

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA
VALPARAÍSO – CHILE



“DESARROLLO DE UN SISTEMA START&STOP
PARA CAMIONES MINEROS EN LA INDUSTRIA
NACIONAL”

JOSÉ PABLO URENDA HOWARD

MEMORIA DE TITULACIÓN PARA OPTAR AL TÍTULO DE:
INGENIERO CIVIL MECÁNICO.

PROFESOR GUÍA:

DR. ING. ALEJANDRO SÁEZ C.

PROFESOR CORREFERENTE:

DR. MAURICIO OSSES A.

DICIEMBRE-2015

RESUMEN

El presente informe tiene como objetivo mostrar los beneficios que significarían para la industria minera la introducción del sistema Star&Stop, ya sea para enfrentar desafíos de competitividad energética como de sostenibilidad ambiental disminuyendo emisiones. La modificación de esta tecnología, en su inicio, se ha enfocado en los camiones fuera de carretera utilizados en la minería de rajo abierto, esto debido principalmente al alto consumo de combustible que presentan y los tiempos de lucro cesante que tienen.

Se identifican 2 situaciones de lucro cesante como alto potencial para el sistema, espera carga y espera descarga, estos tiempos se estima varían entre las 600 y 850 horas anuales por camión las que significan entre 21.250 y 32.400 litros de combustible al año por camión estando el motor en ralentí. Debido al turbo que ha de funcionar a veces hasta 3 minutos después de detenido el vehículo, los tiempos de lucro cesante no serían 100% aprovechables, pudiendo ser reducidos hasta en un 45%. Considerando esto y la estimación del precio del combustible hecha en base a los precios de mayorista de la ENAP para el 23 de Septiembre del 2015 equivalente a 451,55USD/m³, se ha llegado a que el potencial anual estaría entre 8.000 y 14.600 USD para los camiones de mayor consumo y entre 5.300 y 9.600 USD para los de menor consumo.

Se recalca también, como el precio del combustible es un factor determinante al momento de tomar la decisión de incorporar esta tecnología, si bien actualmente el petróleo se encuentra en su punto más bajo de los últimos años, expertos aclaran que su precio de equilibrio sería un 25% más alto del actual significando a su vez que los potenciales de ahorro podrían llegar a ser un 25% mayores.

Además, se hace un análisis de emisiones reducidas al implementar el sistema, el cual dio como resultado que se verían disminuidas en por lo menos 29 toneladas de CO₂ por camión anualmente y, dependiendo de las situaciones de la mina y camiones, se estima que podría llegar a 68 toneladas o incluso más.

Al ser esta una tecnología relativamente nueva hay distintas variables que no han sido estudiadas a fondo, las cuales pueden implicar aumentos en los costos de mantención como cambios en los tiempos destinados a estas. Considerando los riesgos tecnológicos: la vida útil de las baterías, vida útil de los motores de partida y alcalinidad del aceite; y que si bien no se espera sufran mayores cambios puede que se vean afectados de forma negativa, recalcando la importancia de ser considerados y monitoreados al tomar la decisión de adoptar la tecnología.

ABSTRACT

The objective of the following report is to show the benefits that would mean to the mining industry to introduce the Start&Stop system, which would be to confront the challenges of energy competitiveness or environmental sustainability. In the beginning the modification of this technology has been focused on the mining off road trucks that work on the open pit mines, this mainly because of the high fuel consumption and the lost profit time they have.

There are 2 lost profit situations identified as high potential for the system: waiting for charging and waiting for discharging, this times are estimated to oscillate between 600 and 850 annual hours per truck which means between 21.250 and 32.400 liters of fuel annually per truck being idle. Due to the turbocharger that sometimes has to work up to 3 minutes after the vehicle has stopped the lost profit times wouldn't be 100% profitable with the chance to be reduced in a 45%. Considering this and the estimation of the fuel price based on wholesale price of ENAP for September 23 2015 equivalent to 451,55 USD/m³ it has been concluded that the annual potential would be between 8.000 and 14.600 USD for the higher consumption trucks and between 5.300 and 9600 USD for the lower consumption trucks.

It is emphasized how the fuel price is a determinant factor at the moment to take the decision to incorporate this technology, nowadays the oil price is one of the lowest in many years, but experts say that the equilibrium price would be a 25% higher which means that the savings potential would be 25% higher too.

