: *Nivel de iluminación emitida por distancia a cada 5 metros* 73

Tabla 3: *Especificaciones del Volquete CAT 797F* 76

Tabla 4: *Muestras de Luminosidad - Día N°01* 91

Tabla 5: *Muestras de Luminosidad - Día N°02* 91

Tabla 6: *Muestras de Luminosidad - Día N°03* 92

Tabla 7: *Muestras de Luminosidad - Día N°04* 92

Tabla 8: *Muestras de Luminosidad - Día N°05* 93

Tabla 9: *Muestras de Luminosidad - Día N°06* 93

Tabla 10: *Muestras de Luminosidad - Día N°07* 94

Tabla 11: *Muestras de Luminosidad - Día N°08* 94

Tabla 12: *Muestras de Luminosidad - Día N°09* 95

Tabla 13: *Muestras de Luminosidad - Día N°10* 95

Tabla 14: *Tabla de Distribución de "t" de Student para una cola* 96

Tabla 15: *Distribución "t" de Student por día* 97

Tabla 16: *Análisis Porcentual de la Luminosidad - Día N°01* 101

Tabla 17: *Análisis Porcentual de la Luminosidad - Día N°02* 102

Tabla 18: *Análisis Porcentual de la Luminosidad - Día N°03* 103

Tabla 19: *Análisis Porcentual de la Luminosidad - Día N°04* 104

Tabla 20: *Análisis Porcentual de la Luminosidad - Día N°05* 105

Tabla 21: *Análisis Porcentual de la Luminosidad - Día N°06*…….....106

Tabla 22: *Análisis Porcentual de la Luminosidad - Día N°07*..... 107

Tabla 23: *Análisis Porcentual de la Luminosidad - Día N°08*..... 108

Tabla 24: *Análisis Porcentual de la Luminosidad - Día N°09*..... 109

Tabla 25: *Análisis Porcentual de la Luminosidad - Día N°10*..... 110

Tabla 26: *Cantidad de Pantallas de Alta Luminosidad LED*..... 118

Tabla 27: *Cantidad de Guías de Iluminación a Base de Combustible* 119

Tabla 28: *Distribución del color según la Longitud de Onda*..... 120

Tabla 29: *Consumo de Combustible Mensual para guías de iluminación*..... 125

Tabla 30: *Perdida de la Producción de Mineral por paradas por neblina*..... 127

Tabla 31: *Consumo de Petróleo Anual - Periodo 2013*..... 128

Tabla 32: *Oportunidad de Ahorro en el Reemplazo de guías de iluminación a base de combustible por pantallas LED de alta luminosidad* 128

Tabla 33: *Costo de equipo necesario para la instalación de las pantallas de alta luminosidad* 130

Tabla 34: *Costo de materiales e insumos para la instalación de las pantallas de alta luminosidad*..... 130

Tabla 35: *Costos Operativos de las Pantallas LED de Alta Luminosidad* 131

Tabla 36: *Tiempos muertos antes de la aplicación del sistema*..... 133

Tabla 37: *Tiempos muertos después de la aplicación del sistema* 134

INTRODUCCIÓN

Generalmente en las operaciones mineras a cielo abierto, existen factores climáticos en los cuales influye en la producción. Uno de estos es la presencia de neblina, que impide la visibilidad del personal que labora dentro de la operación, y en particular a los operadores de equipos como perforadoras, palas, volquetes, entre otros. Cabe precisar que, para contrarrestar esta falta de visibilidad, se usaban guías de iluminación a base de combustible, esto colocado en lugares estratégicos a lo largo de las vías de acarreo, lo cual servía como ayuda para los operadores de volquetes en guiar su recorrido en el traslado del mineral hacia el botadero.

Empecemos el trabajo con la siguiente premisa: Si aplicamos una mejora tecnológica que de manera automática proporciona mayor visibilidad en las vías de acarreo, evita las demoras operativas por neblina, nos brinde un ahorro económico oportuno y no contamine el medio ambiente.

El capítulo I, detalla aspectos de manera general de la mina en donde se aplicó el análisis comparativo de los dos sistemas, como su historia, ubicación, equipos, explotación y demás. Describe la realidad problemática de la mina, en cuanto puede influir la presencia de neblina en

la producción, esto utilizando las guías de iluminación a base de combustible. Explicando la realidad lumínica utilizada en otras minas a cielo abierto, realizando una breve descripción de cada unidad a nivel internacional como nacional; después se ejemplifica cuantas horas perdidas existe en la producción por la presencia de neblina. Y esto ayudara a realizar una comparación entre las guías de iluminación a base de combustible y pantallas LED de alta luminosidad. También se detalla en un primer plano, la ubicación y realidad de la mina en donde se realizará dicho estudio incluyendo los recursos que en ella contiene, también el método de explotación como su plan de minado actual, las operaciones unitarias y la geología en la zona.

El capítulo II, explica la base del problema de investigación y su respectiva justificación, esto atrayendo a interrogantes principales y secundarias para así, plantear la hipótesis en la se propone una solución a las paradas por neblina en la Unidad Minera Cuajone

El capítulo III, nos detalla la base teórica de las guías de iluminación a base de combustible; explica cómo fueron utilizadas en la pequeña minería, también cita una breve reseña sobre las lámparas eléctricas como fuente de iluminación en minería. Seguidamente se explica las características del sistema de pantallas LED, su importancia en la minería y algunas consideraciones a nivel ambiental entre los dos sistemas. También desarrolla la importancia de la contaminación lumínica y finalmente la importancia de la iluminación en vías de acarreo; esto

ejemplificado mediante el cálculo del nivel de iluminación en particular para los volquetes CAT 797F.

El capítulo IV, describe, un marco metodológico que fue utilizado para dicha investigación, basado en la metodología según Pareto. Explica también la población y muestra representativas con sus respectivas variables.

El capítulo V, nos explica los resultados obtenidos a través de la comparación que se realizó entre las guías de iluminación a base de combustible y las pantallas LED de alta luminosidad, así como una mejor optimización para su aplicación, seguidamente los costos que fueron necesarios para su funcionamiento.

Finalmente, con el trascurrir del tiempo y a la contribución de una mejora continua, se pudo obtener un mejor control respecto a estas pantallas LED de alta luminosidad, que permite una mayor señalética tanto para los camiones mineros y otros equipos que transitan por las vías de acarreo del botadero 5%. Dicha iluminación contribuye a elevar los índices de seguridad en el área de operaciones y a una tendencia positiva respecto a la productividad.

CAPÍTULO I:

GENERALIDADES

1.1 UBICACIÓN

La mina Cuajone es un pórfido de cobre y es a tajo abierto, su ubicación es aproximadamente a 42 Km al noroeste del departamento de Moquegua que esta al sur del Perú. Es emplazado en el flanco andino de la cordillera occidental de los Andes, visualizar Figura N°1.

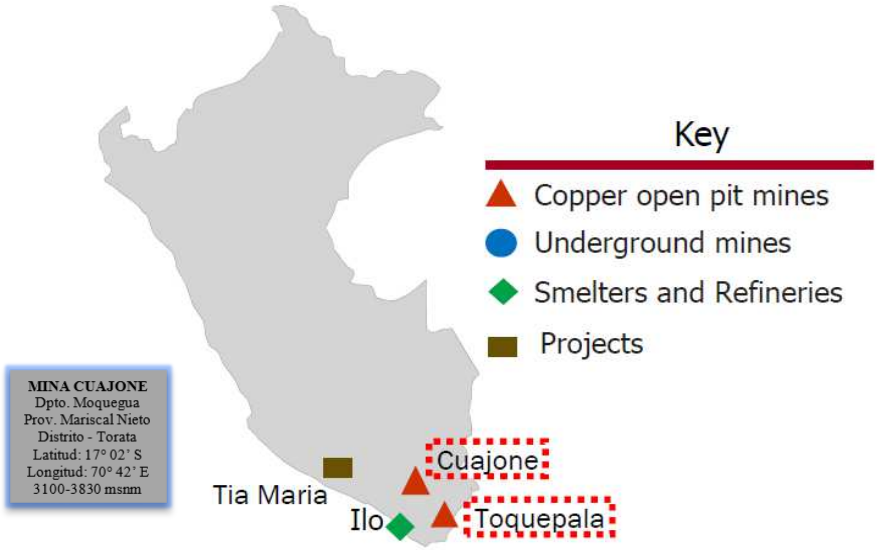


Figura 1: Mapa de Ubicación de Mina Cuajone

Fuente: Departamento de Ingeniería Mina - Cuajone

1.1.1 Ubicación Política

Distrito : Torata

Provincia : Mariscal Nieto

Departamento : Moquegua

1.1.2 Ubicación Geográfica

Latitud Sur : 17° 02’ S

Longitud Oeste : 70° 42’ E

Altitud : 3100 - 3850 msnm

1.2 MÉTODO DE EXPLOTACIÓN

En mina Cuajone, se realiza un método de explotación a tajo abierto (Open Pit), que consiste en realizar la excavación de la mina a partir de la superficie teniendo inicialmente que realizar un intenso movimiento de tierras conocido como desbroce hasta encontrar la mineralización.

El método de tajo abierto consiste en ir arrancando el material por niveles que tienen una configuración de bancos simples y dobles en avance descendente, que para el caso de Cuajone, estos tienen una elevación de 15 metros, un ancho mínimo de explotación de 70 metros, y las rampas de acceso serán de 35 metros de ancho con una inclinación de 10%.

1.3 EQUIPOS MINA

Los principales equipos de la mina Cuajone son:

- 15 Volquetes de 290 toneladas de capacidad, de marca KOMATSU 930E,10 Volquetes de 218 toneladas KOMATSU 830E, 6 Volquetes Caterpillar 793C, 793D de 231 toneladas, 18 Volquetes de 363 toneladas Caterpillar 797F y 02 Volquetes KOMATSU 930E - 4SE.
- 02 Palas P&H 4100 de 56 yardas cúbicas de capacidad, 01 pala Bucyrus 495 HR de 73 yardas cúbicas, 01 pala Bucyrus 495 HR de 60 yardas cúbicas, 01 Bucyrus 495BII de 56 yardas cúbicas, 01 P&H 2800 XPB de 42 yardas cúbicas, 01 Pala P&H 4100 XPC de 74 yardas cúbicas.
- 07 Perforadoras Eléctricas (Producción): 02 P&H 120A, 01 Bucyrus BE49RIII, 01 Bucyrus BE49HR, 01 Bucyrus BE39HR y 02 P&H 320XPC. 03 Perforadoras de Pre - Corte: 01 Atlas Copco - Rock L8 y 02 Sandvik - DR 560. 01 Perforadora Diesel Secundaria Sandvik DX 700.
- Entre los equipos auxiliares se incluye 10 tractores sobre ruedas, 11 tractores Caterpillar de oruga, 01 cargador frontal CAT 988, 01 cargador frontal CAT 966, 01 cargador frontal CAT 992, 06 motoniveladoras y 05 Tanques de agua para regadío de vías.

El agua de mina se succiona a través de 03 bombas horizontales ubicadas en tres niveles diferentes y deriva a 02 tanques ubicados a la entrada de la mina con una capacidad de 10,000 galones cada uno que es empleada para control de la polución en mina. El drenaje en los alrededores de la mina, trabaja en la temporada de lluvias, se hace por medio de 02 represas, la que se ubica en el norte, capta el agua de lo que fue la quebrada Chuntacala y lo deriva por medio de tubería de polietileno de 20" de diámetro. La represa del sur, capta aguas que discurren por bancos antiguos.

1.4 RESPONSABILIDAD CON EL MEDIO AMBIENTE Y RELACIONES COMUNITARIAS

La Empresa Southern Perú, comprometida a la conservación del medio ambiente, promueve algunos programas que incluye por ejemplo sistemas de recuperación de agua minimizar su uso y conservarla, también programas de reforestación para equilibrar la superficie de las represas en los relaves, esto bajo los estándares de calidad que regula las entidades medio - ambientales como el Ministerio del Ambiente (MINAM), en la cual ejecuta auditorias anuales en las operaciones mineras y metalúrgicas, en la cual se revisan temas ambientales, el cumplimiento de los requisitos legales, control de polvo y de efluentes. Esta compañía trata de cumplir con

los reglamentos y leyes ambientales, en los cuales están regulados a través de organismos como OSINERGMIN y la OEFA.

También es importante mencionar que, así como la preservación y cuidado del medio ambiente, la empresa realiza programa de apoyo social con las comunidades directamente de influencia, resaltando así el capital social y humano.

Southern Copper Corporation (SCC) es una Empresa de vanguardia, cuya innovación no reside únicamente en el avance de procesos más eficientes y en nuevas tecnologías, sino también en trabajar en que día a día nuestras operaciones tengan mejores resultados teniendo siempre por objeto la sustentabilidad de la organización en el tiempo. Constantemente nos esforzamos por lograr que el desempeño de la Compañía en los ámbitos social, económico y ambiental considere las expectativas de nuestros grupos de interés. Nuestro enfoque de negocio es el Desarrollo con Sentido, con el que alineamos nuestras acciones e inversiones para la distribución de valor económico. Para consolidar la confianza de nuestros grupos de interés, trabajamos arduamente para hacerles partícipes de la gestión y comunicarles cuál es el desempeño de la Compañía, tomando siempre en cuenta sus expectativas.

En la empresa Southern, nuestras operaciones mineras están alineadas a las mejores prácticas del sector.

Con el fin de garantizar que nuestros impactos ambientales sean mínimos y preservar el entorno en el que trabajamos. En este sentido, operamos a través de las siguientes líneas de acción que configuran nuestro sistema de gestión ambiental:

1.4.1 Equilibrio Ambiental

- Uso racional del agua y de los recursos naturales
- Reducción, control y mitigación de emisiones a la atmósfera
- Eficiencia en el uso de energía
- Reducción de emisiones GEI por tonelada producida
- Minimización en la generación de residuos y su manejo integral
- Cierre de operaciones
- Conservación de la biodiversidad.

INVERSIONES Y GASTOS DE CARACTER AMBIENTAL
(MILLONES DE DÓLARES)

	SCC
Aire	$ 88.41
Suelo	$ 58.31
Residuos	$ 36.40
Biodiversidad	$ 3.12
Gestión	$ 7.29
Agua	$ 15.42
Total	$ 208.95

Figura 2: Inversiones Ambientales de la Empresa SPCC

Fuente: Informa Anual comunitario SPCC - 2017

Estas líneas de acción se llevan a cabo dentro del marco de las certificaciones internacionales y locales con las que cuentan nuestras unidades operativas en los tres países donde se tiene presencia. En el 2017 se mantuvo 4 unidades certificadas en ISO 14001:2004, esto aunado a las 15 certificaciones en Industria Limpia y de Calidad Ambiental, que son producto de esfuerzo de cada uno de nuestros colaboradores y de la aplicación transversal de las prácticas ambientales.

El principal compromiso es crear entornos laborales óptimos y seguros para los trabajadores, aplicando los más altos estándares en materia de seguridad y salud ocupacional,

llegando al objetivo: CERO accidentes. En Perú - Cuajone se ha logrado reducir una tasa de accidentes en 33% en los últimos 5 años mediante la implementación de programas que se permitan enriquecer a la cultura de prevención de los colaboradores.

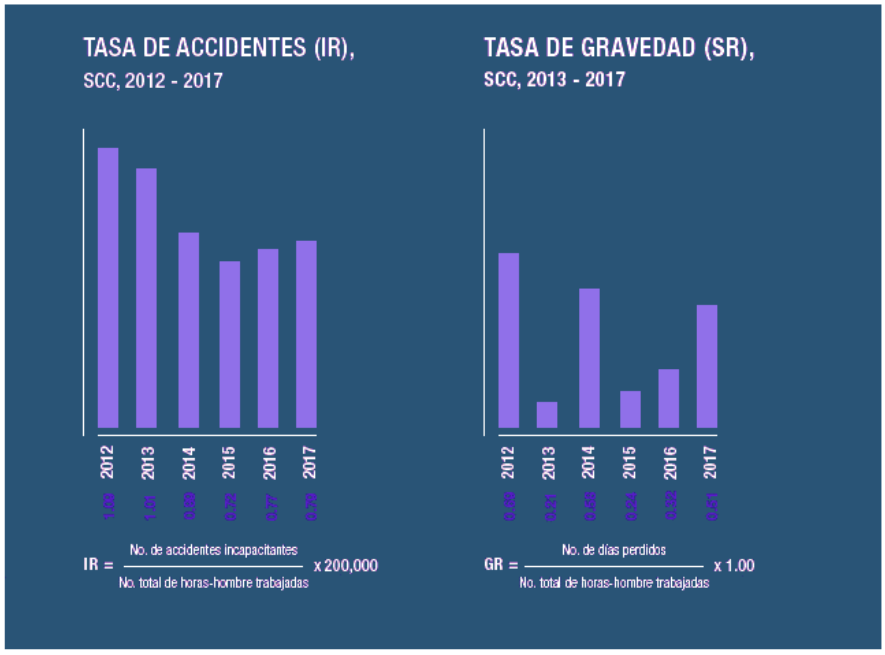


Figura 3: Tasa de accidentes y de gravedad en la empresa SPCC

Fuente: Informa Anual comunitario SPCC - 2017

En el año 2017 se logró una mitigación de más de 552,973 toneladas de dióxido de carbono (CO_2), equivalente a sacar de circulación 118,410 vehículos de pasajeros durante un año. Convergente con la política ambiental, se continúa realizando acciones para maximizar la generación de

electricidad utilizando las fuentes de energía propias, en el Perú se genera energía proveniente de fuentes renovables, en particular, a partir de dos plantas hidroeléctricas, con una capacidad conjunta de 130 Terajoules.

1.5 ACCESO

La mina de cobre a tajo abierto, está ubicada aproximadamente a 42 Km al noreste del departamento de Moquegua, provincia de Mariscal Nieto, distrito de Torata, al sur del Perú. Respecto a la accesibilidad se da desde Lima o la ciudad de Tacna, donde las distancias son:

1.6 ÁMBITO DEL ESTUDIO A REALIZAR

El lugar donde se realizará el reemplazo de las guías de iluminación a base combustible por pantallas LED de alta luminosidad, será en una mina a tajo abierto, en la sección de botaderos.

1.6.1 Vía Terrestre.

- Lima-Moquegua = 1 140 Km.
- Moquegua - Cuajone = 42 Km.
- Tacna-Moquegua = 152 Km.

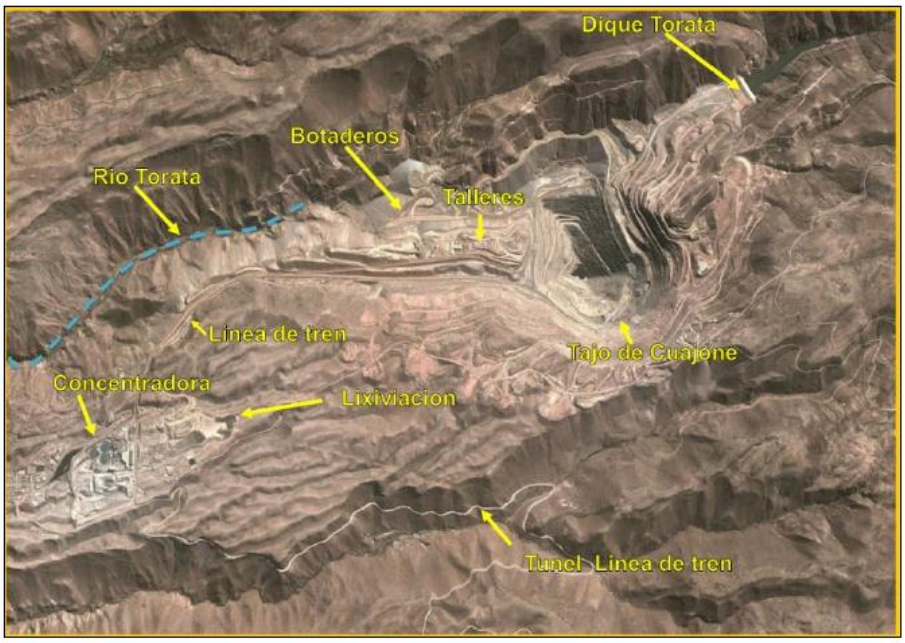


Figura 4: Ubicación del área de estudio de la Unidad Minera Cuajone

Fuente: Área de Operaciones Mina - Unidad Minera Cuajone

1.7 CLIMA

El clima vario constantemente por la altitud, desde un clima moderadamente templado; hasta, un frío intenso. En la zona de Moquegua el clima es cálido durante todo el año. En las partes media y alta, la temperatura se torna cada vez más baja, las mañanas tardes son muy frías; y, en las noches, la temperatura desciende por debajo de los 0° C. El clima es templado, con temperaturas que oscilan entre 20º a 12º entre el invierno y el verano.

La vegetación es escasa, caracterizándose por la presencia de cactus, palosanto; y, otras hierbas silvestres (Fuente Informe Anual 2013 SPCC).

1.8 RECURSOS HÍDRICOS

El principal rio que involucra la zona es el rio Torata, donde es uno de los más importantes recursos hídricos. Las nacientes de este río quedan en la vertiente alta de los andes, siendo muy torrentoso; y, su caudal, varía notablemente a través del año. Cuando llueve, el caudal es abundante; y, durante el estiaje, disminuye. La mina se abastece de agua de la represa de Suches y Viña Blanca.

Además, en la temporada de lluvias, el fondo de mina tiene la función de almacenar agua como un pequeño reservorio, el cual es utilizado para bombear durante el año las rampas de acceso a la mina; y, controlar el polvo de la misma

La presencia de agua superficial es escasa; y, las aguas cartesianas, se presentan en niveles freáticos inferiores al tajo de explotación. (Fuente Informe Anual 2013 SPCC).

1.9 ENERGÍA ELÉCTRICA

En abril de 1997, Enersur S.A. (subsidiaria de Tractebel – Bélgica), compró la planta de fuerza de SPCC en Ilo.

Enersur provee de energía eléctrica a todas las instalaciones existentes en Southern Copper; y, proveerá la energía necesaria para los futuros proyectos de expansión.

