

Índice

1. Introducción.....	2
1.1. Antecedentes y motivaciones.....	2
1.2. Descripción del problema.....	3
2. Objetivos y alcances.....	2
2.1. Objetivo General	2
2.2. Objetivos específicos	2
2.3. Alcances.....	2
3. Marco Teórico	4
3.1. Funcionamiento motor combustión	4
3.2. Funcionamiento motor hibrido.....	4
3.3. Funcionamiento motor eléctrico	5
3.4. Método de explotación	6
3.5. Métodos de explotación subterránea	7
3.6. Métodos de hundimiento	7
3.7. Métodos de obtención por tronadura directa (mecánico)	8
3.7.1. Desarrollo	8
3.7.2. KPI's Equipos mineros.....	10
3.8. Descripción equipo hibrido	11
3.8.1. Funcionamiento	11
3.8.2. Puesta en marcha.....	12
3.8.3. Aceleración.....	14
3.8.4. Principales sistemas equipo hibrido.....	15

3.9.	Descripción equipo Tradicional	17
3.10.	Descripción equipo eléctrico.....	20
3.11.	Ventilación en minería subterránea	27
4.	Metodología	32
4.1.	Recopilación de información complementaria	32
4.2.	Análisis de contextos	32
4.3.	Comprensión Técnica	33
4.4.	Nivel innovativo y tecnológico	33
4.5.	Análisis económico	33
5.	Análisis de resultados	35
5.1.	Contextos de comparación.....	35
5.2.	Características técnicas distintivas	36
A.	Caterpillar.....	36
B.	Komatsu.....	39
C.	Epiroc	42
D.	SANDVIK.....	45
5.3.	Comparación de innovación y tecnología.....	49
5.4.	Contraste de factor económicos.....	50
6.	Conclusiones.....	54
7.	Referencias	57
8.	Anexo.....	63

Índice de Tablas

Tabla 1: Modelos de Caterpillar con capacidades cercanas a los tonelajes 10, 18 y 20	36
--	----

Tabla 2: Características general para los modelos seleccionados de Caterpillar	37
Tabla 3: Características de emisiones y consumo de motores diésel CAT	37
Tabla 4: Horas de funcionamiento continuo por combustible LHD CAT.....	38
Tabla 5: Inyección de aire y extracción de gases necesario por LHD CAT seleccionado	38
Tabla 6: Modelos de Komatsu con capacidades cercanas a los tonelajes 10, 18 y 20	39
Tabla 7: Características general para los modelos seleccionados de Komatsu.....	40
Tabla 8: Características de emisiones y consumo de motores diésel Komatsu	40
Tabla 9: Horas de funcionamiento continuo por combustible LHD Komatsu.....	41
Tabla 10: Inyección de aire y extracción de gases necesario por LHD Komatsu seleccionado	41
Tabla 11: Modelos de Epiroc con capacidades cercanas a los tonelajes 10, 18 y 20	42
Tabla 12: Características general para los modelos seleccionados de Epiroc.....	43
Tabla 13: Características de emisiones y consumo de motores diésel Epiroc.....	43
Tabla 14: Horas de funcionamiento según combustible de equipos Epiroc seleccionados.....	44
Tabla 15: Inyección de aire y extracción de gases necesario por LHD Epiroc seleccionado	44
Tabla 16: Modelos de SANDVIK con capacidades cercanas a los tonelajes 10, 18 y 20	46
Tabla 17: Características general para los modelos seleccionados de SANDVIK ...	46
Tabla 18: Características de emisiones y consumo de motores diésel Sandvik	47
Tabla 19: Horas de funcionamiento según combustible y volúmenes de aire necesarios de ingresar o extraer de equipos Sandvik seleccionados	48

Índice de ilustraciones

Ilustración 1: Representación niveles de método panel caving (Fernandez, 2019). ..	9
Ilustración 2: LHD Diésel Hibrido 18HD (Komatsu Mining Corp., 2019).....	11
Ilustración 3: Principales sistemas equipo diésel hibrido (Rojas, 2017).	12
Ilustración 4: Diagrama de proceso del funcionamiento del equipo y tipos de energías involucradas (Rojas, 2017).....	13
Ilustración 5: Motor SR Rotor y Estator (Rojas, 2017).....	16
Ilustración 6: Unidad KESS (Rojas, 2017).....	16
Ilustración 7: Imagen LHD Komatsu – JoyGlobal LT- 1050 (Komatsu - JoyGlobal, 2021)	17
Ilustración 8: Esquema de motor diésel	18
Ilustración 9: Esquema de Tren de Impulsión LHD (Ferreyros S.A.A., 2011) 	19
Ilustración 10: Esquema del sistema de frenado LHD R1600G (Ferreyros S.A.A., 2011)	20
Ilustración 11: Imagen LHD modelo EST1030 de Epiroc (Epiroc, 2021b).....	21
Ilustración 12: Imagen de LHD modelo LH625IE de SANDVIK (SANDVIK, 2021f)..	21
Ilustración 13: Imagen LHD modelo LH518B de SANDVIK (SANDVIK, 2021d).....	22
Ilustración 14: Imagen LHD modelo Scrooptram ST7 de Epiroc (Epiroc, 2018).....	22
Ilustración 15: Imagen LHD modelo LH518B de SANDIVK, con batería desmontada y en estación de recarga (SANDVIK, 2021d)	23
Ilustración 16: Esquema componentes y estructura general de motor eléctrico (Dartel - SIEMENS, S.F.)	24
Ilustración 17: Esquema de tren de movimiento para LHD eléctrico SANDVIK (Sánchez, 2006)	25

Ilustración 18: Esquema Sistema de propulsión para tren de movimiento LHD eléctrico SANDVIK (Sánchez, 2006)	25
Ilustración 19: Esquema de frenado de LHD eléctrico SANDVIK (Sánchez, 2006).	27
Ilustración 20: Emisiones garantizados de gases para el motor CAT C11(Barloworld Finanzauto CAT, 2021a)	38
Ilustración 21: Emisiones garantizados de gases para el motor CAT C15 y ACERT C15 (Barloworld Finanzauto CAT, 2021b).....	39
Ilustración 22: Ilustración emisiones QSL9G (Cummins Inc., 2015).....	42
Ilustración 23: Ilustración de emisiones motores US tier IV final/EU stage IV (Emission Standards EU: Nonroad Engines, 2016)	42
Ilustración 24: Ilustración de emisiones motores EPA Tier 2 (United States : Cars and Light-Duty Trucks : Tier 2, 2022)	45
Ilustración 25: Tabla de emisiones EU II del motor Deutz F12L413 FW, Volvo TAD1342VE y TAD1344VE (Emission Standards EU: Nonroad Engines, 2016)	48

Índice de Ecuaciones

Ecuación 1: Calculo de revoluciones por minuto (RPM) para motores eléctricos trifásicos (Dartel - SIEMENS, n.d.)	26
Ecuación 2: Calculo de caudal de aire fresco por equipo con motor diésel (Gallardo, 2008)	28