In addition, an analysis is made about the emissions reduced by implementing the system which gave as a result that it would be reduced by at least 29 tons of CO₂ per truck annually and, depending on the situations of the mine and trucks, it could reach 68 tons or even more.

As this is a relatively new technology there are different variables that have not been thoroughly studied which may involve increases in maintenance costs as well as changes in the time for them. Considering the technological risks: the life of the batteries, the life of the starters and alkalinity of oil; and although it is not expected to suffer major changes, they may be affected negatively, stressing the importance to be considered and monitored when making the decision to adopt this technology.

GLOSARIO

PIB	Producto Interno Bruto
USD	Dólar estadounidense
FOB	Free On Board / libre a bordo(método de importación)
TM	Toneladas Métricas
MMUS\$	Millones de dólares estadounidenses
US\$c/lb	Centavo de dólar por libra
KTMF	Kilo tonelada Métrica de cobre Fino
m ³ /seg	Metros cúbicos por segundo
GWh	Giga Watt hora
MW	Mega Watt
TWh	Tera Watt hora
SING	Sistema Interconectado Norte Grande
SIC	Sistema Interconectado Central
m ³	metros cúbicos
CO ₂	Dióxido de Carbono
CO ₂ eq	Dióxido de Carbono equivalente
GEI	Gases de Efecto Invernadero
lts/hr	Litros por hora
ton	Toneladas
USD/m3	Dólares estadounidenses por litro
UTM	Unidad Tributaria Mensual
UTM/m3	Unidad Tributaria Mensual por metro cúbico
\$	Peso chileno
\$/USD	Pesos chilenos por Dólar estadounidense
ENAP	Empresa Nacional del Petróleo
VAN	Valor Actual Neto
\$/lt	pesos por litro
kgCO ₂ /l	Kilogramos de Dióxido de Carbono por litro

ÍNDICE GENERAL

Resumen.....	i
Abstract	ii
Glosario.....	iii
Índice General	iv
Índice de Figuras	vi
Índice de Tablas	viii
Introducción	ix
Objetivos	x
Objetivo General	x
Objetivos Especificos	x
Capitulo 1: La Minería en Chile.....	1
1.1 Recursos	4
1.2 Desafíos de la minería	5
1.3 Mina a rajo abierto	15
1.4 Equipamiento Minero.....	16
1.4.1 Camiones fuera de carretera	16
Capitulo 2: Sistema S&S.....	18
2.1 Funcionamiento.....	19
Capitulo 3: Sistema S&S en la minería	23
3.1 Identificando las situaciones de Lucro Cesante	23
3.2 Potencial de ahorro.....	25
3.3 Análisis deterministico	27

3.4 Elasticidad del precio del combustible	31
3.5 Disminución de Emisiones	32
3.6 Riesgos tecnológicos	33
3.6.1 Vida útil de baterías.....	33
3.6.2 Vida útil de motores de partida	33
3.6.3 Alcalinidad del aceite	33
3.7 Método opcional de venta	34
Conclusiones	35
Referencias	36
Anexos	38
Anexo A: Datos técnicos de los camiones considerados.....	38
Anexo B: Potencial estimado de tiempo	44
Anexo C: Potencial estimado de litros	45
Anexo D: Potencial estimado en USD	46
Anexo E: Informe semanal variaciones de precios de combustibles 23 de Septiembre 2015	47
Anexo F: Inversión en base a los años esperados de retorno y potencial supuesto	49
Anexo G: VAN en función del valor del kit.....	50
Anexo H: Tabla de precios de paridad	54
Anexo I: Potencial reducción de emisiones.....	57