Además, se cuenta con una capacidad de generación eléctrica de nueve megavatios provenientes de dos pequeñas plantas hidroeléctricas en Cuajone. La energía se distribuye a través de un circuito cerrado de transmisión de 224 kilómetros, que está interconectado a la red peruana.

Las líneas de tensión con las que cuenta Cuajone son:

- 138 Kv Alta tensión desde Ilo.
- 69 Kv Tensión mediana - mina.
- 160 v Baja tensión - mina.

1.10 CAPITAL HUMANO

La mano de obra en la mina es aproximadamente de 500 personas en las diversas funciones, tales como: Funcionarios, empleados y obreros, distribuidos en las superintendencias de operaciones, ingeniería y geología, las cuales responden a la gerencia de mina (Fuente Informe Anual 2013 SPCC).

1.11 MARCO GEOLÓGICO

El conocimiento de la existencia de yacimientos de cobre en la ladera sur de la Quebrada Torata, data de fines del siglo XIX, en

la que, por breves referencias en literatura geográfica, se dice de ocurrencias de cobre en forma generalizada entre Cuajone y Toquepala, en la que delgadas menas de óxidos de cobre y material enriquecido fueron explotadas en una escala muy limitada. Por el difícil acceso, la naturaleza desértica del área y la lejanía de estos depósitos, sedes continuaron las operaciones mineras.

En el año de 1937, el prospecto de Cuajone fue reconocido como un proyecto potencial de depósito de Cobre Porfirítico por el geólogo A.C. Schmedeman quien trabajaba en una campaña de exploración realizada por Cerro de Pasco Corporation. Posteriormente la misma compañía bajo la opción de compra comienza a perforar taladros exploratorios en el año 1942 y adquiere los denuncios de Cuajone en1943.

Diez años después la Northern Perú Mining and Smelting Co. que era una subsidiaria de American and Smelting Co. (ASARCO) junto con la Compañía Newton Corporation, continuaron con la exploración del yacimiento perforando taladros diamantinos.

Entre 1969 y 1970 se realizan tres campañas más de perforación diamantina y se inicia la etapa de construcción, infraestructura y desbroce de material del yacimiento cuprífero de Cuajone con la implementación de carreteras, túneles, campamentos, talleres, oficinas, redes de agua y electricidad que finalmente darían a luz el proyecto.

Fue en el año 1976 en que se inicia la producción de la operación minera más grande del Perú y hasta estos momentos representa uno de los proyectos más importantes del país. Hacia 1980 se inicia la separación del Molibdeno de los concentrados en la nueva planta construida para ese fin.

Entre 1994 y 1997 se realiza una nueva campaña de perforación diamantina con la finalidad principal de aumentar sustancialmente las reservas de mineral y hacer exploraciones al Noroeste y Sureste del Tajo. En 1996 se realiza una campaña de Magnetometría. Y a fines del año 1998, se termina la ampliación de la Concentradora de Cuajone que tiene una capacidad de tratamiento de 87,000 TM por día.

En Noviembre de 1999 el Grupo México adquiere las acciones de Asarco y se constituye como el principal accionista de SPCC.

1.12 GEOLOGÍA REGIONAL

El yacimiento de Cuajone es un pórfido de cobre del tipo diseminado, está localizado en el área de la quebrada Chuntacala, un tributario seco del río Torata, a 30 Km al NE de la ciudad de Moquegua, y 25 Km al N- NW de la mina de cobre de Toquepala.

Cuajone está localizada dentro de la “sub - provincia cuprífera del pacífico sur”, en el flanco occidental de los Andes, al sur del Perú.

De acuerdo a la teoría tectónica de placas para la formación de estos pórfidos de cobre, esta provincia metalogénica fue generada por la fusión parcial de los mantos superficiales ricos en cobre a lo largo de la zona Benioff de la placa este del pacífico. Los magmas que contenían materiales calco-alcalinos se fueron introduciendo dentro de los mantos superficiales a través de profundas fisuras, dentro de los volcánicos del mesozoico de los mantos, a 100 - 150 km verticalmente debajo de la zona de las placas.

Actualmente un conjunto de estructuras NW - SE dominan la geología regional, esta es la orientación de los trechos oceánicos.

1.13 ALTERACIONES

1.13.1 Alteración hidrotermal

Una zona de alteración de 3 - 4 km de diámetro ha sido reconocida en Cuajone. Hay un control sobre la alteración hidrotermal usada por la mineralización pre-existente en Cuajone. Rocas principalmente dominadas por ensambles cuarzo - feldespatos fueron alteradas a filica - argílica, mientras aquellas conteniendo ferro-magnesianos fueron alteradas abiotita - clorita.

La alteración de arcillas es muy intensa en Cuajone, el cual podría ser considerada como “altamente arcillosa” comparada con otros depósitos; Esta arcilla de origen hipógena y supérgena, con un anormal contenido alto, a causa de las tensiones y el fracturamiento en el área de mina, proveyeron decanales para el ascenso y descenso de fluidos.

1.13.2 Alteración fílica

Un contenido balanceado de cuarzo y sericita (fílica), además de la menor alteración de arcillas domina la mineralogía sílica en la zona mineralizada de Cuajone, siendo la alteración dominante en los stocks de latita porfirídica de la mina; los fenocristales de cuarzo permanecen en su textura original, donde el feldespato ha sido hidratado a sericita y arcillas, esto está rodeado de una red de venillas de cuarzo con silificación adyacente.

1.13.3 Silificación

Intensa silificación adyacente es encontrada dentro de la riolitano - lixiviada en el sur de la zona mineral, la alteración sílica casi totalmente destruyó la textura mineralógica original. La zona central de brecha es también altamente silificada, como son ciertamente áreas dentro de la latita porfirídica. Además de la matriz de silificación, son

encontrados múltiples estados de venillas de cuarzo en este tipo de alteración.

1.13.4 Alteración argílica

Además de los minerales arcillosos como la caolinita, la montmorillonita, la Ilita y la dickita, esta zona incluye significativas cantidades de clorita y biotita. La alteración argílica es casi exclusiva de las andesitas basálticas y es de origen tanto hipógena como supérgena.

1.13.5 Alteración potásica

Ha sido reconocida por perforaciones diamantinas principalmente en el sector NE del yacimiento. En la andesita basáltica es caracterizada principalmente por la presencia de biotita secundaria fina.

En la latita porfídica al SE del yacimiento, esta ha sido determinada en profundidad en forma de venillas con contenido de feldespato potásico, magnetita y biotita secundaria. (Véase Figura 15).

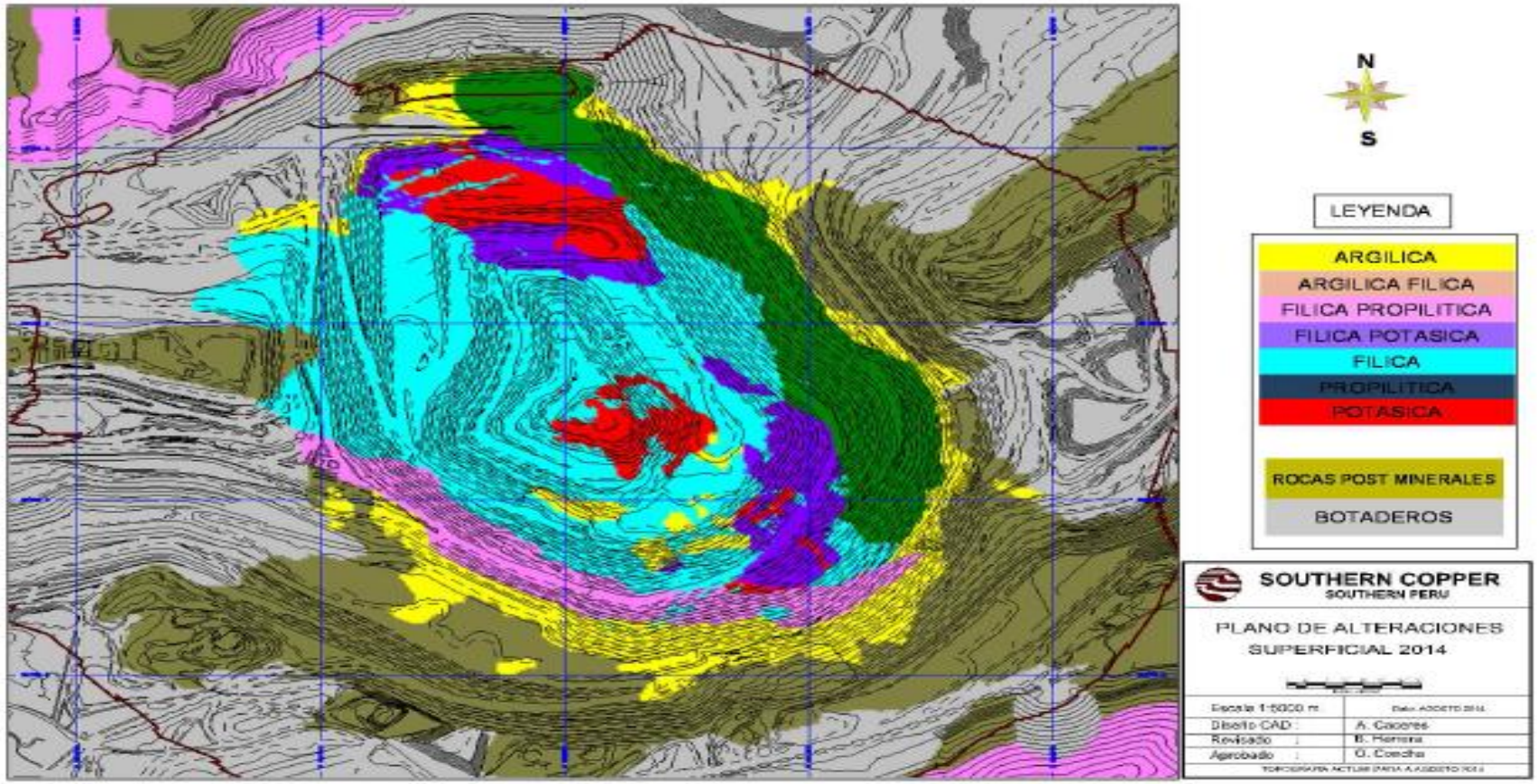


Figura 5: Plano de Alteraciones presentes en tajo Cuajone

Fuente: Dpto. Geología SCC, Sistema Local Cuajone WGS 84

CAPÍTULO II:

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

Sabemos que la presencia de neblina, afecta seriamente a las operaciones mineras, y en especial tiene un fuerte impacto a la producción, como por ejemplo en Compañía Minera Escondida (Antofagasta - Chile), en la cual enfoca implementar una mejora continua en la productividad, con el uso de luces ámbar en tramos críticos de la mina en donde se buscará contrarrestar las demoras operativas, dada la presencia abundante de neblina acida en la zona, esto para poder mejorar la señalética en el lugar de trabajo. (Escondia, 2013).

Es conocido también que, en la época de neblina, existe la preocupación de la visión del personal que trabaja en el sistema de acarreo mina, esto enfocado a la Compañía Minera Las Bambas (Apurímac), ya que se está implementando mejoras en las vías de acarreo tanto para el mineral y desmonte, colocando señalización fluorescente a lo largo de las carreteras. (Cayllahua Pilares, 2016)

Es por eso que durante la época de neblina (Diciembre - Marzo) en la mina Cuajone se usaban guías en base a combustión de petróleo como elementos de ayuda para mejorar la señalética de los operadores de volquetes, por las diferentes rutas de acarreo de la mina.

Sin embargo, el uso de estas guías generaba riesgos para el personal que abastecía los cilindros con combustible, como también para quiénes los prendían, además incrementaba el costo de combustible, y tenía un impacto negativo al medio ambiente.

En el año 2013 después de realizar el análisis y la evaluación respectiva para el cambio por las pantallas LED de alta luminosidad, se logró la implementación de estas luminarias en algunos tramos de las vías de la mina, así como en los propios volquetes para la temporada de neblina del año 2014.

Su implementación permitió mejorar los indicadores de seguridad en tiempos de neblina.

Por lo tanto, se justifica realizar un análisis comparativo, dada que la paralización de equipos en la mina en presencia de neblina influye en la productividad.

2.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

2.2.1 Interrogante General

¿Es factible mejorar la productividad en base a las pantallas LED de alta luminosidad para las temporadas de neblina?

2.2.2 Interrogantes Secundarias

- ¿Cuál es la influencia en la producción al reemplazar estas guías de iluminación a base de combustible por pantallas LED de alta luminosidad?
- ¿Se mejorará la productividad con la utilización de una red de iluminación para los volquetes CAT 797F en temporadas de neblina?

2.3 JUSTIFICACIÓN

En el contexto minero, existen diversos tipos de demoras operativas, una de ellas es el clima y esto va relacionado a la parada por neblina, ya que para mantener un ambiente seguro de trabajo para las personas que laboran en ese entorno, es necesario optar por parar la producción, hasta que las condiciones climáticas de la operación mejoren. Y un ejemplo claro es la parada de las palas, tanto para mineral y desmonte.

En la tabla 1, se visualiza la cantidad de horas acumuladas de parada por neblina vs la producción promedio por hora, en la cual obtendremos el mineral perdido por dichas paradas.

Tabla 1: *Resumen de horas acumuladas pérdidas y producción perdida al año*

PARADA DE EQUIPOS POR PRESENCIA NEBLINA EN EL AÑO 2013			
EQUIPOS	Total de tiempo perdido (Hr)	Producción Promedio (TN/Hr)	Producción Perdida al Año (TN)
PALA 01	14.50	2,494.48	36,169.90
PALA 02	11.10	3,353.11	37,219.50
PALA 03	6.00	3,354.28	20,125.66
PALA 04	15.40	3,365.67	51,831.32
PALA 05	1.20	3,835.67	4,602.80
PALA 06	8.90	4,469.05	39,774.55
TOTAL	**57.10**		**189,723.74**

Fuente: Área de Control Despacho - Unidad Minera Cuajone

Esto ha generado diversas interrogantes, en cómo se podría optimizar la productividad en las operaciones mineras sin necesidad de detener la misma por la presencia de neblina, esto ligado al uso de guías de iluminación a base de combustible, y consecuentemente representa un costo variable para la operación minera, así como perjudicial para el medio ambiente.

En otras minas a cielo abierto, como en la unidad minera Las Bambas, existe la presencia de neblina en menores proporciones

que en Cuajone, sin embargo, se viene analizando la posibilidad de implementar reflectores móviles para cada tramo crítico de la mina (en donde hubiera cierta incidencia de neblina). Hay coincidencia en señalar que, en la actualidad, las actividades mineras avanzan hacia una “iluminación inteligente”, con el uso de sensores de alta luminosidad para encender y apagar las luces en el momento que se requiera, esto ya viene siendo aplicado en minas superficiales en Antofagasta y Tarapacá (Chile).

Es por eso la importancia de determinar un nuevo sistema de iluminación en las vías de acarreo y de ser el caso para los equipos mineros, en la cual nos permita evitar desniveles en la productividad, tiempos muertos y un ahorro económico.

Por otra parte, esta investigación contribuirá en comparar el uso de guías de iluminación en base a combustión por el de un nuevo sistema de alta luminosidad en base a pantallas LED en vías de acarreo y equipos en mina superficial.

2.4 FORMULACIÓN DE OBJETIVOS

2.4.1 Objetivo General

Mejorar la productividad con el uso de las pantallas LED de alta luminosidad en vías de acarreo, en la Unidad Minera Cuajone Southern Perú.

2.4.2 Objetivos Específicos

- Comprobar una mejora en los tiempos de producción de los volquetes CAT 797F al utilizar un nuevo sistema de iluminación en las vías de acarreo
- Verificar que, al utilizar las pantallas LED de Alta Luminosidad en volquetes CAT 797F, se obtiene una mejora en la productividad en temporadas de neblina.

2.5 FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS

2.5.1 Hipótesis General

Utilizando las pantallas LED de alta luminosidad en vías de acarreo y volquetes, existirá una mejora en la productividad en temporada de presencia de neblina en mina.

2.5.2 Hipótesis Específica

- Si se trabaja con las Pantallas LED de Alta Luminosidad, se mejorará los tiempos de producción de los volquetes CAT 797F en vías de acarreo
- Empleando las pantallas LED de alta luminosidad, en volquetes CAT 797F, se contribuye a mejorar la producción en neblina.

CAPÍTULO III:

MARCO TEORICO

3.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.1 Guías de Iluminación a Base de Combustible

En tiempos pasados hubieron destacados investigadores que trataron de conseguir un método rentable y económico para la fabricación del acetileno (carburo cálcico), y algunos de ellos fueron Moissan y Wilson. De este modo, se construyeron luminarias en base de combustible para ferrocarriles, y naturalmente, alumbrado minero. Es muy complicado definir en qué momento fue usada la primera lámpara de acetileno (carburo cálcico). Sería probablemente el Doctor Hooke, inspector de minas de carbón en Gales quien efectuó en 1897 los primeros ensayos de alumbrado con Carburo cálcico (Sanchis, 2005).

Además de la normalidad del alumbrado en mina, se debe considerar una iluminación de emergencia con la respectiva ventilación, que de acuerdo a las dimensiones de los túneles, aseguren un ambiente libre de vapores o gases combustibles en los socavones y vías de acceso subterráneos.(M. de E. y Minas, 2016)

3.1.2 Definición de un LED (Diodo de Emisor de Luz)

Un LED es aquel dispositivo que es semiconductor que emite una luz monocromática, cuando su polarización es directa y es penetrado por la corriente eléctrica. (C&G CARANDINI, ERCO ILUMINACION, GRUPO LLEDO S.A., AIRFAL, OSRAM S.A., 2015)

Es un semiconductor que va unido a dos terminales (ánodo y cátodo), y mediante una corriente eléctrica, se origina lo que es la electroluminiscencia, lo cual es la transición de energía eléctrica a radiación visible, por tanto, un LED es una fuente de luz en estado sólido, sin gas inerte o ninguna capsula de vidrio que lo recubra como otras fuentes de luz. (C&G CARANDINI, ERCO ILUMINACION, GRUPO LLEDO S.A., AIRFAL, OSRAM S.A., 2015).

3.1.3 Características de los LED

Las luces LED, poseen en general algunas características resaltantes respecto a las demás y son:

- Eficacia en la iluminación cuyo valor está en los 100 lm/W, (lúmenes por vatio), lo cual tiene tendencia a subir en 10 años a unos 230 lm/W.
- Alta eficacia de color producida en los colores rojo, naranja, amarillo, verde, azul y blanco
- La vida útil oscila entre las 50,000 a 100,000 horas, lo que supone que su operatividad es evidentemente fiable.
- Tiene una alta resistencia a los golpes y vibraciones, y esto porque sus componentes son rígidos, trabajando así en condiciones mecánicas adversas.
- No poseen radiaciones de luz perjudiciales, ya que emiten una luz prácticamente visible, evitando la luz ultravioleta.

3.1.4 Lámparas Eléctricas

En el año de 1879, surgió la lámpara de filamento incandescente, fue ahí donde se dejó de lado a la fuente de combustible. Para una fuente de iluminación fija, conocemos que existen dos tipos de corriente alterna que son la corriente alterna (CA) y la corriente continua (CC), la cual se sugiere

utilizar la primera alternativa, esto aplicado en sus inicios, generalmente en minas subterráneas de Estados Unidos para el tránsito de personal en interior mina. (Menon James R. Amstrong, 2001).

Sabiendo de la existencia en tiempos pasados de estas lámparas utilizadas en interior mina, y estando a la vanguardia de una mejora tecnológica, una reconocida marca llamada “Hella” de origen australiana presento por los años 2000, una luz de inundación LED, con un alto índice de luminosidad para la minería. Este sistema es adecuado para aplicaciones de corriente continua y corriente alterna, este sistema luminoso puede soportar distintos grados de temperatura en situaciones adversas de trabajo en tajo abierto. Aprovechando el éxito de este sistema LED en minería como sus luces de alta luminosidad, la tecnología y materiales que utiliza, para aplicaciones minera que proporcionan las soluciones de señalización más económicas (Australia Hella PTY, 2013).

El sistema de luminosidad (Hype Lume) ha sido diseñado para sobresalir en múltiples aplicaciones, en especial en minería (donde se requiera iluminación LED de alto rendimiento. Los LED de potencia producen más de 20,000 lúmenes. Los LED tienen una temperatura de color de 5700

Kelvin para proporcionar un entorno de luz natural, en especial en las vías de acarreo, garantizando una alta calidad de color para con las tareas criticas de trabajo, la electrónica del conductor LED asegura la luz de salida que permanece estable sobre una amplia gama de variaciones de voltaje. El Hypa LUME consume solo 240 W (Watts) a 24VCC (Voltios de Corriente Continua), garantizando una luminosidad cerca de 100 lúmenes por vatio. (Australia Hella PTY, 2013)

El sistema Hypa LUME puede trabajar en un intervalo de temperatura entre -40°C y 50°C, con una luminosidad constante aplicable sin ningún problema es de alto impacto y resistente a los químicos. Con respecto a la minería tiene sus aplicaciones en : excavadoras de palas, trituradoras de perforación, talleres, cuartos de lavado, plantas de separación, túneles subterráneos, torres de luz fija, almacenes, fajas transportadoras, etc (Australia Hella PTY, 2013).

The Hella Mining Center of Excellence (El Centro de Minería de Excelencia Hella), creada en Australia hace diez años, se estableció para diseñar, desarrollar y fabricar productos innovadores específicamente para la industria minera. Hella utiliza su investigación, ingeniería y experiencia en logística para producir soluciones de iluminación de clase mundial, que cumplen con los estándares de la industria

mundial y son aplicables para las operaciones mineras en todo el mundo.(Australia Hella PTY, 2013)

Citando un ejemplo de iluminación Hella, el Boomer T1D es un equipo de perforación de un brazo de Atlas Copco, en el cual cuenta con un alto alcance de iluminación LED en galerías estrechas. En pruebas de campo en la mina de plomo y zinc Lovisa en Suecia, tuvo un alto índice de aceptabilidad por su rendimiento. ("Gigasistemas _ LAMPARA MINERA KL5LM," n.d.)