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Inversión de la minería y participación en el total país 2008 -2013.....	1
Figura 2. Empleo de la minería y participación en empleo total país 2010 -2015	2
Figura 3. Exportaciones mineras y participación en total 2003 -2015	2
Figura 4. PIB del sector minero y su participación en el PIB nacional 2003 -2015	3
Figura 5. Participación de la minería en el PIB de regiones del centro-norte 2013	3
Figura 6. Composición de las exportaciones mineras por tipo de mineral 2014	4
Figura 7. Costos en la minería del Cobre en Chile y en el mundo 2003 - 2013	5
Figura 8. Producción y precio del cobre 2003 - 2015	6
Figura 9. Leyes del mineral en la minería del cobre en Chile 2002 - 2013.....	6
Figura 10. Distribución de la extracción de agua fresca por destino 2014.....	7
Figura 11. Extracciones de agua en regiones de Tarapacá a O'Higgins 2013.....	7
Figura 12. Tasa de recirculación de agua en proceso de concentración de cobre 2009 - 2013	8
Figura 13. Consumo de energía eléctrica de la minería del cobre y participación en el consumo país 2003 - 2013	10
Figura 14. Consumo de combustible en la minería del cobre y participación en el consumo de combustible del país 2003 - 2013.....	11
Figura 15. Tasa de accidentabilidad por actividad económica 2014	12
Figura 16. Tasa de mortalidad por actividad económica 2014.....	13
Figura 17. Tasa de fatalidad en minería 2003 - 2015	13
Figura 18. Emisiones de GEI directos por proceso en minería Chilena 2001 - 2013.....	14
Figura 19. Produccion de cobre en Chile por tipo de yacimiento 2003 - 2013	15
Figura 20. Distribución de camiones fuera de carretera en Chile por marca 2013.[7]	17

Figura 21. Distribución de los 4 camiones fuera de carretera más usados en Chile por mina.....	17
Figura 22. Partes que utiliza el sistema Start&Stop[9].....	19
Figura 23. Unidad de mando del sistema Start&Stop. [9].....	20
Figura 24. Convertidor de corriente continua a continua. [9].....	20
Figura 25. Motor de arranque Start&Stop[9]	20
Figura 26. Alternador Start&Stop [9].....	21
Figura 27. Sensor de batería [9]	21
Figura 28. Diagrama Procedimiento Operacional del sistema Start&Stop para minería.....	23
Figura 29. Tiempo en horas anuales por camión aprovechado versus minuto de apagado de motor tras detención del vehículo.....	25
Figura 30. Potencial de ahorro en litros de diesel anual por camión versus minuto de apagado de motor tras detención del vehículo.	26
Figura 31. Potencial de ahorro en USD anual por camión versus minuto de apagado de motor tras detención del vehículo.....	26
Figura 32. Potencial de ahorro en USD anual por camión versus minuto de apagado de motor tras detención del vehículo.....	27
Figura 33. Inversión en base a los años esperados de retorno, el potencial anual supuesto por camión y costo capital 15%.	28
Figura 34. VAN en función del valor del kit para un potencial de ahorro de USD 5.500 anual por camión con distintos años de evaluación.	29
Figura 35. VAN en función del valor del kit para un potencial de ahorro de USD 8.000 anual por camión con distintos años de evaluación.	29
Figura 36. VAN en función del valor del kit para un potencial de ahorro de USD 10.000 anual por camión con distintos años de evaluación.	30
Figura 37. VAN en función del valor del kit para un potencial de ahorro de USD 12.500 anual por camión con distintos años de evaluación.	30

Figura 38. Variación precio diesel durante el tiempo.....31

Figura 39. Potencial de reducción anual generado por camión de emisiones de CO2 versus minuto de apagado de motor tras detención del vehículo.32

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Producción y reservas en Chile 2014. 4

Tabla 2. Brechas de capital humano estimadas el 2011 para la minería en Chile 2012 - 2014.[4] 9

Tabla 3. Distribución camiones fuera de carretera en Chile por marca.[7]16

Tabla 4. Factores de emisión para combustibles de vehículos[16].32

INTRODUCCIÓN

La minería hoy en día es una industria altamente competitiva, que constantemente busca medios para disminuir sus elevados costos de producción. Debido al gran tamaño de esta industria y el nivel de inversión que esta presenta es que la disminución de una pequeña fracción de estos costos puede significar millones de dólares.

La empresa Robert Bosch GmbH vio una oportunidad en los costos energéticos, específicamente de consumo de combustible de los camiones fuera de carretera, hay tiempos de lucro cesante los cuales son muy difíciles de disminuir debido a la alta incertidumbre de la ocurrencia de eventos en el proceso de extracción de mineral en las minas de rajo abierto. Durante estos tiempos los camiones permanecen encendidos generando altos consumos debido al gran tamaño de sus motores, lo que va de la mano con elevadas emisiones de Gases de Efecto Invernadero, los que también son de gran preocupación para la minería, país y el mundo.