Los productos mineros Hella (lámparas LED), con frecuencia responden a las necesidades de la minería de todo el mundo, con el concepto de la tecnología que demuestra su compromiso de superar la mejorar la producción a través de estas fuentes de iluminación, que cumplen las más altas exigencias en minería (Australia Hella PTY, 2013).

3.2 BASES TEÓRICAS

3.2.1 Descripción del Sistema de Alta Luminosidad

Se han presentado algunos avances en los nuevos LED de alta luminosidad, en la cual se permite utilizar aplicativos con mayores prestaciones que las de otros tipos de iluminación (de emergencia, decorativa o de señalización). Estos emisores luminosos pueden ser utilizados en

aplicaciones de iluminación funcional con consumos asumibles por sistemas de baterías de capacidad media y alta. Estos sistemas de alimentación por baterías presentan algunos inconvenientes, como la adaptación de los valores de los sistemas de almacenamiento a las necesidades de las matrices LEDs, o que en estos valores de alta tensión de salida de la batería, dependan del estado de la carga de la misma. Así se propone un sistema de iluminación alimentado por baterías que comprende una matriz LEDs en la que los elementos de regulación de la alimentación de la lámpara de diodos se puedan adaptar de manera dinámica a la vez que la propia estructura eléctrica de la misma, mediante un control digital, trabajando únicamente en los momentos que sean estrictamente necesarios, maximizando la eficiencia la cual representa un ahorro en su utilización y durabilidad global del equipo consiguiendo una alta iluminación con un menor consumo.(Australia Hella PTY, 2013)

Este sistema de alta luminosidad comprende una luz funcional de doble modulo, una luminaria empotrable en techo de aluminio robusto basado en una estructura modular con electrónica totalmente integrada para diversas aplicaciones en la minería. Se pretende dar un correcto uso a la energía eléctrica que tiene disponible y a través de ello alcanzar una

secuencia de encendido automático con sensor de luz. La distancia en las que se pretende colocar las pantallas LED son de 35 metros en la berma central de las vías de acarreo mina.(Australia Hella PTY, 2013).

3.2.2 Importancia de la Iluminación en Mina

Entre las distintas clases de energía existentes, la más adecuada para mover en especial el sistema de transporte de la industria minera es la eléctrica. Esta es de fácil transporte y de gran rendimiento pero en su funcionamiento produce chispas y calentamientos peligrosos según la atmósfera (Ochoa & Luis, 2014). En donde cumple con la importancia de la iluminación para el proceso de extracción de minerales que se detalla a continuación:

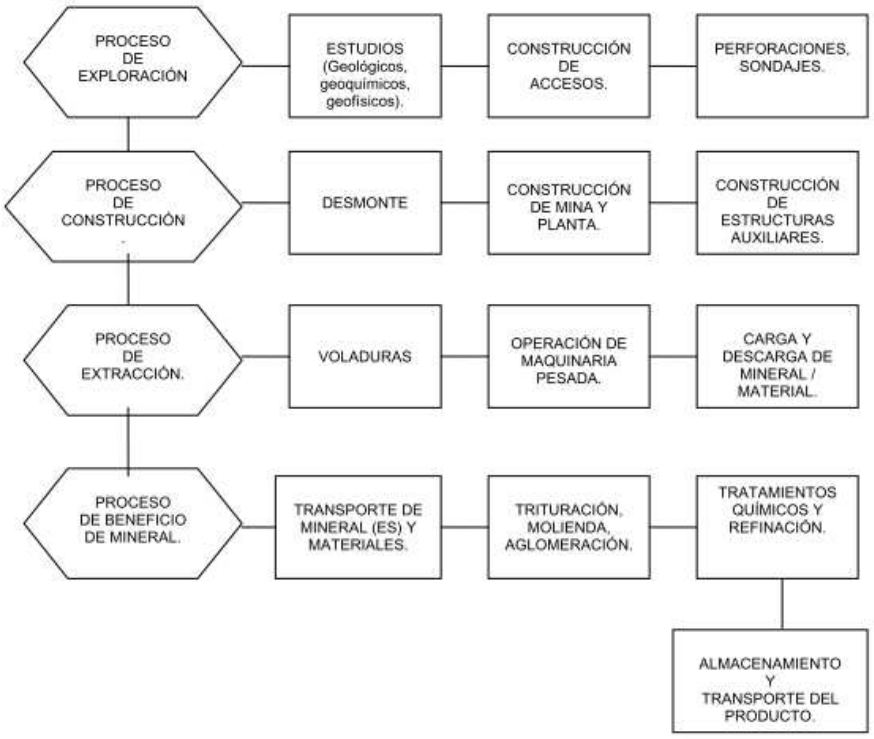


Figura 6: Diagrama de Procesos para la extracción y beneficios de minerales metálicos a cielo abierto

Fuente: (Social, 2005)

Es importante recalcar que el D.S. N° 024-EM-2016 dice: Es obligación del titular de actividad minera que las lámparas a emplearse estén en perfecto estado de funcionamiento y protección debiendo garantizar una intensidad luminosa mayor o igual a dos mil quinientos (2,500) lux a uno punto dos (1.2) metros de distancia en interior mina durante toda la guardia, con un mínimo de doce (12) horas continuas de uso (E. y Minas, 2016). También se debe de tener

en cuenta el aspecto ambiental en donde las compañías, debido a un incremento cada vez más pronunciado en los precios de la energía y materiales, están cada vez más consientes debido a presiones financieras y de reputación en reducir las emisiones de CO_2 y mitigar su impacto ambiental (Chercca Ramirez, 2014).

3.2.3 Consideraciones Ambientales en el Nuevo Sistema de Iluminación y el Antiguo

Hasta el año 2014, durante la época de niebla (diciembre a marzo), se están utilizando los mecheros de petróleo como solución señalética de las vías debido a la niebla espesa que presenta en la unidad (Cayllahua Pilares, 2015). Trayendo así, grandes emisiones de CO_2, perjudicial para el medio ambiente.

3.2.4 Contaminación Lumínica

En algunos dispositivos LED, principalmente en la luz blanco azulada, emiten ondas nocivas al medio ambiente. Estos dispositivos LED emiten un valor máximo de longitudes de onda que oscilan entre los 460 - 470 nanómetros, que corresponden al color azul, este tipo de luz es la que causa una cierta contaminación lumínica, ya que se difunde con mayor

eficacia en la atmosfera. Algunas empresas sostienen, que debido a la capacidad que tienen las luces LED de proyectar su flujo luminoso de forma muy direccional, evitan dicha contaminación ya que no difunden luz por encima del horizonte, pero ahora existen luminarias aplicadas al sector industrial y minero orientables a la dirección que disponga el instalador. (Dorremochea, Mª, Martorell, & Sora, 2011)

En las normativas sobre el alumbrado industrial, se exige que en las luminarias tengan una mínima emisión de flujos luminosos por debajo de los 500 nanómetros, sin embargo, esto afecta a población rural, que generalmente son los niños, más no a los equipos mineros (esto tratándose de luces blanco azuladas). (Dorremochea et al., 2011).

La contaminación lumínica se describe como la alteración de la oscuridad natural del medio nocturno producida por la emisión de luz artificial que, por su intensidad, dirección o rangos espectrales innecesarios para la realización de las actividades previstas para la zona en la que se han instalado las luces, emiten un exceso de luminosidad que va dirigida directamente al cielo. (Cient, 2004)

La exposición a luces brillantes como las luces blancas, en la actualidad la contaminación lumínica se ha convertido no solo en un problema ambiental, sino también

económico y social de gran impacto, pero aún sigue siendo uno de los aspectos más olvidados de la contaminación atmosférica. LED hacen que dejemos de producir melatonina, una hormona que se segrega por la noche y que sirve para que el reloj biológico de nuestro organismo se mantenga “en hora”. La contaminación lumínica puede alterar nuestro sueño y provocar insomnio. Pero esto se manifiesta principalmente en luces blancas azuladas, y las LED amarillas no tienen incidencia en dicha contaminación en áreas industriales y zonas mineras. (Cient, 2004).

3.2.5 Efectos de la Contaminación Lumínica

Uno de los principales objetivos que se pretende conseguir con el control la contaminación lumínica es la mejora de la calidad de la iluminación ambiental. Contrariamente a la idea comúnmente aceptada de que a más luz mejor iluminación. Un exceso de flujo de luz tiene toda una serie de consecuencias perjudiciales, como la dificultad de adaptación de la vista al salir del área iluminada, el deslumbramiento dentro y fuera del área mencionada, y la formación de cortinas de luz que impiden la percepción del exterior del área desde su interior. (Cabanes, Giménez, Antón, Villa, & María, 2013)

Por estos motivos, los niveles de luz deberían adaptarse en cada caso a las características propias de cada población (o de cada zona de dicha población), mediante la regulación horaria y estacional del régimen de funcionamiento, la limitación de la intrusión lumínica, el deslumbramiento y la difusión hacia el firmamento, teniendo siempre en cuenta un diseño correcto de la instalación. (Cabanes et al., 2013)

3.2.6 Causas de la Contaminación Lumínica

La luminaria es el dispositivo que aloja a la lámpara y distribuye direccionalmente la luz generada por ésta. Existen muy diversos tipos de luminaria para alumbrado de exteriores, pero se pueden clasificar básicamente en cuatro tipos: “globo”, “farol”, “luminaria vial” y “proyector”. Las características técnicas que inciden en el modo como se dirigirá la luz son: la presencia de elementos opacos con reflectante interior donde se aloja la lámpara; el tipo de “cierre” (elemento transparente o traslúcido para la salida de la luz); y, en algunos casos, la inclinación con que se instala (especialmente en proyectores). En los niveles de iluminación cuantitativamente los diseños de alumbrado exterior resultan muy importantes, pues en muchos casos, aun recurriendo a los tipos de luminaria y de lámpara más idóneos, se generan problemas de contaminación

lumínica y de consumo energético excesivo debido a que se sobrepasan los niveles de iluminación apropiados. (Lumínica et al., 2005)

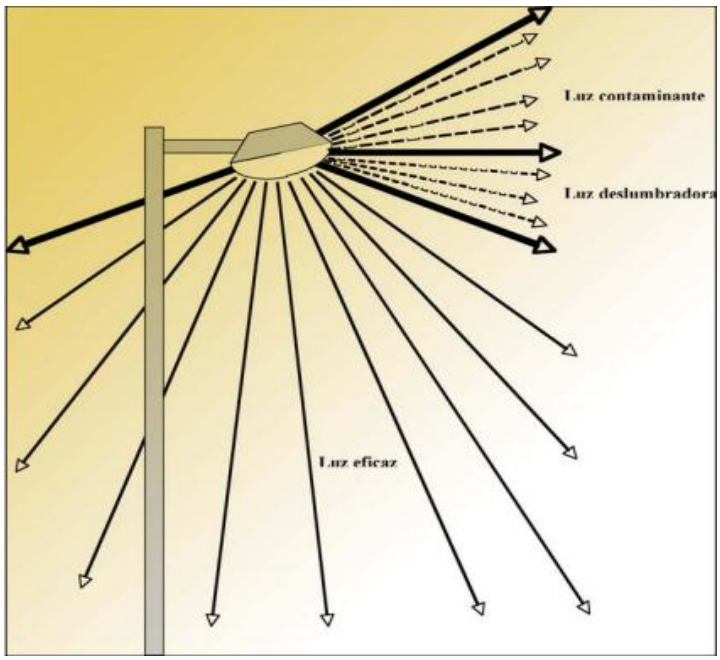


Figura 7: Distribución de la luz emitida por una luminaria normal

Fuente: Lumínica et,al 2005

3.2.7 Uso de Guías de Iluminación a Base de Combustible

En las épocas donde se manifiesta la mayor cantidad de neblina (Diciembre - Marzo), en mina Cuajone, se utiliza guías de iluminación los cuales llevan combustible en su interior, que por medio de un proceso de combustión, emana fuego, se utilizaba esto principalmente por la poca visibilidad en

las vías de acarreo, lo cual generaba demoras operativas y por lo tanto perdidas en la producción.

3.2.7.1 Ausencia de la Visibilidad

La falta de visibilidad se da principalmente en los meses de Diciembre y Marzo, por lo cual es necesario aplicar un sistema de iluminación que pueda contrarrestar dicho problema.

3.2.8 La presencia de las nubes en las Operaciones Mineras

Cuando se habla de nubes, niebla, lluvia; hace referencia a la forma condensada de humedad atmosférica, que son gotas de agua de pequeña dimensión, es el principal fenómeno atmosférico tangible en el tiempo meteorológico. Las partículas que están compuestas las nubes tienen un tamaño entre 5 y 25 micrómetros (0,005 y 0,025 milímetros).

La niebla es un fenómeno atmosférico que se da mediante una nube de espesor y densidad un tanto variable, que está en contacto con la superficie y produce la disminución de la visibilidad a valores menores a 1 Km, y esto en las operaciones mineras, es afectada las vías de acarreo, ya sea dificultado su tránsito, alterando el tiempo de viaje, principalmente en los camiones mineros, retrasándolos en su

ciclo de minado; o lo que es más grave aún, ocasionando un accidente que puede transformándose en pérdidas irreparables.

Físicamente no hay distinción entre la niebla y nube, existe una diferencia esencial entre ambas es el lugar de formación, cuando el aire se eleva y enfría se forma una nube, en cambio la niebla se forma por enfriamiento o por aumento del vapor de agua hasta saturarse. Cuando es ligera, la visibilidad se reduce a 2-3 Km y se llama neblina. Existe una clasificación de nieblas, una formada por evaporación y la otra por enfriamiento y se describe de la siguiente manera:

3.2.8.1 Nieblas formadas por evaporación

Se manifiestan cuando existe evaporación de agua en el aire frio, este cambio de estado ocurre aumentando el porcentaje de vapor y estas a su vez se clasifica en:

- **Niebla de Vapor:** Cuando el aire frio entra en movimiento sobre el agua cálida y esto produce evaporación desde la superficie del agua, se eleva el vapor al mezclarse con el aire frio de arriba, se satura formándose la condensación con apariencia de vapor, quedando al final estas nieblas.

- **Niebla Frontal:** El aire cálido se eleva sobre el aire frio, la lluvia que cae sobre este aire frio, puede evaporare, produciendo la niebla.
- **Niebla de Hielo:** Este tipo de niebla se da cuando las gotas de agua se hallan congeladas en forma de pequeños cristales de hielo, y para que se de este proceso la temperatura tiene que estar por debajo del punto de congelamiento.

3.2.9 Importancia de la Luminosidad en relación a las Pantallas LED de Alta Luminosidad en Vías de Acarreo

La luminosidad emitida por las pantallas LED, en las vías de acarreo es importante por las siguientes razones:

- Modera de la energía eléctrica en mina, ya que se puede controlarla mediante las sub - estaciones ubicadas en el tajo, y prenderlas solo en temporadas de neblina.
- Al tener un control total sobre las luminarias, el encendido es automático y emite un sensor de luz.
- Las pantallas LED estarán ubicadas en zonas estratégicas a lo largo de la vía de acarreo del botadero 5% y a su vez estas emiten una luminosidad que tiene un alcance de 10 metros por luminaria.

3.2.10 Características de las Pantallas LED de Alta Luminosidad

Las pantallas LED, de color ámbar presentan algunas características especiales en su aplicación, las cuales son: encendido automatizado, menor costo de mantenimiento, las líneas serán de baja tensión para el encendido de dichas luminarias. Se colocarán dos luminarias en un rango cerca para su medición, de color ámbar. Las pruebas para dichas luminarias se realizaron en el botadero 5%. En la siguiente figura se visualiza el alcance emitido por dicha pantalla LED.



Figura 8: Alcance de luz ámbar de pantalla LED de alta luminosidad en vía de acarreo

Fuente: Área de Operaciones Mina - Cuajone

Para poder comprobar su alcance de luminosidad en vías de acarreo, se colocó una pantalla LED a una distancia de 50 Mts (figura N°03), tomando como referencia al personal del área de operaciones y así poder comprobar (visualmente) el alcance de la misma.

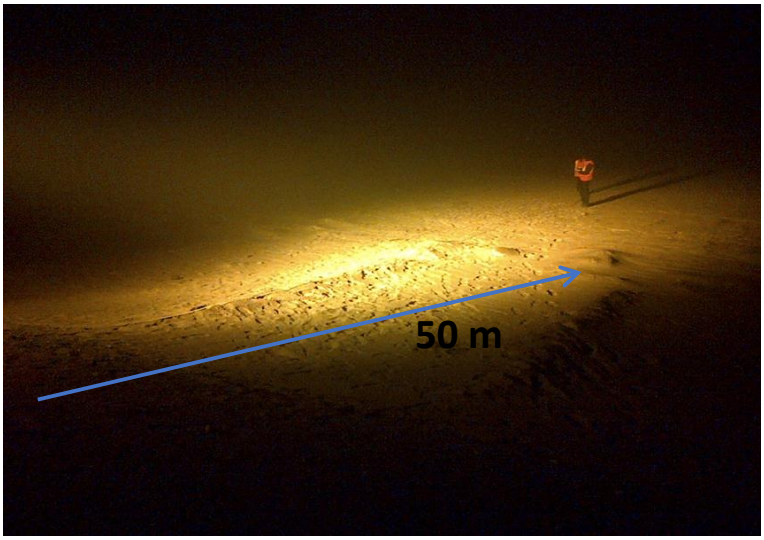


Figura 9: Alcance de luz ámbar a 50 metros de distancia en vía de acarreo

Fuente: Departamento de Operaciones Mina - Cuajone

3.2.11 Sistema de pantallas de alta luminosidad

Este sistema fue diseñado para uso de alto rendimiento en iluminaciones a condiciones adversas de trabajo, estas lámparas LED, produce una salida neta de aproximadamente 25,000 lúmenes, en donde el voltaje varía entre 24 y 48 V, este sistema posee componentes electrónicos

LED, que asegurar una salida de luz estable en donde la temperatura de trabajo para este varia en el rango de -40°C y 50°C respectivamente.

3.2.11.1 Partes de una pantalla LED de alta luminosidad

- **Pantalla de Alta Luminosidad de 02 frentes.**

  Esta pantalla está compuesta por 02 fuentes de luz la cual consume menos de 240V en un voltaje de 24V, emitiendo así una eficiencia luminosa de 100 lúmenes por vatio. Además, que existe un ahorro en la energía eléctrica, tiene una vida útil de 5 años aproximadamente.



Figura 10: Pantalla LED de Alta Luminosidad

Fuente: Área de Operaciones Mina - Cuajone

- **Postes de Sostenimiento Metálico.**

Son soportes en los cuales estarán contenidas las pantallas LED de alta luminosidad, los cuales estarán ubicadas a loa largo de la vía de acarreo para su iluminación.

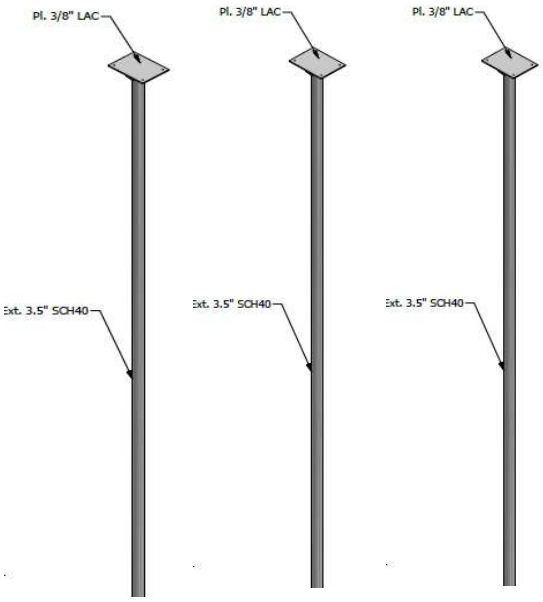


Figura 11: Postes de Metálicos de Sostenimiento

Fuente: Área de Operaciones Mina - Cuajone

- **Transformador de 24 V**.

Este tipo de transformadores de hasta 63V, son una buena opción para alimentar circuitos de baja tensión. También son utilizados para corrientes continuas.

- **Transformador de 50 KVA**.

Son transformadores de tipo monofásico y trifásico para uso en exteriores, con una temperatura que llega alcanzar a 65°C, con una frecuencia de 60 Hz.

- **Cable Eléctrico.**

Es un conducto eléctrico que está cubierto principalmente de cobre, que a su vez de un material aislante, en la cual protege a conducción del fluido eléctrico.

- **Herramientas Manuales.**

Para la instalación de las pantallas LED de alta luminosidad en las vías de acarreo, se necesitan ciertas herramientas para su colocación como por ejemplo: alicate, desarmador, cinta métrica, cinta aislante.

- **Materiales para ajuste de pantallas.**

Se necesita materiales como por ejemplo: tuercas, volandas, tornillos entre otros para una correcta instalación.

3.2.12 Consideraciones para el Uso de las Pantallas de Alta Luminosidad

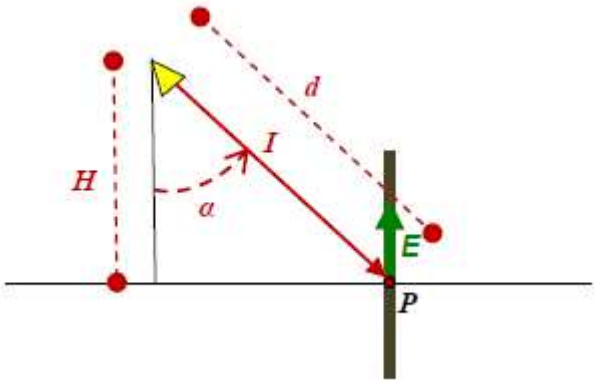
3.2.12.1 Factores Favorables

- Facilidad al momento del montaje de las pantallas, debido al poco peso de las que están compuestas.
- Costo de mantenimiento mínimo.
- Si se va a realizar un cambio de lugar de las pantallas, su cambio es fácil y rápido.

3.2.12.2 Factores Desfavorables

- Existen puntos de la mina en la que no se podrán colocar las pantallas de alta luminosidad.
- Estas pantallas trabajan con una línea de tensión baja.