En este trabajo se buscará mostrar la situación nacional de la minería y así también cuales son las implicancias de aplicar esta tecnología llamada Start&Stop en los camiones fuera de carretera, pudiendo entonces la industria minera tomar decisiones en base a lo que estime conveniente para sus realidad.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

El objetivo general de este trabajo de titulación es desarrollar un modelo de negocios para la empresa BOSCH que permita introducir el sistema Start&Stop (S&S) en la industria Minera en Chile, específicamente en los camiones mineros de alto tonelaje. El modelo deberá contemplar el interés de los usuarios, desarrollo de la ingeniería a nivel conceptual y el soporte técnico general necesario (after-market).

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Identificar y cuantificar los parámetros de operación del sistema actual de transporte de mineral, en particular los tiempos de espera y de los consumos de combustible de los camiones en la faena.
- Dimensionar el impacto de la implementación del sistema S&S en las áreas críticas en la gestión de transporte de la industria minera.
- Seleccionar todos los componentes necesarios para adaptar el sistema S&S a los camiones mineros y estimar los tiempos y costos de implementación.
- Dimensionar los suministros de repuestos en base a los parámetros de desgaste generados por esta tecnología correspondiente al sistema eléctrico de los camiones como baterías, motor de partida, alternadores, entre otros.
- Evaluar el impacto económico en base a los CAPEX y OPEX determinados que implicaría para una industria Minera en Chile la implementación de esta tecnología.

CAPITULO 1: LA MINERÍA EN CHILE

Al considerar la magnitud de los aportes que entrega la minería a la producción país ya sea por la alta participación que hace al PIB, ser el sector que capta mayor inversión extranjera directa, representar el 50% de las exportaciones país o el gran número de empleos que se presentan para satisfacer las necesidades de este rubro es que podemos decir que Chile es un país minero.

La minería ha llegado a ser una actividad que más allá de los ingresos que entrega, nos representa, es parte de nuestra cultura, se desarrolla en gran parte de Chile a lo largo de su historia.

En Chile la minería se centra principalmente en la extracción del cobre, debido a que es el lugar del mundo donde se encuentran las mayores concentraciones conocidas del planeta y a su vez cuenta con las reservas más grandes, alcanzando a ser un 30% de las mundiales. Además un 80% de la producción viene de yacimientos los cuales contienen molibdeno, oro y plata que se extraen como subproducto.

En el siguiente gráfico se aprecia cómo la inversión en la minería ha ido en aumento alcanzando más del doble desde el 2008 al 2013 y también representando un mayor porcentaje del total de inversiones hechas en el país.

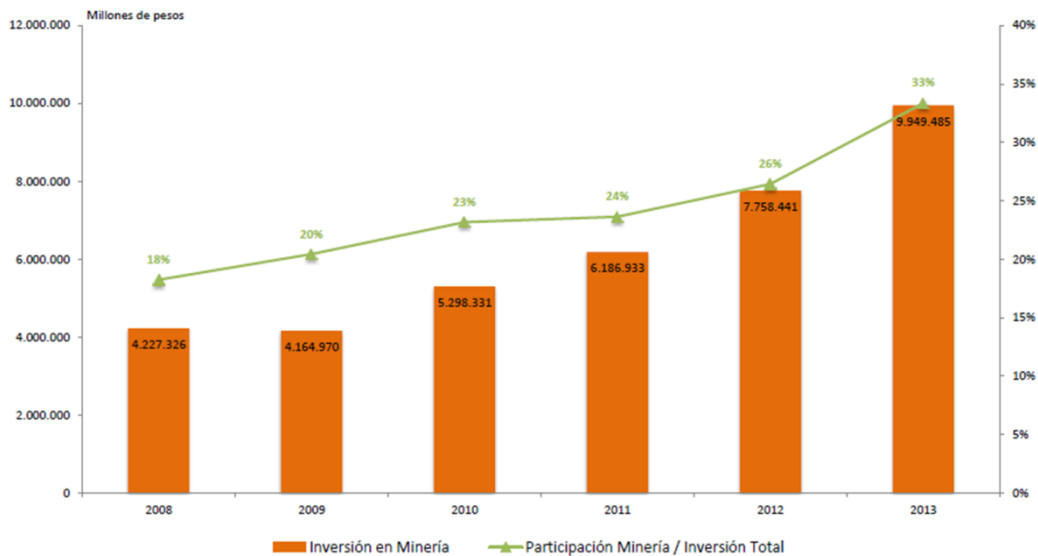


Figura 1. Inversión de la minería y participación en el total país 2008 -2013

Fuente: Consejo Minero a partir de información del Banco Central de Chile.[1]