Analíticamente, también se puede saber, cuantos Lux, emiten las pantallas LED (ver tabla N° 02) de alta luminosidad por tramos. Para este caso tomaremos como referencia a cada 5 metros de distancia



Fórmula para el cálculo de la iluminación de un punto:

$$E = \frac{I \,.\, \sin \infty}{d^2}$$

E = Nivel de Iluminación en un punto de una superficie (Lux)

I = Intensidad de flujo luminoso (cd)

∞ = Angulo formado por el rayo luminoso

d = Distancia de la lámpara al punto (m)

Tabla 2: *Nivel de iluminación emitida por distancia a cada 5 metros*

Ítem	Distancia de punto (cada 5 Mts)	E (Lux)
01	Para una distancia de 05 Mts	1700
02	Para una distancia de 10 Mts	826
03	Para una distancia de 15 Mts	365
04	Para una distancia de 20 Mts	218
05	Para una distancia de 25 Mts	118
06	Para una distancia de 30 Mts	93
07	Para una distancia de 35 Mts	70
08	Para una distancia de 40 Mts	51
09	Para una distancia de 45 Mts	38
10	Para una distancia de 50 Mts	25

Fuente: Elaboración Propia

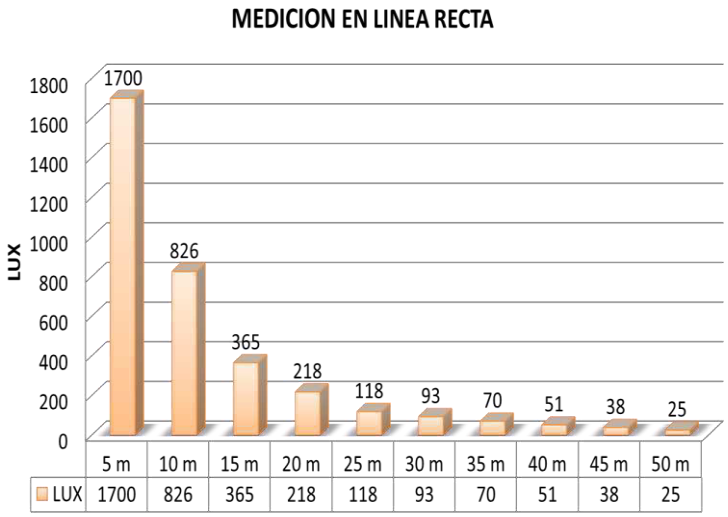


Figura 12: Gráfico de medición de iluminación en tramos de 5 metros

Fuente: Área de Operaciones Mina - Cuajone

Interpretación: En el gráfico se observa un incremento en la distancia iluminada en tramos de 5 metros, y esto infiere a un nivel de iluminación parcialmente menor. Sabiendo que el ancho total de la vía de acarreo es de 35 metros, se necesitaría 2 Lux por metro; por lo tanto, la distancia óptima para la instalación seria de 35 metros a lo largo de la vía de acarreo al botadero 5%

3.2.13 Implementación de Pantallas LED en Volquetes CAT 797F

El 797F proporciona el costo óptimo en su clase por unidad de producción. Incluidos los mejoramientos en seguridad, productividad, capacidad de servicio y comodidad, podrá ver la razón por la cual el modelo 797F es líder de la industria en su clase. Combine estas características con el servicio inigualable de respaldo del distribuidor y descubrirá la razón por la cual más sitios mineros eligen los camiones mineros CAT para sus necesidades de producción. Con respecto al sistema eléctrico en iluminación, estos camiones poseen señales de dirección (LED delanteras y traseras), luces LED de paradas traseras y un VIMS, luz azul LED incorporadas (CATERPILLAR, 2012).

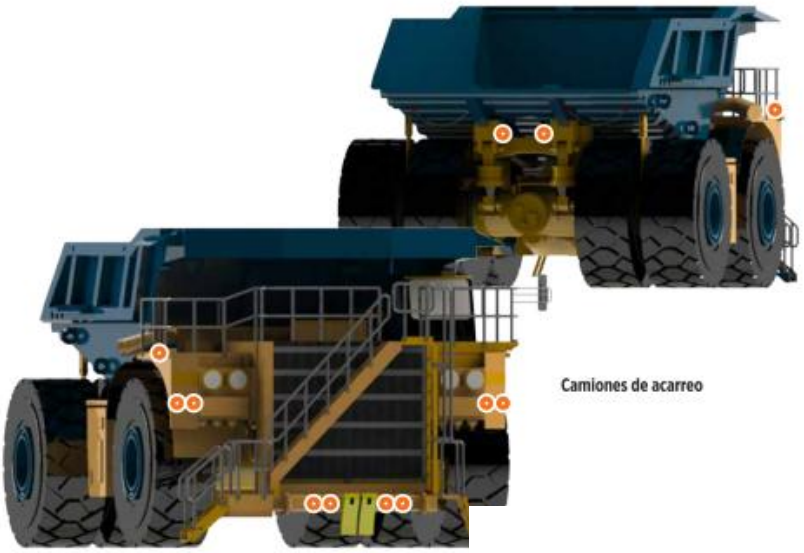


Figura 13: Puntos de Iluminación LED en volquetes CAT 797F

Fuente: (Phoenix Products, 2016)

3.2.13.1 Especificaciones Técnicas del CAT 797F

El camión minero CAT 797F, posee una diversidad de características técnicas operativas, el cual lo hacen un camión bastante versátil al momento de la operación, a continuación se detalla algunas especificaciones importantes:

Tabla 3: *Especificaciones del Volquete CAT 797F*

Especificaciones Operacionales :	
• Capacidad de Carga Útil	363 Toneladas métricas
• Velocidad Máxima : (cargado)	67,6 Km/hr
• Angulo de Dirección	40 grados
Sistema Eléctrico :	
• Sistema Eléctrico de 24 Vatios, 10,20 y 25 Amperios	
• Convertidor Eléctrico de 12 Vatios	
• Sistema de Iluminación : Señales de dirección (LED delanteras y traseras), luces de parada/traseras LED	

Fuente: CATERPILLAR – 2012

3.2.13.2 Características de la Iluminación en los Volquetes CAT 797F

El sistema de iluminación del CAT 797F posee, una serie de alarmas de retroceso para una mejor posición de cargado, que a su vez están acompañadas de luces de peligro y retroceso. Posee también el sistema VIMS, la cual está identificado por una luz LED azul, y además faros con selector de luces bajas y altas con señales direccionales de las luces LED tanto traseras como delanteras.(CATERPILLAR, 2012).

3.2.14 Aplicación del Sistema de Alta Luminosidad

En el entorno minero, las luces LED de alta luminosidad actúan como guías para los equipos que transitan en ellos, principalmente para los volquetes, y a su vez como reflectores adheridos a estos equipos mineros, ya que mejoran la transitabilidad en la mina, la cual permitiría una mejor productividad y utilización tanto en el personal como en la maquinaria pesada. El principal uso de las pantallas LED es mejorar la visualización de las carreteras ya que con la presencia de neblina muy densa, dificulta el libre tránsito del personal.



Figura 14: Recorrido de volquetes por vías de acarreo mina

Fuente: Departamento de Operaciones Mina SPCC - Mina Cuajone

Otro de los principales propósitos de esta implementación, es verificar y cuantificar la oportunidad de ahorro que se puede producir al comparar las guías de iluminación a base de combustible (anteriormente utilizados), por estas pantallas LED, ya que se aprovecha en mayor escala la energía eléctrica ya que se dejaría de utilizar el combustible para prender estas guías de iluminación y esto evitaría la contaminación y contribuiría al mejor cuidado del medio ambiente.



Figura 15: Comparación entre una guía de iluminación y una luminaria en temporada de neblina.

Fuente: Departamento de Operaciones Mina SPCC - Mina Cuajone

3.2.15 Riesgos Asociados con el Uso de Guías de Iluminación a Base de Combustible

- Quemadura
- Atropello
- Lesiones a la piel
- Caída de un desnivel
- Choque con equipos pesados
- Inhalación de humo (gases producto de la combustión del combustible)
- Contaminación del medio ambiente

3.3 MARCO CONCEPTUAL

Para entender de una manera correcta la presente investigación, se citó algunos términos importantes a considerar.

- **Acarreo:** Es el traslado de materiales desde un lugar, hacia un destino señalado.
- **Ambiente de Trabajo:** Es el lugar donde los trabajadores desempeñan, las labores encomendadas o asignadas.
- **Clima:** Es el resultado de la interacción de diferentes factores atmosféricos, biofísicos y geográficos que pueden cambiar en el tiempo y en el espacio.

- **Comparación:** Es la observación de dos elementos o más y establecer similitudes o diferencias.
- **Combustible:** Es aquel material que al ser quemado puede producir calor, energía o luz.
- **Conductor Eléctrico:** Es un material usualmente, en la forma de alambre o conjunto de alambres, cables y barras capaz de conducir la corriente eléctrica. Puede ser descubierto, cubierto o aislado.
- **Eficiencia:** Relación que existe entre los recursos empleados en un proyecto y los resultados obtenidos con el mismo.
- **Guía:** Señalización referencial para un determinado fin u objetivo.
- **Hipótesis:** Explicación tentativa de un fenómeno investigado que se formula como proposición.
- **Iluminación:** Se refiere al conjunto de luces dispuestas en un determinado lugar con el objetivo de alumbrar o dar luz a algo.
- **Investigación no Experimental:** Estudios que se realizan sin la manipulación deliberada de variables y en los que solo se observan los fenómenos en su ambiente natural para después analizarlos.
- **LED:** En inglés (Light Emitting Diode) o diodo emisor de luz en estado sólido, constituye un tipo especial de semiconductor, cuya característica principal es convertir en luz la corriente eléctrica de bajo voltaje.

- **Luminosidad:** Es una propiedad de los colores en la cual consiste en mostrar en cuanto más oscuro es un color o cuanto más claro es el mismo.
- **Luminaria:** Aparatos que sirven de soporte y conexión a una red eléctrica de lámparas.
- **Lumen:** Es la unidad que representa el flujo luminoso.
- **Lux:** Unidad que mide el nivel de iluminación en un determinado proceso.
- **Método de Investigación Cuantitativa:** Usa la recolección de datos para probar la hipótesis, con base en medición numérica y en el análisis de estadística.
- **Método de Investigación Cualitativa:** Utiliza la recolección de datos sin medición numérica para descubrir preguntas de investigación en el proceso de interpretación.
- **Nanómetro:** Unidad de longitud en el sistema internacional.
- **Neblina:** Suspensión en el aire de pequeñas gotas de líquidos, que se generan, ya sea por condensación o por la desintegración de un líquido por atomización, ebullición, entre otros.
- **Pantalla:** Es una unidad de visualización de un equipo. Por lo general se dice que existen dos familias de pantallas: pantallas de rayos catódicos y monitores de pantalla plana.
- **Paradas:** Se relaciona con los tiempos muertos en un determinado proceso de la operación.

- **Señalética:** Técnica de comunicación que, mediante el uso de señales y símbolos icónicos, lingüísticos y cromáticos, orienta y brinda instrucciones sobre cómo debe accionar un individuo o a un grupo de personas en un determinado espacio físico.
- **Sistema:** Es un conjunto de partes o elementos organizados y relacionados que interactúan entre sí para lograr un objetivo.
- **Vías:** Camino por el cual transita un determinado vehículo hacia un destino determinado.
- **Visibilidad:** Hace referencia a la posibilidad de divisar objetos a distancias variables.
- **Voltaje:** Es una magnitud física que en un circuito eléctrico impulsa a los electrones a lo largo de un conductor, es decir conduce la energía eléctrica con mayor o menos potencia.
- **Volquete:** Es un vehículo de gran tamaño el cual tiene la función del traslado de material de un lugar a otro.

CAPÍTULO IV:

MARCO METODOLOGICO

4.1 TIPO Y DISEÑO

La investigación siguiente tiene una finalidad **experimental**. En tanto el método de manipulación de datos es **cualitativo**, ya que se piensa realizar una serie de cálculos estadísticos numéricos, para determinar la oportunidad de ahorro que se puede lograr y de la misma manera observar el beneficio que resulta implementar este nuevo sistema de pantallas LED de alta luminosidad.

El diseño es **de tipo experimental comparativo,** porque analiza la relación entre un conjunto de variables en un punto del tiempo y longitudinal por recolecta datos a través del tiempo en puntos o periodos especificados para hacer un determinado cambio.

4.2 MODELO METODOLÓGICO

Se tomará como referencia el modelo de Vilfredo Pareto, basado en la ley del "80-20" en el cual nos permite constituir un orden metódico para la descripción de un determinado problema de investigación.

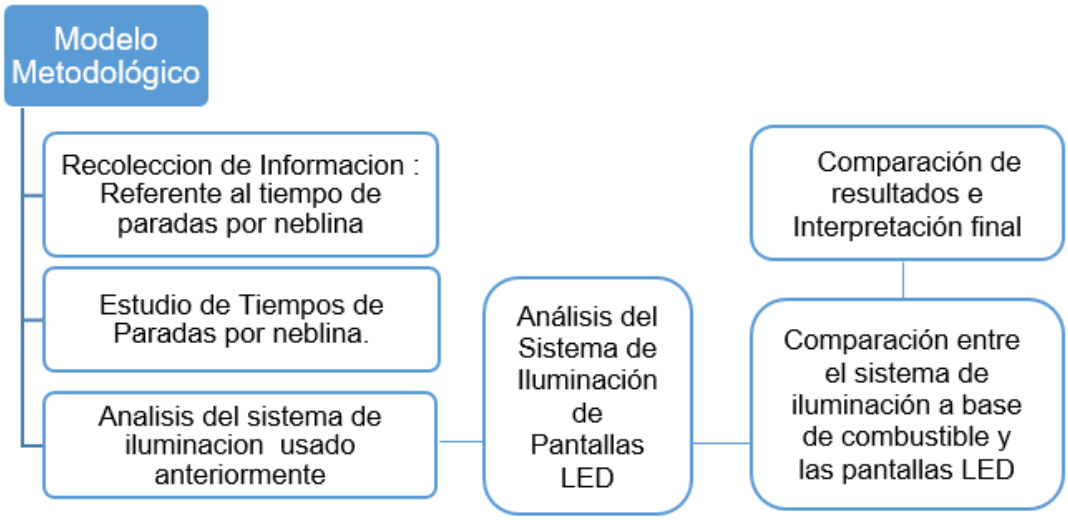


Figura 16: Diagrama de Procedimiento Metodológico a realizar, basado en el modelo de Pareto.

Fuente: Metodología Practica V. Pareto 2012

4.3 NIVEL DE INVESTIGACIÓN

Se utilizará el nivel de investigación de tipo aplicativo, porque plantea resolver el problema de mejorar la productividad en épocas de neblina.

4.4 OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

4.4.1 Variables Independientes

- El nuevo sistema de implementación de pantallas LED de alta luminosidad en vías de acarreo y volquetes.
- Beneficios del Sistema de pantallas LED de alta luminosidad.
- Cantidad de horas utilizadas para la medición de la luminosidad

4.4.2 Variable Dependiente

- Disminución de tiempos muertos y mejora de producción por paradas por neblina,
- La luminosidad emitida por el nuevo sistema de pantallas LED.

4.5 POBLACIÓN Y MUESTRA

4.5.1 Población

La población para dicho estudio será los 18 volquetes CAT 797F que transitan por la vía de acarreo del botadero 5%, en la unidad minera Cuajone de la Empresa Minera Southern Perú.

4.5.2 Muestra

La muestra tomada será de 02 volquetes CAT 797 que transitan por los puntos más críticos de la vía de acarreo del botadero 5%

4.6 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA RECOLECCIÓN DE DATOS

Se tomará en cuenta los datos obtenidos a través del Software de control Jigsaw, ya que medirá el tiempo de paradas por neblina de los volquetes en mina. Adicionalmente la técnica que se empleará para la presente investigación será la medición con un luxómetro, este medirá la luminosidad a través de la vía de acarreo al botadero 5% en las operaciones mineras, ya que se va a comparar si el reemplazo de las guías de iluminación a base de combustible por las pantallas LED, dio resultados positivos a la productividad en temporadas de neblina.

También se tomará en cuenta, el ahorro obtenido por esta nueva implementación, ya que se va a comparar los costos mensuales del combustible vs la inversión proyecto de reemplazo y así cuantificar los resultados obtenidos hasta la fecha.

4.7 INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN UTILIZADOS

Se utilizó principalmente el luxómetro, que es un dispositivo para medir la luminosidad. Mide específicamente la intensidad con que la luminosidad aparece al ojo humano. Entre otros instrumentos de medición se utilizó el fluxómetro para comprobar las distancias de cada pantalla de LED de alta luminosidad.

4.7.1 Luxómetro PCE - 174.

Es un medidor de precisión, el cual nos calcula el nivel de iluminación que existe en una superficie (Lux) en la industria, agricultura, minería entre otros. También se utiliza para determinar la iluminación en los puestos de trabajo, para esto de deberá de fijar una distancia y el ángulo entre el luxómetro y el objeto a medir para obtener óptimos resultados.

A continuación, se presenta la tabla de las principales características técnicas que posee el luxómetro utilizado en esta investigación.

Especificaciones técnicas	
Rango	400,0 / 4000 / lux 40,00 / 400,0 klux 40,00 / 400,0 / 4000 / fc 40,00 kfc
Resolución	0,1 / 1 / 10 / 100 lux 0,01 / 0,1 / 1 / 10 FootCandle
Precisión	±5 % del valor de medición ±10 dígitos (<10.000 lux) ±10 % del valor de medición ±10 dígitos (>10.000 lux)
Reproducibilidad	±3 %
Memoria	16.000 valores
Cuota de medición	entre 2 segundos y 9 horas
Indicación de sobrerango	OL = Overload
Actualización de pantalla	1,5 cada segundo
Condiciones ambientales	0 ... 40 °C / 80 % H.r.
Pantalla	Pantalla LCD de 3¾ dígitos
Alimentación	batería de 9 V
Dimensiones	Aparato: 203 x 75 x 50 mm (ancho x alto x profundo) Sensor de luz: 115 x 60 x 20 mm (ancho x alto x profundo)
Peso	280 g
Normativas	Seguridad: IEC-1010-1; EN 61010-1 EMV: EN 50081-1; EN 50082- 1 correspondiente DIN 5031; DIN 5032

Figura 17: Especificaciones Técnicas del Luxómetro PCE - 174

Fuente: Instrucciones para el uso de luxómetro



Figura 18: Instrumento de medición de luminosidad - Luxómetro

Fuente: Web

4.8 VALIDACIÓN Y CONFIABILIDAD DE LOS INSTRUMENTOS

La confiabilidad del sistema de pantallas de alta luminosidad es el alcance y la amplitud que esta puede proporcionar en las vías de acarreo al botadero 5% en la mina.

Con respecto a la validez del sistema, se trabajará con el modelo estadístico de la *t* de student, ya que se hará la comparación entre si la mejora de la implementación de estas pantallas contribuye o no a un cambio en la productividad. La cual está definido por la siguiente fórmula:

$$t = \frac{X - \mu}{\frac{Sx}{\sqrt{n}}}$$

Figura 19 : Formula de determinación analítica del "t" de student

Fuente: Web

Donde:

t = Distribución t de Student.

X = Media

μ = Valor a analizar

Sx = Desviación Estándar

n = Tamaño de Muestra

4.9 MÉTODOS Y TÉCNICAS PARA LA PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS

4.9.1 Calculo de pruebas de luminosidad de las pantallas led utilizando la distribución "t" de student.

Para realizar el alcance más confiable de la "t" de student, se calculará dichos valores para cada tramo de la vía de acarreo del botadero 5%, utilizando cada valor para visualizar el alcance luminoso (lux) de las pantallas de alta luminosidad. En un principio se realizó la toma de muestras en tres horarios distintos (10:00 a.m.; 14:00 p.m. y 18:00 p.m.) respectivamente, de forma inter diaria y en días donde hubo presencia abundante de neblina. En las siguientes tablas, se visualiza la luminosidad (lux) a cada 35 metros.

4.9.1.1 Medición de Luminosidad - Día 01

En la siguiente tabla se muestra la cantidad de lux medidos el día viernes 03 de febrero del 2017.

Tabla 4: *Muestras de Luminosidad - Día N°01*

DIA N° 01	
Hora	Lux
10:00 a.m.	85.34
14:00 p.m.	67:32
18:00 p.m.	64:90
"X" Promedio	**72.5**

Fuente: Elaboración Propia

4.9.1.2 Medición de Luminosidad - Día 02

En la siguiente tabla se muestra la cantidad de lux medidos el día lunes 06 de febrero del 2017.

Tabla 5: *Muestras de Luminosidad - Día N°02*

DIA N° 02	
Hora	Lux
10:00 a.m.	79.3
14:00 p.m.	72.00
18:00 p.m.	71.00
"X" Promedio	**74.1**

Fuente: Elaboración Propia

4.9.1.3 Medición de Luminosidad - Día 03

En la siguiente tabla se muestra la cantidad de lux medidos el día miércoles 08 de febrero del 2017.

Tabla 6: *Muestras de Luminosidad - Día N°03*

DIA N° 03	
Hora	Lux
10:00 a.m.	78.20
14:00 p.m.	65.20
18:00 p.m.	65.14
"X" Promedio	**69.50**

Fuente: Elaboración Propia

4.9.1.4 Medición de Luminosidad - Día 04

En la siguiente tabla se muestra la cantidad de lux medidos el día viernes 10 de febrero del 2017.

Tabla 7: *Muestras de Luminosidad - Día N°04*

DIA N° 04	
Hora	Lux
10:00 a.m.	84.75
14:00 p.m.	68.20
18:00 p.m.	65.20
"X" Promedio	**72.70**

Fuente: Elaboración Propia

4.9.1.5 Medición de Luminosidad - Día 05

En la siguiente tabla se muestra la cantidad de lux medidos el día lunes 13 de febrero del 2017.

Tabla 8: *Muestras de Luminosidad - Día N°05*

DIA N° 05	
Hora	Lux
10:00 a.m.	83.54
14:00 p.m.	69.65
18:00 p.m.	68
"X" Promedio	**73.70**

Fuente: Elaboración Propia

4.9.1.6 Medición de Luminosidad - Día 06

En la siguiente tabla se muestra la cantidad de lux medidos el día miércoles 15 de febrero del 2017.