En el siguiente gráfico se encuentran los empleos que implican a la minería de forma directa como indirecta y su comparación con los empleos total país, se puede ver que los empleos que entregan los servicios solicitados por la industria generan un valor que en conjunto se han encontrado siempre sobre el 10% de los empleos totales en Chile, una cifra muy alta considerando que refiere a un solo rubro.

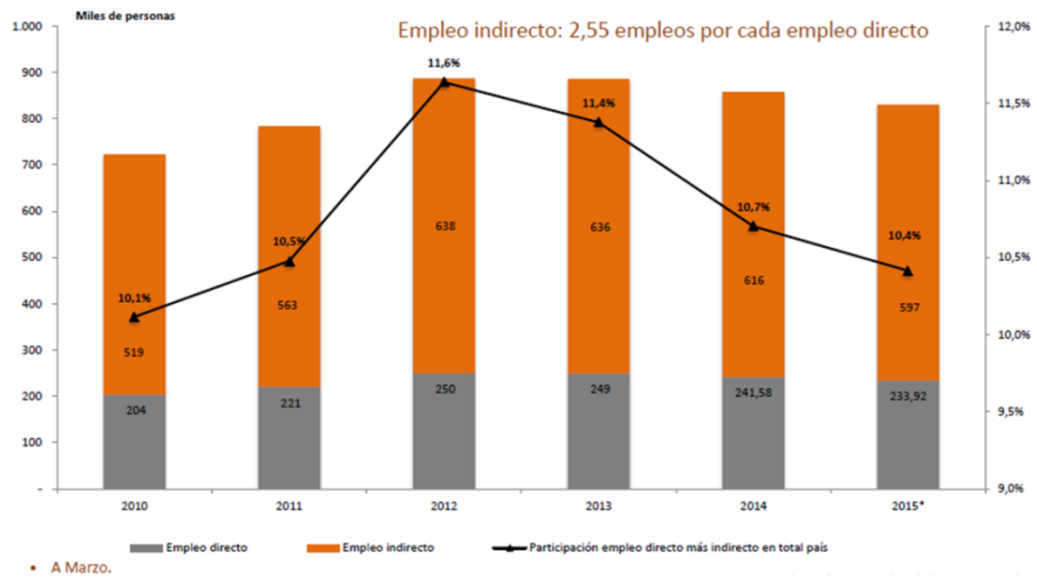


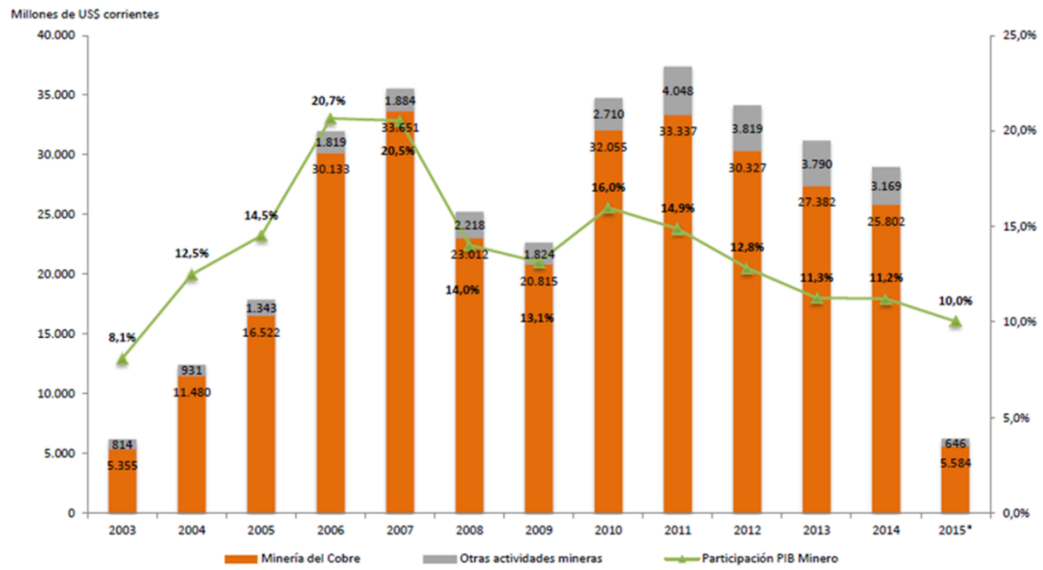
Figura 2. Empleo de la minería y participación en empleo total país 2010 -2015
Fuente: Consejo Minero a partir de información del INE y Cochilco.[1]