Tabla 9: *Muestras de Luminosidad - Día N°06*

DIA N° 06	
Hora	Lux
10:00 a.m.	80.51
14:00 p.m.	69.22
18:00 p.m.	66.58
"X" Promedio	**72.1**

Fuente: Elaboración Propia

4.9.1.7 Medición de Luminosidad - Día 07

En la siguiente tabla se muestra la cantidad de lux medidos el día viernes 17 de febrero del 2017.

Tabla 10: *Muestras de Luminosidad - Día N°07*

DIA N° 07	
Hora	Lux
10:00 a.m.	68.30
14:00 p.m.	61.25
18:00 p.m.	59.22
"X" Promedio	**62.9**

Fuente: Elaboración Propia

4.9.1.8 Medición de Luminosidad - Día 08

En la siguiente tabla se muestra la cantidad de lux medidos el día lunes 20 de febrero del 2017.

Tabla 11: *Muestras de Luminosidad - Día N°08*

DIA N° 08	
Hora	Lux
10:00 a.m.	75.85
14:00 p.m.	68.12
18:00 p.m.	66.66
"X" Promedio	**70.2**

Fuente: Elaboración Propia

4.9.1.9 Medición de Luminosidad - Día 09

En la siguiente tabla se muestra la cantidad de lux medidos el día miércoles 22 de febrero del 2017.

Tabla 12: *Muestras de Luminosidad - Día N°09*

DIA N° 09	
Hora	Lux
10:00 a.m.	78.95
14:00 p.m.	70.1
18:00 p.m.	68.77
"X" Promedio	**72.6**

Fuente: Elaboración Propia

4.9.1.10 Medición de Luminosidad - Día 10

En la siguiente tabla se muestra la cantidad de lux medidos el día viernes 24 de febrero del 2017

Tabla 13: *Muestras de Luminosidad - Día N°10*

DIA N° 10	
Hora	Lux
10:00 a.m.	73.56
14:00 p.m.	60.41
18:00 p.m.	58.88
"X" Promedio	**64.3**

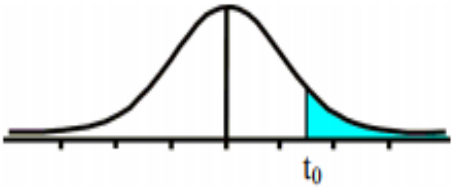
Fuente: Elaboración Propia

Ho: Sin el uso de Pantallas LED de alta luminosidad, la iluminación permanece constante en temporadas de neblina

Ha: Con el uso de Pantallas LED de Alta luminosidad, aumenta la iluminación en vías de acarreo en temporada de neblina.

Tabla 14: *Tabla de Distribución de "t" de Student para una cola*

Tabla t-Student



Grados de libertad	0.25	0.1	0.05	0.025	0.01	0.005
1	1.0000	3.0777	6.3137	12.7062	31.8210	63.6559
2	0.8165	1.8856	2.9200	4.3027	6.9645	9.9250
3	0.7649	1.6377	2.3534	3.1824	4.5407	5.8408
4	0.7407	1.5332	2.1318	2.7765	3.7469	4.6041
5	0.7267	1.4759	2.0150	2.5706	3.3649	4.0321
6	0.7176	1.4398	1.9432	2.4469	3.1427	3.7074
7	0.7111	1.4149	1.8946	2.3646	2.9979	3.4995
8	0.7064	1.3968	1.8595	2.3060	2.8965	3.3554
9	0.7027	1.3830	1.8331	2.2622	2.8214	3.2498
10	0.6998	1.3722	1.8125	2.2281	2.7638	3.1693
11	0.6974	1.3634	1.7959	2.2010	2.7181	3.1058
12	0.6955	1.3562	1.7823	2.1788	2.6810	3.0545
13	0.6938	1.3502	1.7709	2.1604	2.6503	3.0123
14	0.6924	1.3450	1.7613	2.1448	2.6245	2.9768
15	0.6912	1.3406	1.7531	2.1315	2.6025	2.9467
16	0.6901	1.3368	1.7459	2.1199	2.5835	2.9208

Fuente: Elaboración Propia

4.10 Observación directa

En presencia de neblina súper densa (visibilidad a menos de 25 metros), las pantallas servían como referencia de la dirección de la carretera a una distancia de 35 metros).

Conociendo que se tiene 17 pantallas LED a muestrear, entonces se trabajará con un grado de libertad de 16. Entonces se realizó la distribución de los días para cada indicador “t”.

Tabla 15: *Distribución “t” de Student por día*

Cantidad de Días	"t"
Día N° 01	2.351
Día N° 02	2.340
Día N° 03	2.895
Día N° 04	2.166
Día N° 05	2.414
Día N° 06	1.968
Día N° 07	1.773
Día N° 08	2.137
Día N° 09	2.287
Día N° 10	2.424

Fuente: Elaboración Propia

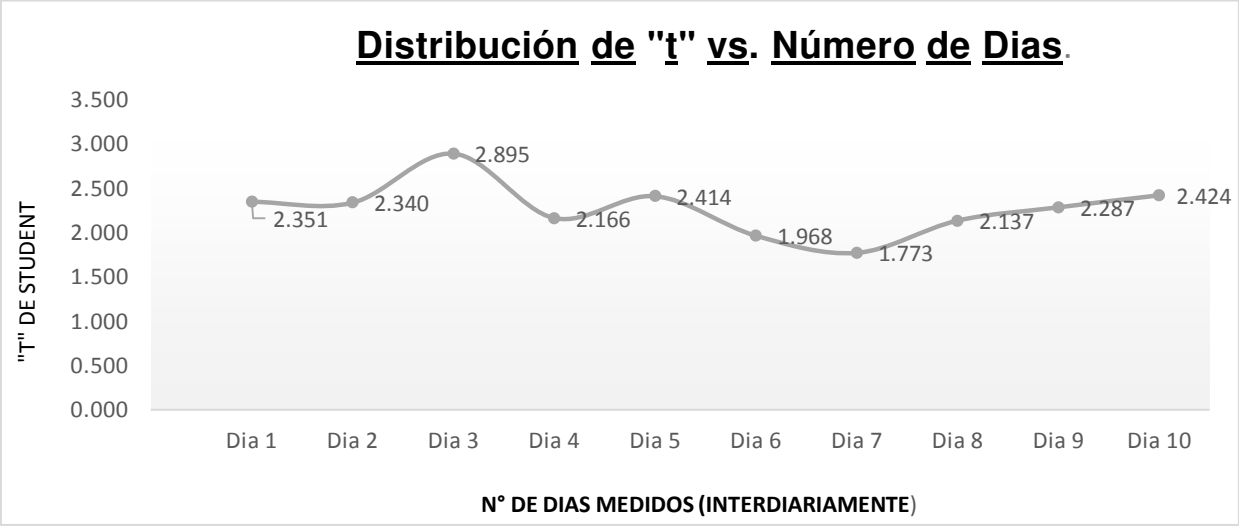


Figura 20: Gráfico de Distribucion de “t” de Student vs. el número de dias medidos

Fuente: Elaboración Propia



Figura 21: Presencia de neblina súper densa con luminaria

Fuente: Elaboración Propia

4.10.1 Análisis Estadístico

Se determinó el reemplazo de las luces de alta luminosidad efectivamente genera un cambio positivo en la productividad, tomando en cuenta un nivel de confianza del 95%.

4.10.2 Aplicación de la metodología de Pareto para la comparación de niveles de luminosidad

Para realizar la aplicación de la metodología de Pareto, es necesario saber que está basado en la ley del “80-20” o de los “pocos vitales y mucho triviales”, que consiste que en un 20% de los factores o causas, se concentran el 80% del efecto, también es conocido como la “clasificación ABC”: los factores o causas “A” se corresponderían con el 20% que soporta el 80% del peso total del problema.

En esta investigación se tomará en referencia el nivel de luminosidad con respecto a las horas de medida, se explica que en horas de la mañana se concentra el mayor nivel de luminosidad en el transcurrir del día. Esto nos induce a tener en cuenta una mayor atención en la luminosidad de día, ya que puede contribuir en gran escala a la producción al tener una mayor iluminación en las vías de acarreo.

En las siguientes tablas, se observará la frecuencia relativa y acumulada de luminosidad por cada día de prueba, seguidamente se apreciará su comportamiento respecto a las horas en las que se realizó la prueba.

Donde:

- **FA:** Frecuencia Acumulada
- **FR:** Frecuencia Relativa
- **FRA:** Frecuencia Relativa Acumulada

Tabla 16: *Análisis Porcentual de la Luminosidad - Día N°01*

Hora	Lux	FA	FR	FRA
10:00 a.m.	85.34	85.34	39.23	39.23
14:00 p.m.	67.32	152.66	30.94	70.17
18:00 p.m.	64.90	217.56	29.83	100.00
Total	**217.56**			

Fuente: Elaboración Propia

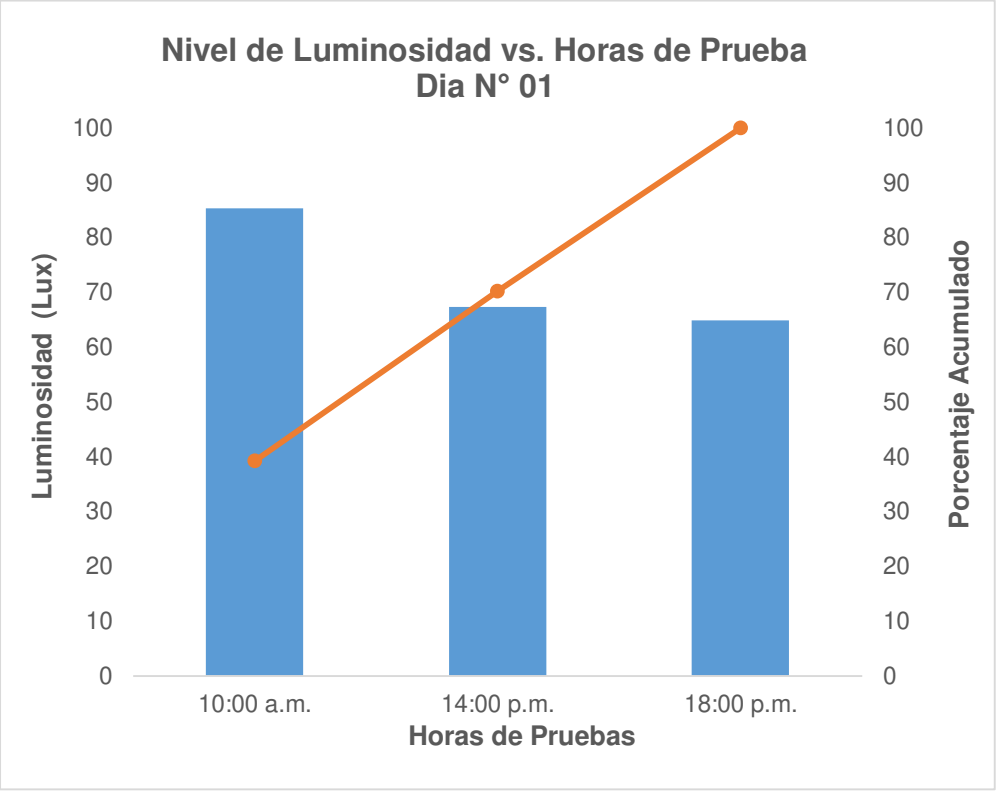


Figura 22: Diagrama de Pareto de la Luminosidad - Día N°01

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 17: *Análisis Porcentual de la Luminosidad - Día N°02*

Hora	Lux	FA	FR	FRA
10:00 a.m.	79.3	79.30	35.67	35.67
14:00 p.m.	72.00	151.30	32.39	68.06
18:00 p.m.	71.00	222.30	31.94	100.00
Total	**222.3**			

Fuente: Elaboración Propia

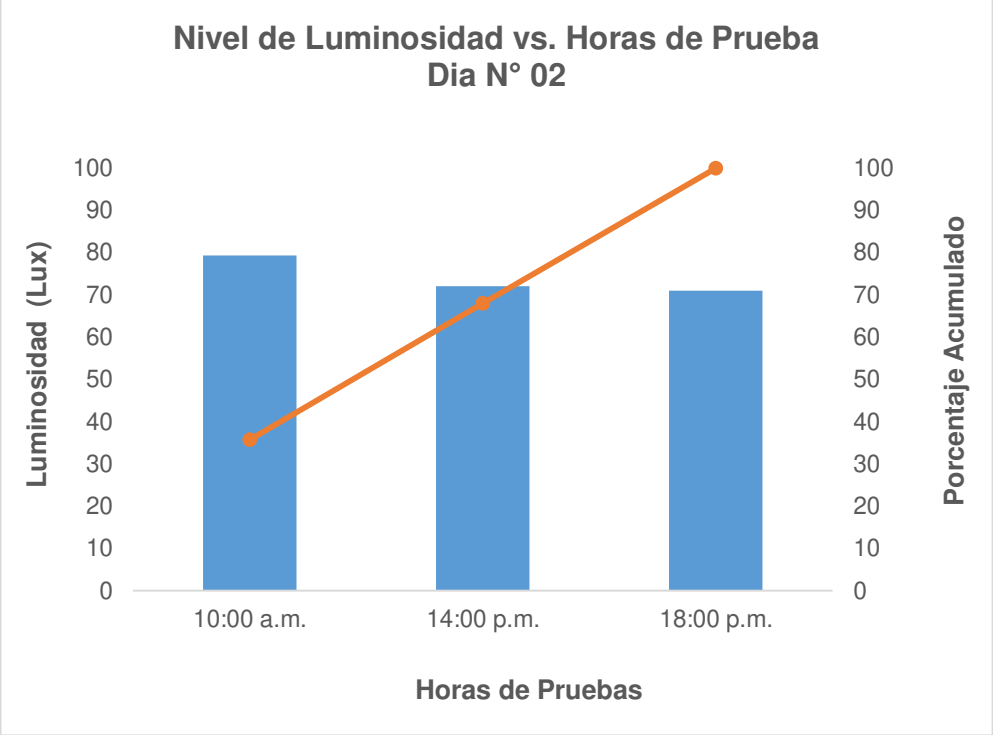


Figura 23: Diagrama de Pareto de la Luminosidad - Día N°02

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 18: *Análisis Porcentual de la Luminosidad - Día N°03*

Hora	Lux	FA	FR	FRA
10:00 a.m.	78.2	78.20	37.50	37.50
14:00 p.m.	65.2	143.40	31.26	68.76
18:00 p.m.	65.14	208.54	31.24	100.00
Total	**208.54**			

Fuente: Elaboración Propia

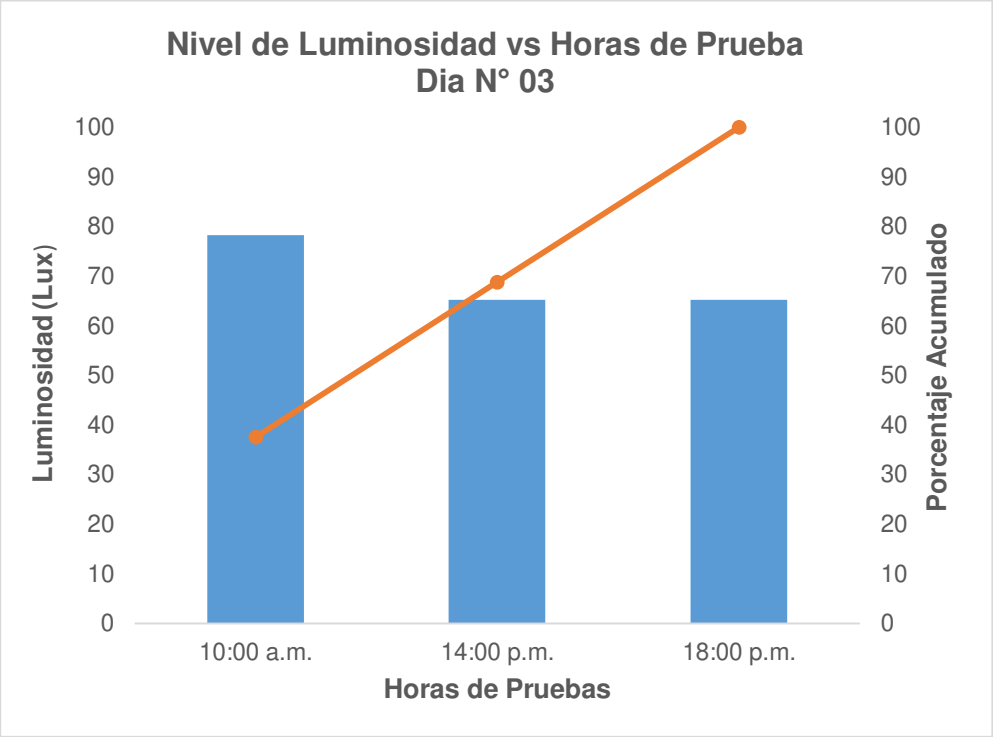


Figura 24: Diagrama de Pareto de la Luminosidad - Día N°03

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 19: *Análisis Porcentual de la Luminosidad - Día N°04*

Hora	Lux	FA	FR	FRA
10:00 a.m.	84.75	84.75	38.85	38.85
14:00 p.m.	68.2	152.95	31.26	70.11
18:00 p.m.	65.2	218.15	29.89	100.00
Total	**218.15**			

Fuente: Elaboración Propia

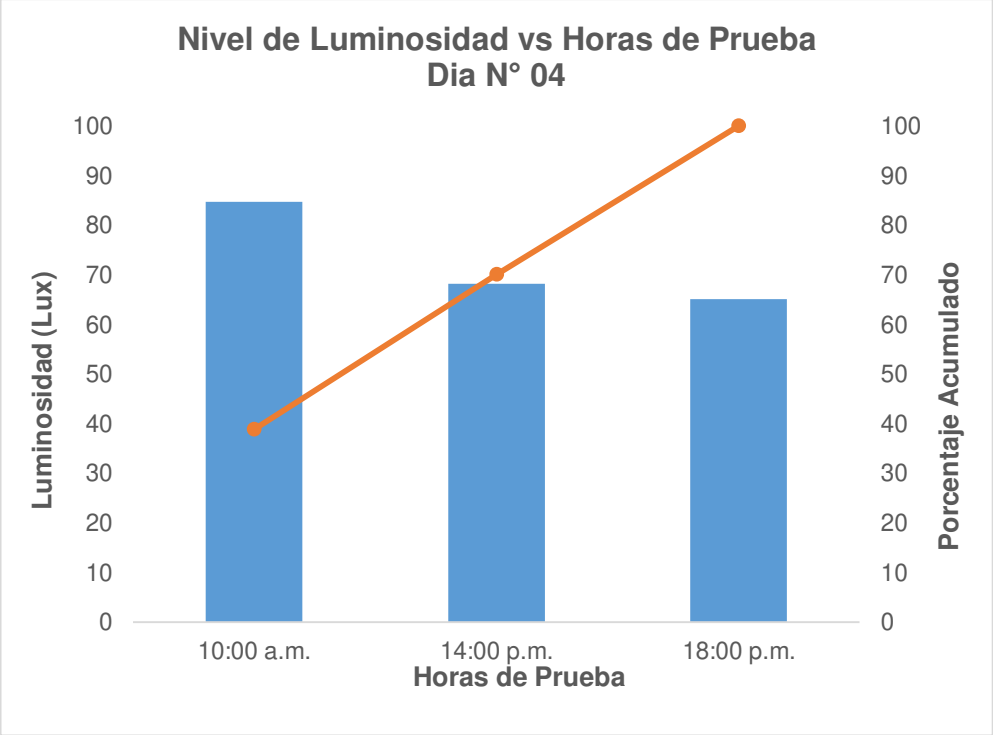


Figura 25: Diagrama de Pareto de la Luminosidad - Día N°04

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 20: *Análisis Porcentual de la Luminosidad - Día N°05*

Hora	Lux	FA	FR	FRA
10:00 a.m.	83.54	83.54	37.77	37.77
14:00 p.m.	69.65	153.19	31.49	69.26
18:00 p.m.	68	221.19	30.74	100.00
Total	**221.19**			

Fuente: Elaboración Propia

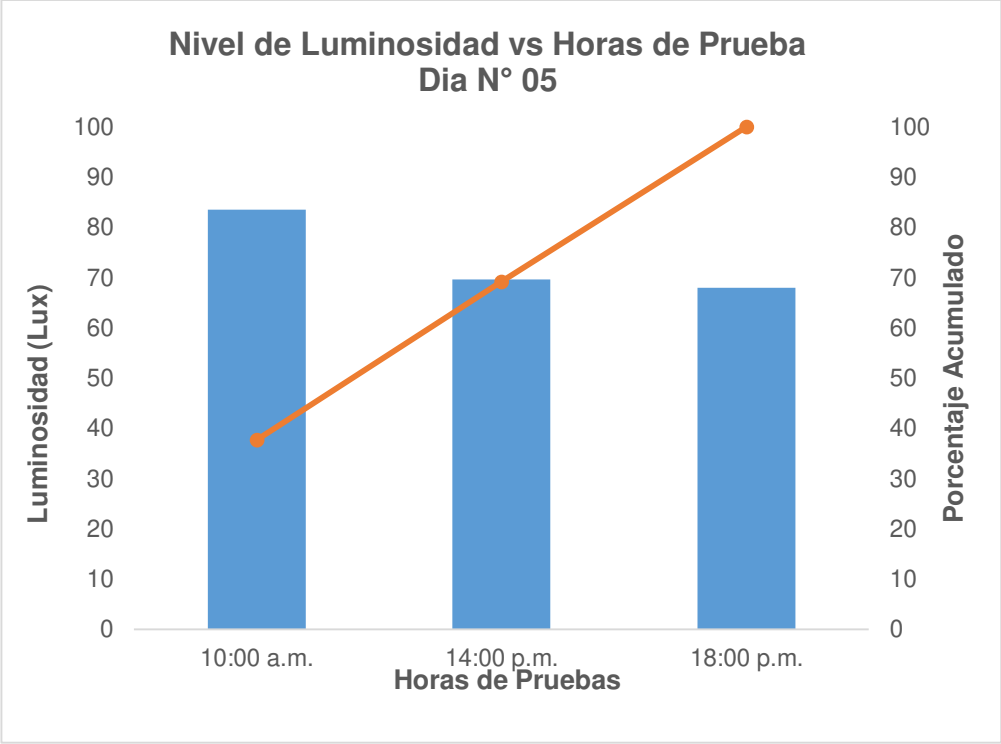


Figura 26: Diagrama de Pareto de la Luminosidad - Día N°05

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 21: *Análisis Porcentual de la Luminosidad - Día N°06*

Hora	Lux	FA	FR	FRA
10:00 a.m.	80.51	80.51	37.22	37.22
14:00 p.m.	69.22	149.73	32.00	69.22
18:00 p.m.	66.58	216.31	30.78	100.00
Total	**216.31**			

Fuente: Elaboración Propia

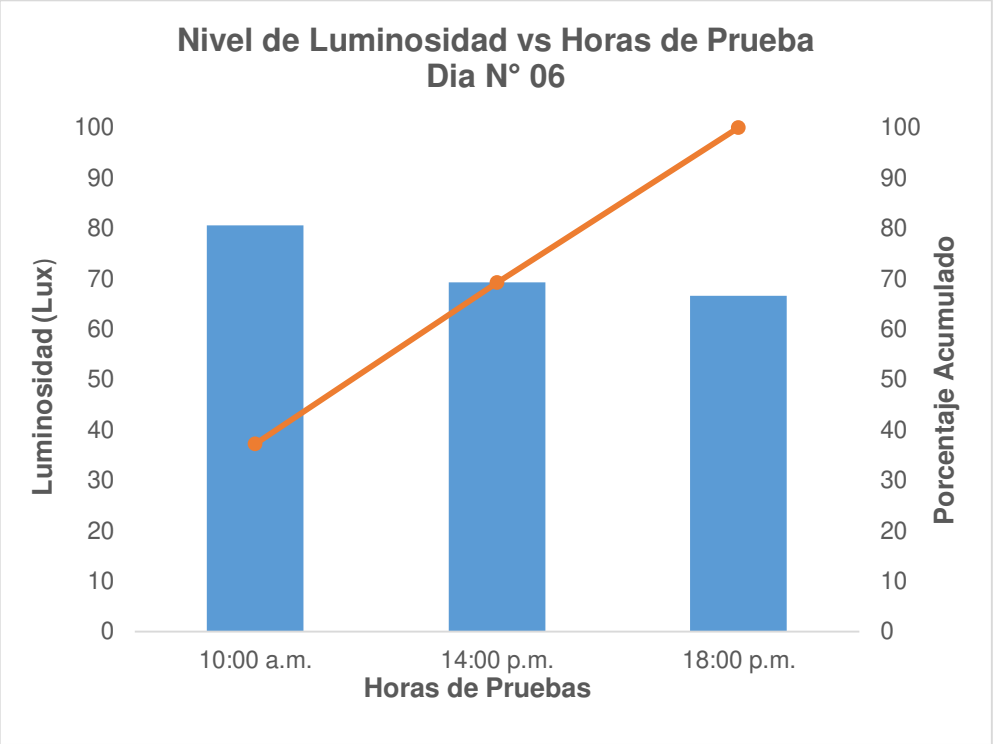


Figura 27: Diagrama de Pareto de la Luminosidad - Día N°06

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 22: *Análisis Porcentual de la Luminosidad - Día N°07*

Hora	Lux	FA	FR	FRA
10:00 a.m.	68.3	68.30	36.18	36.18
14:00 p.m.	61.25	129.55	32.45	68.63
18:00 p.m.	59.22	188.77	31.37	100.00
Total	**188.77**			

Fuente: Elaboración Propia

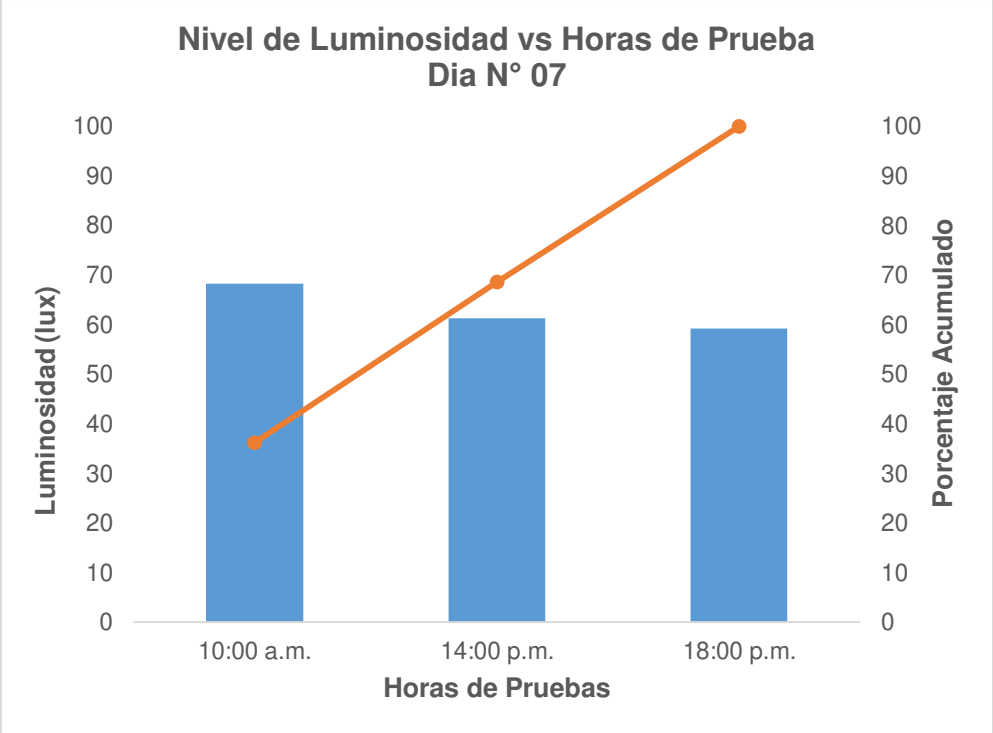


Figura 28: Diagrama de Pareto de la Luminosidad - Día N°07

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 23: *Análisis Porcentual de la Luminosidad - Día N°08*

Hora	Lux	FA	FR	FRA
10:00 a.m.	75.85	75.85	36.01	36.01
14:00 p.m.	68.12	143.97	32.34	68.35
18:00 p.m.	66.66	210.63	31.65	100.00
Total	**210.63**			

Fuente: Elaboración Propia

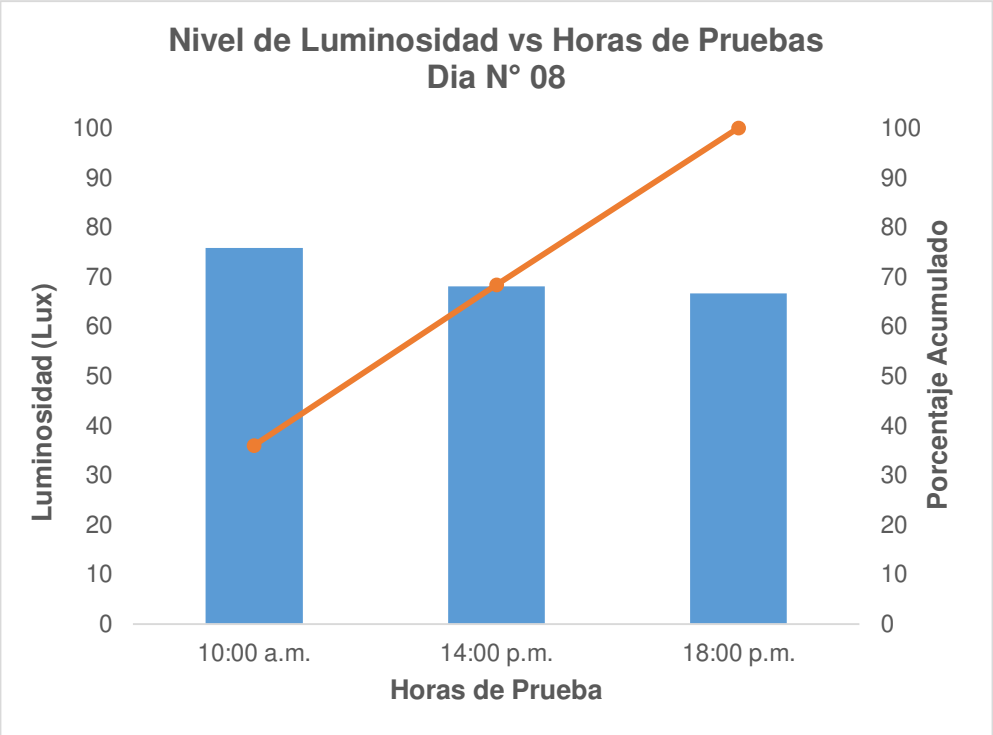


Figura 29: Diagrama de Pareto de la Luminosidad - Día N°08

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 24: *Análisis Porcentual de la Luminosidad - Día N°09*

Hora	Lux	FA	FR	FRA
10:00 a.m.	78.95	78.95	36.25	36.25
14:00 p.m.	70.1	149.05	32.18	68.43
18:00 p.m.	68.77	217.82	31.57	100.00
Total	**217.82**			

Fuente: Elaboración Propia

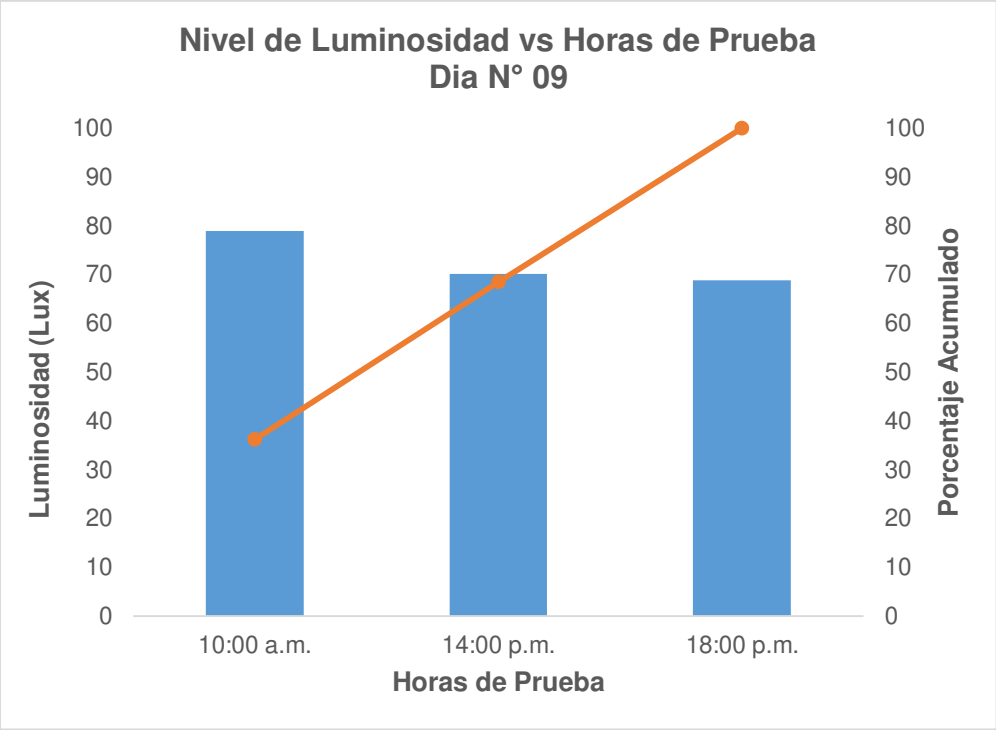


Figura 30: Diagrama de Pareto de la Luminosidad - Día N°09

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 25: *Análisis Porcentual de la Luminosidad - Día N°10*

Hora	Lux	FA	FR	FRA
10:00 a.m.	73.56	73.56	38.14	38.14
14:00 p.m.	60.41	133.97	31.32	69.47
18:00 p.m.	58.88	192.85	30.53	100.00
Total	**192.85**			

Fuente: Elaboración Propia

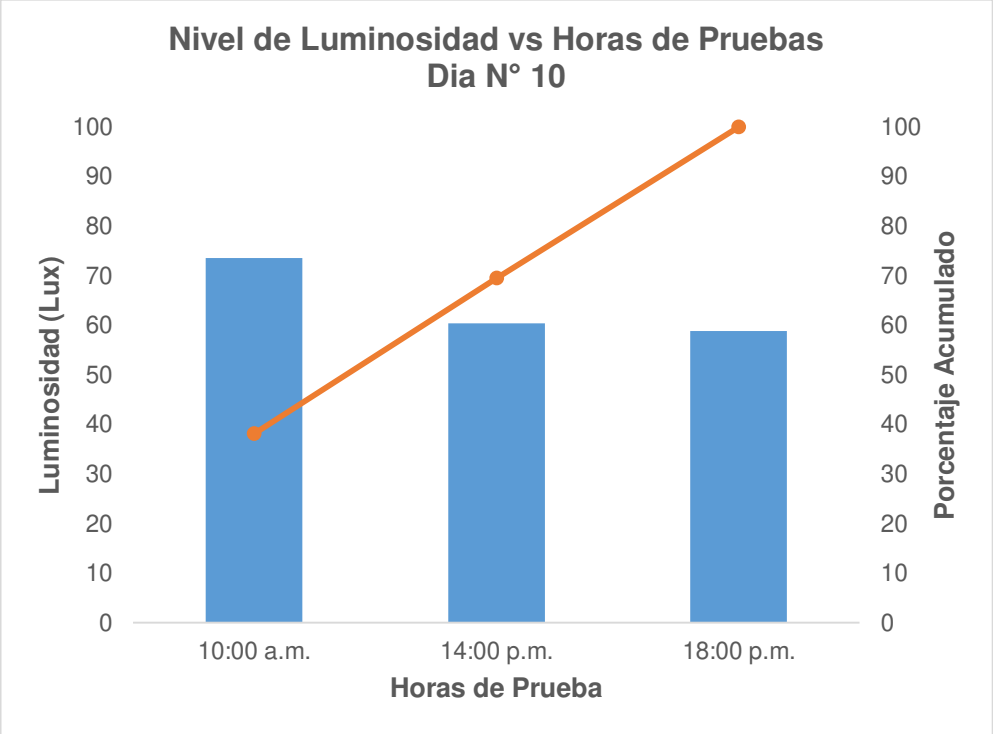


Figura 31: Diagrama de Pareto de la Luminosidad - Día N°10

Fuente: Elaboración Propia

4.10.3 Presentación

Se tomará en cuenta las respectivas pruebas de luminosidad tomadas con el luxómetro, en la cual se medirá el grado de luz en tres horarios distintos. Es importante resaltar que la compra de las luminarias para la implementación de las luces LED, estará a cargo de la empresa Southern Perú.

4.11 REGLAMENTO DE SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL D.S. 024 - 2016 - EM

- **Subcapítulo III - Agentes Químicos**
  - **Articulo 110 .-** El titular de la actividad minera efectuara mediciones periódicas y las registrara de acuerdo al plan de monitoreo de los agentes químicos presentes en la operación minera tales como : polvos, vapores, gases, humos metálicos, neblinas entre otros que puedan presentarse en las labores e instalaciones, sobre todo en los lugares susceptibles de mayor concentración, verificando que se encuentren por debajo de los límites de la exposición ocupacional para los agentes químicos de acuerdo a lo señalado en el ANEXO N°15 y lo demás establecido en el Decreto Supremo N° 015-2005-SA y sus modificatorias, o la norma que lo sustituya, para garantizar la salud y seguridad de los trabajadores.

- **Subcapítulo I - Alcances de Minería a Cielo Abierto**
  - **Articulo 262.-** En las etapas de exploración y explotación, incluida la preparación y desarrollo de la mina, el titular de la actividad minera deberá de tener en cuenta:
    a) El diseño de acuerdo con las características geo mecánicas del depósito considerando altura y talud de bancos, gradientes y ancho de rampas, talud de operación y talud final del tajo, ancho mínimo de bermas de seguridad, y condiciones de transito de equipos y trabajadores.
    b) Que las gradientes de las rampas no sean mayores al doce por ciento (12%).
    c) Construir rampas o vías amplias de no menos 3 veces el ancho del vehículo más grande la mina, en vías de doble sentido y no menos de 2 veces de ancho en vías de un solo sentido. Si la mecánica de rocas presenta terrenos incompetentes, el titular de la actividad minera determinara realizar vías del ancho de la maquinaria más grande de la mina, más veinte por ciento (20%) de espacio para la cuneta.
    d) Disponer de bermas de seguridad para dar pase a la maquinaria o vehículos que circulen en sentido contrario; manteniendo el sector señalizado con el material reflexivo de alta intensidad, cuando el uso de vías es permanente.

e) Construir un muro de seguridad, el que no será menor de ¾ partes de la altura de la llanta más grande de los vehículos que circulan por los caminos, rampas.

f) Que las carreteras se mantengan permanentemente regadas y las cunetas limpias.

g) Señalizar las vías de circulación adecuadamente con material reflexivo de alta intensidad, especialmente en las curvas.

h) Construir carreteras de alivio en las vías de circulación vehicular en superficie con pendientes mayores a doce por ciento (12%) (rampas, accesos o zigzag) diagonales a las vías existentes y ubicadas en lugares pre establecidos. Estas carreteras de alivio deben servir para ayudar a la reducción de la velocidad de la maquinaria y controlarla hasta detenerla.

- **Articulo 263.-** Corresponde al titular de la actividad minera realizar estudios sobre la geología, geo mecánica, hidrología, hidrogeología, mecánica de rocas y suelos a fin de mantener seguras y operativas las labores mineras y las instalaciones auxiliares tales como: sub estaciones eléctricas, estaciones de bombeo, talleres en superficie, polvorines, bodegas, taludes altos y otros.

- **Artículo 265.-** Si la explotación a cielo abierto se realizara en las proximidades de labores subterráneas, se dispondrá de los planos actualizados para ubicar dichas labores y adoptar las medidas de seguridad pertinentes.
- **Articulo 266.-** Tanto para operación en mina subterránea como en tajo abierto, los botaderos de desmonte y de suelo orgánico superficial (top soil) se operarán de acuerdo a los aprobados por la Dirección General de Minería o Gobierno Regional, según corresponda.

CAPÍTULO XII: ILUMINACIÓN

- **Artículo 352.-** Todas las estructuras superficiales, pasillos, gradas, escaleras, paneles de interruptores, zonas de carga y descarga y áreas de trabajo deberán contar con iluminación apropiada.
- **Artículo 354.-** Es obligación del titular de la actividad minera que las lámparas a emplearse estén en perfecto estado de funcionamiento y protección, debiendo garantizar una intensidad luminosa mayor o igual a dos mil quinientos (2500) lux a uno punto dos (1.2) metros de distancia en interior mina durante toda la guardia, con un mínimo de doce (12) horas continuas de uso.

- **Artículo 355.-** Es obligación del titular de la actividad minera colocar luces apropiadas que se conservara encendidas al menos cuando haya personal en el interior de las minas en los siguientes lugares: estaciones de transporte vertical y horizontal, estación de bombeo, sala de tornos o cabrestante, tolvas y lugares principales, bodegas, depósitos, talleres, intersecciones importantes de galerías y demás instalación subterráneas que tengan el carácter de permanente o que sean causa potencial de accidentes.
- **Artículo 357.-** Los canales, zanjas, pozas, depósitos de relaves, pasillos, gradas y vías de transito de trabajadores y materiales estarán iluminados en toda su longitud con niveles no menores de trescientos (300) lux. Adicionalmente, estarán protegidos con barandas y/o mallas para evitar caídas de trabajadores.
- **Artículo 358.-** Todos los lugares de trabajo, y en general, los espacios interiores de los establecimientos, estarán provistos de iluminación artificial cuando la natural se insuficiente.

  La iluminación artificial tendrá una intensidad uniforme y adecuada y distribuida de tal manera que cada máquina, equipo, banco de trabajo o lugar donde se efectué alguna labor estén separados en concordancia con los niveles de iluminación señalados, y en todo caso, que no proyecten sombras o

produzcan deslumbramiento o lesión a la vista de los trabajadores, u originen apreciable cambio de temperatura.

- **Artículo 359.-** La iluminación natural se hará a través de tragaluces, ventanas, techos o paredes de materiales que permitan el paso de la luz, procurando que dicha iluminación sea uniforme. Sera obligatorio un sistema regular de limpieza de los elementos que permitan el paso de la luz natural a fin de asegurar su nitidez.

CAPÍTULO V

PRESENTACION Y ANALISIS DE RESULTADOS

5.1 PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS

5.1.1 Distribución y comparación de guías de iluminación a base de combustible y Pantallas LED de Alta Luminosidad.

Para la instalación de las pantallas LED en las vías permanentes de la mina se colocaron 02 luminarias para tener una iluminación favorable en las épocas de neblina para el tránsito de vehículos reduciendo a cero el tiempo de paradas por neblina. Se tiene la cantidad de 17 pantallas LED, y serán colocadas en la vía de acarreo rumbo al botadero 5%, ya que dicha zona tiene mayor incidencia de neblina entre los meses de Diciembre y Marzo. En la siguiente tabla se detalla que cantidad de pantallas LED con sus respectivas coordenadas UTM se implementaron y cuantas guías de iluminación a base de combustible había antes de su respectivo cambio.

Tabla 26: *Cantidad de Pantallas de Alta Luminosidad LED*

Ítem	Descripción	Coordenada Este	Coordenada Norte	Ubicación
01	Pantalla LED N°01	538269	84128	Botadero 5%
02	Pantalla LED N°02	538320	84235	Botadero 5%
03	Pantalla LED N°03	538372	84354	Botadero 5%
04	Pantalla LED N°04	538420	84435	Botadero 5%
05	Pantalla LED N°05	538508	84465	Botadero 5%
06	Pantalla LED N°06	538532	84498	Botadero 5%
07	Pantalla LED N°07	538728	84588	Botadero 5%
08	Pantalla LED N°08	537880	84600	Botadero 5%
09	Pantalla LED N°09	538280	84704	Botadero 5%
10	Pantalla LED N°10	539010	84785	Botadero 5%
11	Pantalla LED N°11	539258	84799	Botadero 5%
12	Pantalla LED N°12	539405	84804	Botadero 5%
13	Pantalla LED N°13	537942	84930	Botadero 5%
14	Pantalla LED N°14	538098	85009	Botadero 5%
15	Pantalla LED N°15	538252	85145	Botadero 5%
16	Pantalla LED N°16	538398	85198	Botadero 5%
17	Pantalla LED N°17	538545	85250	Botadero 5%

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 27: *Cantidad de Guías de Iluminación a Base de Combustible*

Ítem	Descripción	Coordenada Este	Coordenada Norte	Ubicación
01	Guía N°01	538272	84130	Botadero 5%
02	Guía N°02	538375	84360	Botadero 5%
03	Guía N°03	538515	84470	Botadero 5%
04	Guía N°04	538564	84520	Botadero 5%
05	Guía N°05	538740	84601	Botadero 5%
06	Guía N°06	539012	84788	Botadero 5%
07	Guía N°07	537945	84935	Botadero 5%
08	Guía N°08	538260	85150	Botadero 5%
09	Guía N°09	538570	85258	Botadero 5%

Fuente: Elaboración Propia

5.1.2 Alcance de Luminosidad entre Guías de Iluminación a Base de Combustible y Pantallas LED

Según, su apariencia física, la cual podemos distinguir con la vista, el fuego estaría relacionado entre el color rojo y naranja. En tanto las pantallas LED de alta luminosidad seria el color amarillo, en donde emite una menor longitud de onda, y por ende ondas de luz de mayor energía. En la siguiente tabla se puede visualizar la longitud de onda para ambos casos.

Tabla 28: *Distribución del color según la Longitud de Onda*

Color: Longitud de Onda (λ) en nm	
Rojo	627 - 770 (ondas de menor energía)
Naranja	589 - 627
Amarillo	566 - 589
Verde	495 – 566
Azul	436 – 495
Violeta	380 - 436 (ondas de mayor energía)

Fuente: Elaboración Propia

5.1.3 Ubicación de las Pantallas LED de Alta Luminosidad en la Operación Minera

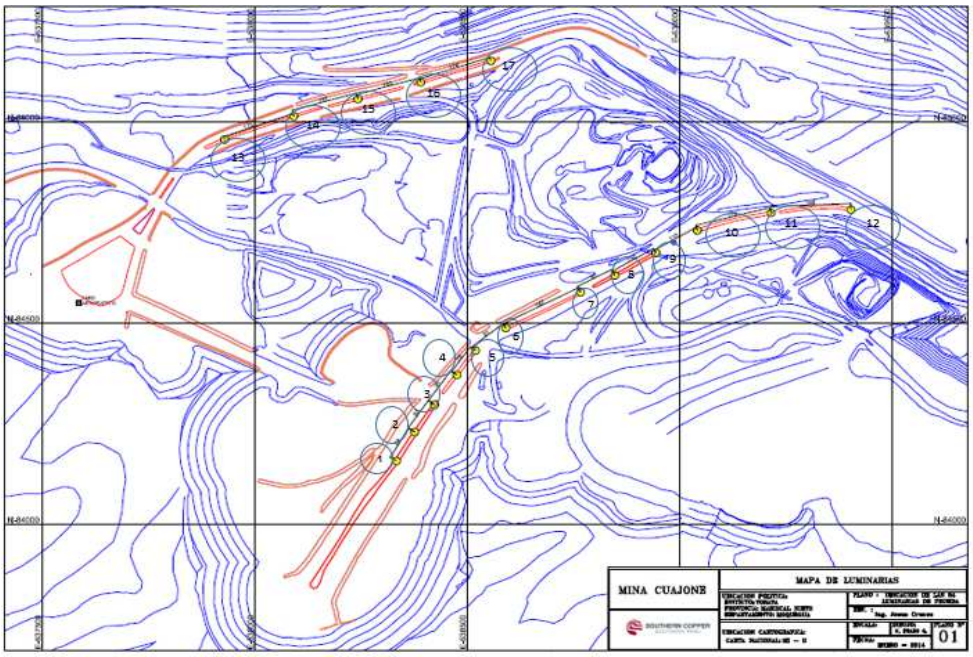


Figura 32: Mapa de Ubicación de Pantallas LED de alta luminosidad en Mina Cuajone

Fuente: Área de Ingeniería Mina – Cuajone

5.2 PRUEBA DE VISIBILIDAD

Las pruebas fueron realizadas al largo del botadero 5%, para poder comparar el alcance de la visibilidad que hay temporadas de neblina a una distancia de 20 metros. Se tiene como referencia que a partir de los 25 metros se visualiza una silueta de la persona y que a los 30 metros se pierde la visibilidad de la persona.



Figura 33: Visualización de la personas en presencia de neblina a 20 metros

Fuente: Área de Operaciones Mina – Cuajone



Figura 34: Visualización de la personas en presencia de neblina a 25 metros

Fuente: Área de Operaciones Mina - Cuajone



Figura 35: Visualización de la personas en presencia de neblina a 30 metros

Fuente: Área de Operaciones Mina – Cuajone

5.3 ANÁLISIS DE LAS GUÍAS DE ILUMINACIÓN A BASE DE COMBUSTIBLE USADOS ANTES DE LA IMPLEMENTACIÓN

Hasta el año 2013, en mina Cuajone, se estuvo tratando de reducir el tiempo de paradas en época de neblina (Diciembre - Marzo), utilizando guías de iluminación a base de combustible para mejorar la visibilidad del operador de volquete que transitaba por las vías de acarreo.

Estas guías estaban compuestas a base de un cilindro lleno de petróleo, en el cual se le prendía fuego para la respectiva iluminación de la vía, su ubicación era de 25 metros aproximadamente de distancia en las bermas de las vías.

5.4 INSTALACIÓN DE LOS PUNTOS PARA EL NUEVO SISTEMA DE PANTALLAS LED DE ALTA LUMINOSIDAD

Habiendo realizado el análisis de la presencia de niebla súper densa en la unidad minera Cuajone, la instalación de las pantallas de alta luminosidad se realizó de la siguiente forma.

- Serán colocadas aproximadamente a 35 metros
- Estarán sostenidas mediante un poste de 6 metros de altura, en la berma central.
- Cada pantalla LED, tendrá 02 luminarias.

A continuación, se detalla los accesorios y/o elementos que incluyen para la instalación del sistema:

- Luminarias LED de alta luminosidad
- Transformadores de 24 V
- Postes Metálicos
- Cableado
- Transformadores de 50 KVA
- Cajas para transformadores

5.5 ANÁLISIS DEL ANTERIOR MÉTODO DE ILUMINACIÓN: MECHEROS DE COMBUSTIBLE

En la época de neblina (diciembre - marzo), de la unidad minera Cuajone hasta el año 2013 se ha venido utilizando guías de iluminación a base de combustible, la cual tenía por finalidad iluminar las vías de acarreo para el paso de la maquinaria pesado, especialmente los volquetes. Estas guías estaban compuestas por petróleo en donde estaban ubicados en sitios estratégicos a lo largo de las vías.

Sin embargo, el uso de estas guías de iluminación, generaba un costo de operación respecto a la gran cantidad de petróleo utilizado y a su vez esto generaba la contaminación del ambiente, debido a la quemadura de combustible. A continuación, se

detalla en la siguiente tabla el consumo mensual de combustible de las guías de iluminación.

Tabla 29: *Consumo de Combustible Mensual para guías de iluminación*

AÑO	MES	CANTIDAD GLNS.	SUB-TOTALES GLNS	COSTO POR MES
2011	**ENERO**	14,066		
	FEBRERO	7,188		
	DICIEMBRE	7,595	**28,849**	**273,488.52**
2012	**ENERO**	12,744		
	FEBRERO	10,383		
	MARZO	891		
	ABRIL	770		
	DICIEMBRE	14,873	**39,661**	**375,986.28**
2013	**ENERO**	10,373		
	FEBRERO	7,736		
	MARZO	12,678	**30,787**	**291,860.76**
		TOTAL	**99,297**	
	PRECIO POR GALON S/.		**9.48**	
		TOTAL S/.	**941,335.56**	**941,335.56**

Fuente: Área de Operaciones Mina - Unidad Minera Cuajone

5.6 FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA

5.6.1 Opciones de reemplazo para las guías de iluminación a base de combustible

En las operaciones mineras, existen una serie de condiciones físicas y biológicas, en las cuales involucran las condiciones climáticas extremas dentro de la operación y una de ellas es la presencia de neblina, que dificulta el tránsito de la

maquinaria pesada, en especial de los volquetes. Para ellos se usaban guías de iluminación a base de combustible, la cual servía para en la visibilidad del personal de operaciones mina en el tránsito de las vías de acarreo, pero a través del paso de los años y una constante mejora continua, se implementó un sistema de pantallas de alta luminosidad.

Este sistema a comparación del anterior, tuvo muchos beneficios para la operación minera, ya que una vez pasada las pruebas de calidad por parte de la minera, es que se reemplazó este nuevo sistema de alta luminosidad por las guías de iluminación en las vías de acarreo de la mina, en especial en el botadero 5% (debido a que en ese lugar se tenía mayor incidencia de la neblina dentro de la operación minera).

También contribuyo a un mejor cuidado del medio ambiente, ya que al no quemar el combustible se evitaba la emisión de dióxido de carbono, perjudicial para el entorno de trabajo y finalmente se obtuvo un ahorro económico durante y después de la implementación del mismo.

5.6.2 Resultados obtenidos después de su aplicación

Antes de la implementación del sistema, se alcanzó una pérdida total de 57.10 horas, debido a las paradas de los equipos ocasionados por neblina, en donde se refleja una

pérdida de producción de 189,723 toneladas por temporada (ver tabla N° 01), en tanto no hubiera dichas paradas por la presencia de neblina, habría un aumento en la producción y se daría un ahorro económico al no consumir combustible. En las siguientes tablas se detalla la perdida de la producción de mineral por la parada de palas en presencia de neblina y seguidamente la ganancia esperada por el reemplazo de las guías de iluminación a base de combustible por pantallas LED de alta luminosidad.

Tabla 30: *Perdida de la Producción de Mineral por paradas por neblina*

PÉRDIDA DE PRODUCCIÓN DE PALAS POR PARADA	**89,723.00**	**Ton/Año**
RELACION DE DESBROCE (D/M - PLAN ANUAL)	5.37	
ACARREO DE MINERAL (TN)	35,330.17	Ton
TONELDAS DE MINERAL A VENDER (TN) Ley Cu 0.0065 - Plan Anual	191.11	Ton
(Recuperación Conc. 85.7%)		
(Recuperación Fund. 97.4%)		
(Recuperación Ref. 99.7%)		
LIBRAS DE MINERAL A VENDER (Factor conv. 2204.62)	421,335.19	Lb
Utilidad de Cobre Fino	1.45	US$/Lb
PÉRDIDA POR PRODUCCIÓN (US$ ANUAL)	**610,936.03**	US$

Fuente: Elaboración Propia

Para el ahorro económico se considera también los galones de combustible utilizados para las guías de iluminación en las vías acarreo, que se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 31: *Consumo de Petróleo Anual - Periodo 2013*

PETROLEO CONSUMIDO AL AÑO (GLN)	PRECIO UNITARIO (U SS/GLN	COSTO TOTAL (USS/AÑO)
30,787.00	2.88	88,666.56

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 32: *Oportunidad de Ahorro en el Reemplazo de guías de iluminación a base de combustible por pantallas LED de alta luminosidad*

	2013	2014	2015	2016
	US$ /Año	US$ /Año	US$ /Año	US$ /Año
Costo de parada por neblina	610,936.03			
Costo de consumo de combustible (dic. 2012 - marzo 2013)	88,666.56			
	699,602.59	699,602.59	699,602.59	699,602.59
Costo de proyecto de iluminación de vías	883,992.00			
Costo del proyecto de faros en volquetes CAT 797F	232,380.00			
Costo total del proyecto	1,116,372.00	1,116,372.00		
		-416,769.41	**282,833.18**	**699,602.59**

Fuente: Elaboración Propia

5.6.3 Optimización para un mejor aprovechamiento del sistema

Para una óptima colocación y aprovechamiento del sistema de iluminación LED, las pantallas se colocarán a cada 35 metros de la berma central y las pantallas LED se colocarán en dirección opuesta a la de la vía de acarreo, con una inclinación de 15° respecto al eje vertical, esto con la finalidad que la iluminación no apunte directamente al ojo del operador.

5.7 DETERMINACIÓN DEL COSTO DE APLICACIÓN DEL SISTEMA

5.7.1 Costo de Operaciones

5.7.1.1 Costo de Equipo

Para la instalación del nuevo sistema de iluminación de pantallas LED de alta luminosidad, se necesitan 02 luminarias por pantalla con sus respectivos transformadores de 24V, para la disminución de la tensión eléctrica.

Tabla 33: *Costo de equipo necesario para la instalación de las pantallas de alta luminosidad*

COSTO DE EQUIPO			
DESCRIPCION	**CANTIDAD**	**COSTO UNITARIO (US$)**	**COSTO TOTAL (US$)**
Pantalla LED	330	2330	768,900.00
Transformador de 24V	330	310	102,300.00
Transformador 50 KVA	4	3198	12,792.00
		TOTAL	**883,992.00**

Fuente: Elaboración Propia

5.7.1.2 Costo de Materiales e Insumos

Respecto a los materiales e insumos que se requieren para instalar las pantallas de alta luminosidad serán los siguientes:

Tabla 34: *Costo de materiales e insumos para la instalación de las pantallas de alta luminosidad*

DESCRIPCION	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (US$)	COSTO TOTAL (US$)
Cables (mts)	18,000	0.7	12,600.00
Alicate	3	8	24.00
Desarmador	3	6	18.00
Postes de metal	165	200	33,000.00
Cinta aislante	8	1	8.00
Cinta metrica	2	8	16.00

Fuente: Elaboración Propia

5.7.1.3 Costo Total para la implementación

El costo de la implementación sería igual a la suma del costo total de equipo más el costo de materiales e insumos y es US$ 929,658.

5.7.1.4 Costo de Operación

Se refiere al costo de consumo de la energía eléctrica utilizada para las pantallas de alta luminosidad y se visualiza en el siguiente cuadro.

Tabla 35: *Costos Operativos de las Pantallas LED de Alta Luminosidad*

Costos Operativos	Cantidad
Energía producida para Mina - Cuajone (KW/hr)	1,800.00
Consumo Promedio de Petróleo (Gal/hr)	66.57
Consumo de Pantalla LED de Alta Luminosidad (w/hr)	240.00
Total de Pantallas a utilizar (Und)	330.00
Consumo Total de Energía en Pantallas de Alta Luminosidad (Kw/hr)	79.20
Consumo Total de Combustible en el Sistema de Iluminación (Gal/hr)	2.93
Consumo Anual de Petróleo (Gal/año)	7,029.79
Costo Total año de combustible (US$/año)	**20,175.50**

Fuente: Elaboración Propia

5.7.2 Costo de Mantenimiento

El costo de mantenimiento por cada pantalla LED de alta luminosidad es aproximadamente de 20 a 25 US$, ya que se tendrá un soporte técnico de alta eficiencia para asegurar el correcto uso de las pantallas LED en su operación óptima.

5.8 DISCUSION RESPECTO AL SISTEMA DE PANTALLAS LED DE ALTA LUMINOSIDAD

5.8.1 Discusión N°01:

Según la autora Cayllahua Pilares Elizabeth, las pantallas LED de alta luminosidad, son implementadas en vías de acarreo para el transporte del mineral, como es de conocimiento hay equipos involucrados directamente en la producción (palas, perforadoras); y estos presentan algunas contingencias al momento de usarlas en temporadas de neblina (falla mecánica o eléctrica). Entonces es que se debe de tener estas pantallas LED adheridas en los principales equipos de la producción, en este caso hablamos de los volquetes, ya que son uno de los medios principales para la explotación del mineral.

5.8.2 Discusión N°02:

En el manual del camión minero CAT 797F (CATERPILLAR), refiere a una velocidad máxima de 67.6 Km/h,

pero se debe de tener en cuenta que, para observar una mejora en la producción, se tiene que evaluar los tiempos muertos que se podría presentar, asimismo antes de la aplicación y después de ejecutar la misma, principalmente en los volquetes CAT797F. A continuación, se presenta un cuadro tomado del volquete 137, del turno “A”, proveniente de la Pala 2 rumbo al botadero 5%, donde se observa la cantidad de ciclos (acarreo, transporte y descarga) y el tiempo inactivo de un volquete que fue puesto a prueba durante la implementación de este sistema.

Tabla 36: *Tiempos muertos antes de la aplicación del sistema*

DURACION CICLO		TIEMPO INACTIVO POR NEBLINA		TONELAJE		DURACION REAL		CICLOS
32	min.	8	min.	316	Ton	40	min.	12
39	min.	13	min.	315	Ton	52	min.	
21	min.	6	min.	316	Ton	27	min.	
28	min.	11	min.	320	Ton	39	min.	
17	min.	9	min.	354	Ton	26	min.	
20	min.	12	min.	340	Ton	32	min.	
19	min.	0	min.	310	Ton	19	min.	
22	min.	15	min.	300	Ton	37	min.	
19	min.	0	min.	336	Ton	19	min.	
18	min.	0	min.	326	Ton	18	min.	
29	min.	14	min.	360	Ton	43	min.	
31	min.	6	min.	320	Ton	37	min.	
				326	Ton	**32**	min.	

Fuente: Área de Control Despacho - Unidad Minera Cuajone

Tabla 37: *Tiempos muertos después de la aplicación del sistema*

DURACION CICLO		TIEMPO INACTIVO POR NEBLINA		TONELAJE		DURACION REAL		CICLOS
30	min.	0	min.	320	Ton	30	min.	12
20	min.	0	min.	311	Ton	20	min.	
23	min.	0	min.	316	Ton	23	min.	
31	min.	0	min.	314	Ton	31	min.	
14	min.	0	min.	352	Ton	14	min.	
23	min.	0	min.	346	Ton	23	min.	
20	min.	0	min.	307	Ton	20	min.	
13	min.	0	min.	307	Ton	13	min.	
16	min.	0	min.	334	Ton	16	min.	
20	min.	0	min.	321	Ton	20	min.	
22	min.	0	min.	368	Ton	22	min.	
20	min.	0	min.	321	Ton	20	min.	
				326	Ton	**21**	min.	

Fuente: Área de Control Despacho - Unidad Minera Cuajone

5.8.3 Discusión N°03:

Respecto al color de la luz de las pantallas LED de alta luminosidad, en este trabajo se refiere a unas pantallas de color amarillo, ya que su potencia luminosa logra un mejor alcance como visibilidad en las vías de acarreo y para los equipos, en tanto **el autor James Amstrong** nos habla de una luz blanco azulada, que es conocida como la principal luz de contaminación lumínica, ya que esta luz se propaga más rápidamente por la atmosfera. En la siguiente figura se puede observar que la luz blanca azulada (vapor de mercurio) contiene

mayor vida nominal media con respecto a la luz amarilla (sodio de alta presión) pero menor apreciación de color que la misma.

Tipo de fuente de iluminación	Luminancia aproximada cd/m² (bombilla transparente)	Vida nominal media (h)	Fuente CC	Eficacia inicial aproximada lm·W⁻¹	Apreciación de color
Filamento de tungsteno	105 a 107	750 a 1.000	Sí	5 a 30	Excelente
Incandescente	2 × 107	5 a 2.000	Sí	28	Excelente
Fluorescente	5 × 104 a 2 × 105	500 a 30.000	Sí	100	Excelente
Vapor de mercurio	105 a 106	16.000 a 24.000	Sí, con limitaciones	63	Media
Halogenuro metálico	5 × 106	10.000 a 20.000	Sí, con limitaciones	125	Buena
Sodio a alta presión	107	12.000 a 24.000	No recomendada	140	Regular
Sodio a baja presión	105	10.000 a 18.000	No recomendada	183	Mala

cd = bujías, CC = corriente continua; lm = lúmenes.

Figura 36: Comparación de fuentes de Iluminación en Minería

Fuente: (Menon James R. Amstrong, 2001)

5.8.4 Discusión N°04:

Respecto al uso de luminarias en vías y carreteras el autor Cient Rminos, explica que en muchos casos existe una colocación inapropiada y esto se puede mejorar con una posición vertical y no horizontal, asimismo en vías de acarreo solo se obtendrá una mejor iluminación colocando estas luminarias solamente en posición cuasi vertical (con un mínimo ángulo de inclinación de 15°), esto debido a las condiciones climáticas que se presenta en la operación minera.

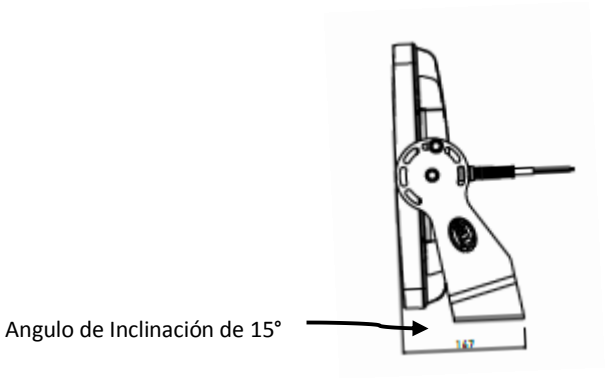


Figura 37: Visualización de Pantalla LED con inclinación de 15°

Fuente: Hella Catalogo de Iluminación Fija

5.8.5 Discusión N°05:

Para la medición de la luminosidad con el luxómetro, el autor bibliográfico del documento Ib, PCE de Albacete - España establece que para medir la luminosidad se debe de tener en cuenta la distancia y el ángulo entre el luxómetro y el objeto a medir, sin embargo, otro aspecto a considerar seria la superficie en la cual se refracta la luminosidad, ya que entre más lisa sea la superficie, existirá mayor luz en la medición.

5.8.6 Discusión N°06:

En relación a las luminarias para el alumbrado exterior, las empresas C&G CARANDINI, ERCO ILUMINACION, GRUPO LLEDO S.A., AIRFAL, OSRAM S.A., ZEMPER, indica que existen tres tipos de instalaciones de alumbrado exterior, una de ellas es la luminaria de nueva instalación en la cual todos

sus componentes son proporcionados por el fabricante y no se utiliza ninguna parte de una luminaria anterior, asimismo uno de los aspectos a conservar es el voltaje anteriormente utilizado, ya que si se trabaja con una línea de tensión baja de 24V y se conserva la misma , evitará las caídas de tensión, así fue como se trabajó estas pantallas LED de alta luminosidad en vías de acarreo.



Figura 38: Luminaria Alumbrado Exterior Nueva Instalación

Fuente: (C&G CARANDINI, ERCO ILUMINACION, GRUPO LLEDO S.A., AIRFAL, OSRAM S.A., 2015)

5.8.7 Discusión N°07:

En cuanto al informe titulado “Necesidad de energía Eléctrica y Alumbrado en una mina subterránea y a cielo abierto”, el autor Ochoa Flores Luis Abel, cita entre las principales conclusiones que la iluminación es importante en las labores mineras ya que se evita riesgos y accidentes, también porque contribuyen a una buena productividad, asimismo, es importante resaltar que es necesario considerar también el cuidado y conservación del medio ambiente ya sea en mina subterránea o

como es en este caso en mina superficial, ya que las pantallas LED de alta luminosidad no contaminan para nada el ambiente de trabajo.

5.8.8 Discusión N°08:

En la tesis “Aprovechamiento del Recurso Eólico y Solar en la Generación de Energía Eléctrica, define lo que es una radiación solar reflejada, que es la radiación vista por el suelo o por los objetos cercanos, en cuanto, a las pantallas LED, no se vieron expuestas reflejadas en una radiación de este tipo, ya que se encuentran a una altura de aproximadamente de 6 metros desde la superficie del suelo, y esto refleja una mayor comodidad en la visibilidad de los operadores de volquetes.



Figura 39: Pantalla LED de Alta Luminosidad, ubicada a 6 metros del suelo

Fuente: Departamento de Operaciones Mina - Cuajone

CONCLUSIONES

- Una de las principales demoras operativas que se tiene en la Unidad Minera Cuajone es la presencia de neblina ya que genera una perdida en la producción de aproximadamente 189,723 toneladas métricas.

- Al realizar la comparación de las guías de iluminación a base de combustible y las pantallas LED de alta luminosidad se vio que había una diferencia en la demora de 11 minutos y que después de su implementación se redujeron a cero, permitiendo así una mejora en la productividad.

- Se comprobó que al reemplazar las guías de iluminación a base de combustible por las pantallas LED de alta luminosidad que existe un ahorro económico de aproximadamente de US$ 700,000.00 y que se daría a partir del tercer año de su puesta en marcha.

RECOMENDACIONES

- Se debe controlar mejor el avance de la productividad que se realiza en la Unidad Minera Cuajone, para poder mantener un nivel de producción óptimo, utilizando correctamente este nuevo sistema de luminosidad.

- Se debería de realizar la implementación de las Pantallas LED de Alta Luminosidad por las vías de acarreo en toda la unidad minera para aprovechar así la mejora tecnológica.

- Con el ahorro económico obtenido después de la implementación, se debería de invertir en proyectos de mejora continua que contribuyan a la productividad en la operación minera.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

Australia Hella PTY, L. (2013). Technology with Vision hELLA MINING FIXED LIGHTING CATALOGUE Introducing the revolutionary HypaLUME ® – the first high output LED flood light designed specifically for mining. *Hella Mining, Catalogo de Iluminacion Fija, Suplemento N° 01*, (1), 2–8.

C&G CARANDINI, ERCO ILUMINACION, GRUPO LLEDO S.A., AIRFAL, OSRAM S.A., Z. (2015). *Guia sobre Tecnologia LED en el alumbrado*. *Dirección General de Industria, Energia y Minas de la Comunidad de Madrid*. Madrid: BOCM. Retrieved from www.fenercom.com

Cabanes, C., Giménez, B., Antón, M., Villa, P., & María, R. (2013). L U M I N O T E C N I A : Cálculo del nivel de iluminación en un punto. *4*, 11.

CATERPILLAR. (2012). Camión Minero CAT 797F. Washintog, DC. Retrieved from http://s7d2.scene7.com/is/content/Caterpillar/C782781

Cayllahua Pilares, E. L. (2015). *Implementación de Pantallas LED Hypalume 20000 en el Sistema de Transporte del Proyecto Minero Las Bambas*. Universidad Nacional de San Agustin.

Chercca Ramirez, J. A. (2014). *"APROVECHAMIENTO DEL RECURSO EÓLICO Y SOLAR EN LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA Y LA REDUCCIÓN DE EMISIONES DE CO2 EN EL POBLADO RURAL LA GRAMITA DE CASMA."* Universidad Nacional de Ingenieria. Retrieved from http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/1694/1/chercca_rj.pdf

Cient, R. (2004). La contaminación lumínica, *2*, 6. Retrieved from http://www.lineaverdeceutatrace.com/lv/consejos-ambientales/contaminacion-luminica/contaminacion-luminica.pdf

Dorremochea, C. H., Mª, J., Martorell, O., & Sora, J. (2011, June). La Iluminación con LED y el Problema de la Contaminación Lumínica, 4–6. Retrieved from http://www.celfosc.org/biblio/general/herranz-olle-jauregui2011.pdf

Escondia, C. M. (2013). Minera Escondida Informe de Sustentabilidad 2013, *2*, 45. Retrieved from http://www.accionempresas.cl/docs/empresas/1610024512_Informe_de_sustentabilidad_Escondida_2013.pdf

Gigasistemas _ LAMPARA MINERA KL5LM. (n.d.).

Lumínica, L. A. C., Antonio, J., Garrido, A., Gil, P., Alduncion, J. C., Pozo, R., & Mendiola, R. (2005). La contaminación lumínica. problemas y soluciones de mejora, *LXXX*, 11–16.

Menon James R. Amstrong, R. (2001). Minas y canteras. In D. Trotter (Ed.), *Enciclopedia de seguridad y salud en el trabajo* (Vol. 3, pp. 41–43). Washintog, DC. Retrieved from http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/EnciclopediaOIT/tomo3/74.pdf

Minas, E. y. Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional N° 024 - EM - 2016 (2016). Lima, Peru. Retrieved from http://www.minem.gob.pe/archivos/legislacion-zi0z7z24pc3-Decreto_Supremo_N_024-2016-EM.pdf

Minas, M. de E. y. (2016). Reglamento de Seguridad Minera. Peru. Retrieved from http://www.vialidad.cl/areasdevialidad/medioambiente/Documents/Normativa/Reglamentos/200402REGLAMENTODESEGURIDADMINERA02.pdf

Ochoa, F., & Luis, A. (2014). *Necesidad de Energía Eléctrica y Alumbrado en una Mina Subterránea y a Cielo Abierto*. Huancayo. Retrieved from https://es.slideshare.net/joel1987ivan/informe-de-electricidad-en-minas

Phoenix Products, C. (2016, July). Iluminación duradera diseñada para minería. *Phoenix Durability Design*, 2–6.

Sanchis, J. M. (2005). Las Lámparas de Acetileno. In *I Simposio Patrimonio Natural España* (pp. 4–11). Madrid. Retrieved from http://www.cuevascastellon.uji.es/varios/historiacarburero.pdf

Social, C. D. S. (2005). Guía técnica para la prevención de los riesgos profesionales en minas y canteras a cielo abierto. Retrieved from http://www.css.gob.pa/GUIA MINAS Y CANTERAS.pdf

ANEXOS

ANEXO 1

MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES E INDICADORES	MUESTRA	INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN	DISEÑO	ESTADISTICA
Interrogante General ¿Es factible mejorar la productividad en base a las pantallas LED de alta luminosidad para las temporadas de neblina? **Interrogante Secundarias** a) ¿Cuál es la influencia al reemplazar las guías de iluminación a base de combustible por pantallas de alta luminosidad?	**Objetivo General.** Mejorar la productividad con el uso de las pantallas LED de alta luminosidad en vías de acarreo, en la Unidad Minera Cuajone Southern Perú. **Objetivos Específicos** a) Comprobar una mejora en los tiempos de producción de los volquetes CAT 797F al utilizar un nuevo sistema de iluminación en las vías de acarreo.	**Hipótesis General.** Utilizando las pantallas LED de alta luminosidad en vías de acarreo y volquetes, existirá una mejora en la productividad en temporada de presencia de neblina en mina.	**Variables Independientes**. El nuevo sistema de implementación de pantallas LED de alta luminosidad en vías de acarreo y volquetes. Beneficios del Sistema de pantallas LED de alta luminosidad. La cantidad de horas utilizadas para la medición de la luminosidad fueron alrededor de 0.5 a 1 Hora por día	**Población.** La población para dicho estudio serán los 18 volquetes CAT 797F que transitan por la vía de acarreo del botadero 5%. La muestra tomada será de 02 volquetes CAT 797F que transitan por los puntos	**Luxómetro PCE – 174**: Es un medidor que mide el nivel de iluminación que existe en una determinada superficie.	**Método.** Experimental. **Nivel de Investigación.** Aplicativo **Diseño.** Tipo Experimental	Distribución “t” de Student. $t = \frac{X - \mu}{\frac{Sx}{\sqrt{n}}}$ Donde: t = Distribución Student. X = Media μ = Valor a analizar Sx = Desviación Estándar. n = Tamaño de Muestra

b) ¿Se mejorará la utilización con la utilización de una red de iluminación para volquetes en neblina?	b) Verificar que, al utilizar las pantallas LED de Alta Luminosidad en volquetes CAT 797F, se obtiene una mejora en la productividad en temporadas de neblina.	**Hipótesis Específica.** a) Si se trabaja con las pantallas LED de Alta Luminosidad, se mejorará los tiempos de producción de los volquetes CAT 797F en vías de acarreo. b) Empleando las pantallas LED de alta luminosidad en volquetes CAT 797F, se contribuye a mejorar la producción en neblina.	**Variables Dependientes**. Disminución de tiempos muertos y mejora en la producción por paradas por neblina. La luminosidad emitida por el nuevo sistema de pantallas LED. **Indicadores**. Factores ambientales y de seguridad en el sistema	críticos de la vía de acarreo del botadero 5%.			

ANEXO 2

Simulación de Pantallas LED de Alta Luminosidad.



Figura 40: Simulación de Pantallas LED de Alta Luminosidad en vías de acarreo

Fuente: Área de Operaciones Mina - Unidad Minera Cuajone

ANEXO 3

Proforma de compra de pantallas led de alta luminosidad para vías de acarreo

P&H MinePro Services Peru S.A.C.
A Joy Global Inc. Company

Av. Jorge Basadre 592 Of. 205-206 San Isidro, Lima 27- Perú
Phone: (51) 1440-6541 X 3001833 / Fax: (51) 1440-8042

COTIZACION SPCC-0002-2014

Iluminación fija LED luz amarilla para Ruta Volquete 5450 metros

Jueves 16 de Enero 2014

Señores : SOUTHERN PERU COPPER CORPORATION

Referencia : SOLICITUD DE COTIZACION POR LUCES HELLA

DE ACUERDO A SU SOLICITUD DE LA REFERENCIA, A CONTINUACIÓN NOS ES GRATO COTIZARLES LO SIGUIENTE:

Item	Part Number	Stock Code	QTY	Descripción del producto	Precio UNIT DDP
1	HMF2000CMOB	S4-135159-3-1	330	HypaLume Close Range **(Ambar)**	$2,330.00
2	HM24320AC	S4-135159-3-2	330	AC/DC CONVERTER 24V 320VA	$310.00

CONDICIONES DE PAGO: NETO A 60 DIAS.
VALIDEZ DE LA OFERTA: 45 días.
PROVEEDOR: JOY GLOBAL (Perú) SAC

NOTAS GENERALES:

1.- El hardware podrá ser entregado en su totalidad DDP almacén mina Cuajone el **21 de febrero del 2014**.
2.- Los tiempos de entrega se pueden mejorar una vez recibida la orden de compra.
3.- Los precios no incluyen IGV.
4.- Estos son precios especiales por ser más de 300 unidades.

Atentamente,

GABRIEL MENDIZABAL ROCA
JOY GLOBAL PERU.

ANEXO 4

Proforma de compra de pantallas led de alta luminosidad para volquetes CAT 797F

P&H MinePro Services Peru S.A.C.
A Joy Global Inc. Company

Av. Jorge Basadre 592 Of. 205-206 San Isidro, Lima 27- Perú
Phone: (51) 1440-6541 X 3001833 / Fax: (51) 1440-8042

COTIZACION SPCC-00012-2013

Iluminación fija LED/Xenón para volquete CAT 797 (Neblina densa)

Lunes 9 de setiembre 2013

Señores : SOUTHERN PERU COPPER CORPORATION

Referencia : SOLICITUD DE COTIZACION POR LUCES HELLA

DE ACUERDO A SU SOLICITUD DE LA REFERENCIA, A CONTINUACIÓN NOS ES GRATO COTIZARLES LO SIGUIENTE:

Item	Part Number	QTY	Descripción del producto	Precio Unit DDP	Precio Total DDP
			LUMINARIAS PARA 1 VOLQUETES CAT 797		
1	HM1500WB	6	AS5000 LED Work Lamp Wide Beam	$1,065.00	$6,390.00
2	HM1500NB	4	AS5000 LED Work Lamp Narrow Beam	$1,065.00	$4,260.00
3	HM1512WB	2	AS500® Fog Lamp Xenon Wide Beam HID-Amarillo (**Ambar**)	$805.00	$1,610.00
4	HM450ADIR	1	UltraRAY®-R LED Warning Beacon Amber Direct Mount	$650.00	$650.00
				TOTAL	**$12,910.00**

CONDICIONES DE PAGO: NETO A 30 DIAS.
VALIDEZ DE LA OFERTA: 30 días.
PROVEEDOR: JOY GLOBAL (Perú) SAC

NOTAS GENERALES:

1.- Los plazos de entrega son de 28 días vía aérea una vez recibida la orden de compra.
2.- Los precios no incluyen IGV.
3.- La entrega será DDP en su almacén de Ate.

Atentamente,



GABRIEL MENDIZABAL ROCA
JOY GLOBAL PERU.

ANEXO 5

Panel fotográfico de las pruebas de las pantallas led de alta luminosidad en vías de acarreo y volquetes



Figura 41: Vista Frontal de Pantalla LED en Neblina Densa

Fuente: Elaboración Propia



Figura 42: Medición de distancia de Pantalla LED en Neblina Densa

Fuente: Elaboración Propia



Figura 43: Iluminación de Pantalla LED a 100 Metros en vía de acarreo

Fuente: Elaboración Propia



Figura 44: Iluminación de Pantalla LED a 80 Metros en vía de acarreo

Fuente: Elaboración Propia

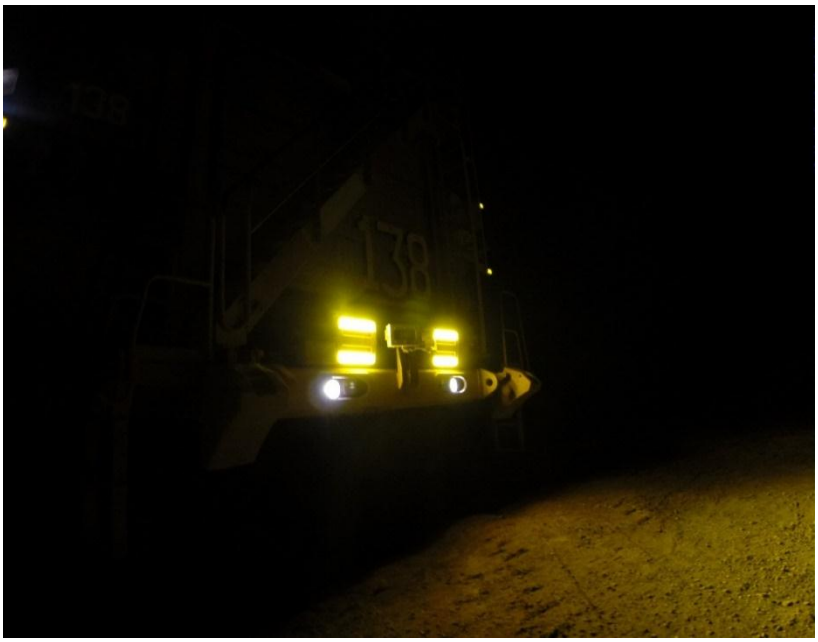


Figura 45: Pruebas de Pantalla LED en Volquete CAT 797F

Fuente: Elaboración Propia



Figura 46: Instalación de Pantalla LED en Volquete CAT 797F

Fuente: Elaboración Propia

ANEXO 6

Ficha técnica de las pantallas de alta luminosidad



Introducing the revolutionary HypaLUME® – the first high output LED flood light designed specifically for mining

HELLA is proud to introduce its revolutionary HypaLUME® LED Flood Light, the first high output LED flood light designed specifically for mining. The HypaLUME® is suitable for both DC and AC applications. It has been designed to withstand the rigours of every demanding application by the HELLA Mining team.

By drawing on the award winning success of our mining LED work lights, latest technologies and materials, HELLA has produced a LED flood light for mining applications that will provide the most economical lighting solutions.

The HypaLUME® has been designed to excel in multiple applications, where high output LED lighting is required. 56 High Power LEDs produce more than 20,000 Lumens output – the LEDs are coupled with three specialised optical distributions, so The LEDs have a colour temperature of 5700K to provide a near daylight environment – ensuring high colour-rendering to assist with critical work tasks. The LED driver electronics ensure light output remains stable over a wide range of voltage variations. The HypaLUME® is also protected from reverse polarity and short circuit faults.

The HypaLUME® consumes a mere 240W at 24V DC, ensuring a luminous efficacy close to 100 Lumens per Watt. It provides the equivalent usable light level of a 400W metal halide light fitting – for far less power consumption.

The specially designed LED driver board, moulded fins for heat dissipation and LED alignment ensure advanced thermal management, drawing heat away from the LEDs to maintain the extended life guarantee offered by HELLA Mining's class leading 5 year LED warranty.

IP6K9K 200G* 18/52V 240W

* Fitting only, mounting bracket will determine final value

The HypaLUME® is designed to operate over an extreme temperature range, ranging from -40°C to +50°C with no decrease in light output. A UV stable, high impact and chemical resistant, Grilamid lens protects the LEDs from environmental damage. A variety of bracket options are available including a Mobile Equipment Bracket, a Fixed Lighting Bracket, pole and cable suspension mounts, all with a wide range of aiming options.

PRODUCT FEATURES

In excess of 20,000 Lumens at all operating temperatures tested to LM-79-08
Sealed and tested to IP6K9K
– all with universal aiming ability
Input 18-52V DC, 280 Watts Max Power Draw
240W Nominal @ 24V to 52V
**Optional Universal Mains (100-240VAC & 50-60Hz) Input when combined with AC/DC convertor
-40°C to +50°C operating temperature range
EMC approvals: ISO 13766, CE, C-tick, FCC CISPR25 Class 2 radiated emissions
Comes pre-wired with 1.8 Metres of high quality double insulated marine grade cable
Fully sealed LED requires no servicing
Non-stick and easy to clean surface coating

** AC/DC convertor is considered a component which will be installed as part of a complete installation by a suitably qualified person. The final installation must be re-confirmed that EMC directives are still met in the respective country.

HELLA



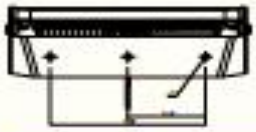
56 High Power LEDs produce more than 20,000 Lumens output, designed to operate economically for long periods in extreme environments... and backed by the HELLA Mining 5 Year LED Warranty

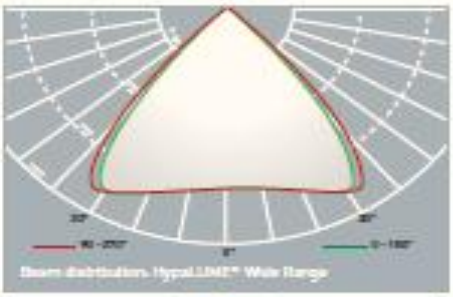
Part No.	Optic	Voltage	Bracket
HMF2000WMOB 011.872.011	Wide	18-52V DC	MOBILE
HMF2000CMOB 011.872.021	Close	18-52V DC	MOBILE
HMF2000LMOB 011.872.031	Long	18-52V DC	MOBILE



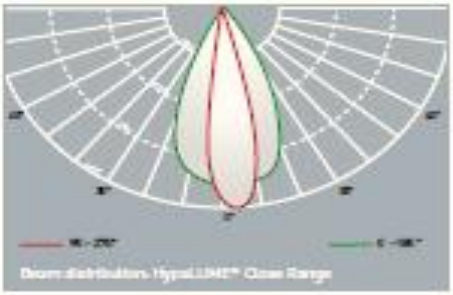


HyperLUME with Mobile Equipment Bracket

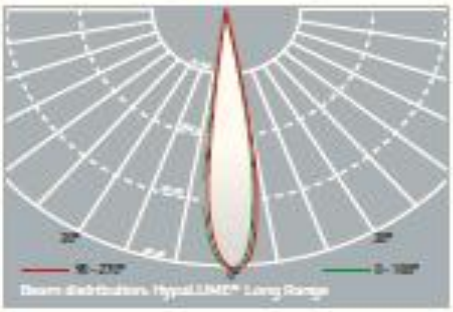




Beam distribution: HyperLUME® Wide Range



Beam distribution: HyperLUME® Close Range



Beam distribution: HyperLUME® Long Range

TYPICAL APPLICATIONS

- Excavators
- Shovels
- Crushers
- Blast-hole Drill Rigs
- Workshops
- Wash bays
- Separation Plants
- Underground Tunnels
- Loading Bays
- Fixed Light Towers
- Warehouses
- Coal Handling Processing Plants
- Conveyor Lines
- Continuous Miners



A variety of bracket options are available including a Mobile Equipment Bracket (shown), a Fixed Lighting Bracket, pole and cable suspension mounts, all with a wide range of aiming options