El próximo gráfico muestra las exportaciones mineras en millones de USD pero más allá de esta cantidad es el porcentaje que representa, más del 50% de las exportaciones país son por minería.



Figura 3. Exportaciones mineras y participación en total 2003 -2015
Fuente: Consejo Minero a partir de información del Banco Central de Chile.[1]

En los próximos dos gráficos se muestra el PIB del sector minero y se compara con el nacional pudiendo apreciarse el gran porcentaje que este representa para el país, más aun considerando que este se concentra en la zona norte, para el país significa un 10% pero al separarlo por región se ve que para algunas como lo son Tarapacá, Antofagasta o Atacama representa más del 40%.



* Al primer trimestre del año.

Figura 4. PIB del sector minero y su participación en el PIB nacional 2003 -2015

Fuente: Consejo Mínero a partir de Información del Banco Central de Chile.[1]

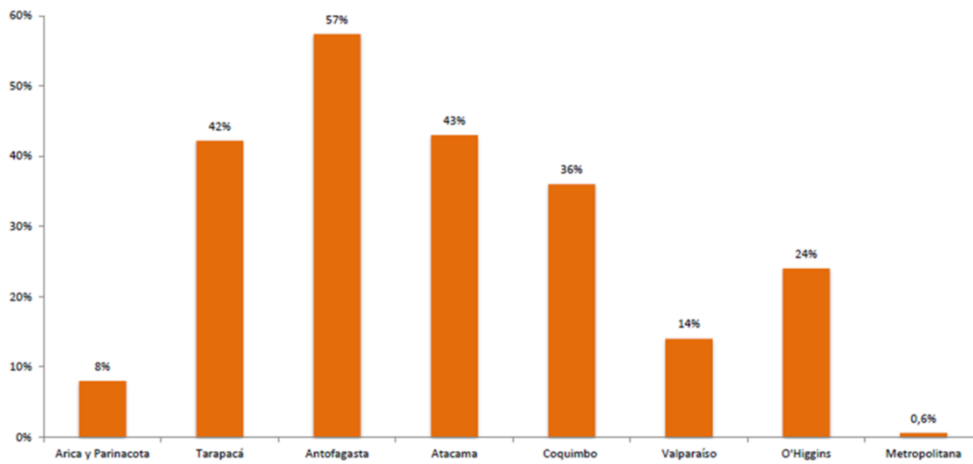


Figura 5. Participación de la minería en el PIB de regiones del centro-norte 2013

Fuente: Consejo Mínero a partir de Información del Banco Central de Chile.[1]

1.1 RECURSOS

Es sabido que en Chile el mineral mayormente explotado es el cobre llegando a ser el primer exportador de cobre en el mundo y como ya fue mencionado con el 30% de la reserva mundial, pero además de eso se explotan minerales como el oro, que se extrae principalmente en las regiones de Atacama y Coquimbo entre las cuales suman el 85% de la producción nacional, manganeso, mineral metálico que cuenta con reservas en las regiones de Antofagasta, Atacama y Metropolitana y su producción es cubierta en un 86% por la región de Coquimbo, hierro, que cuenta con reservas estimadas en 2000 millones de toneladas métricas y alrededor de un 55% cuenta con una ley considerada favorable para su explotación, plata, la cual un 75% proviene de la minería del cobre y alcanza el tercer lugar de producción en Latinoamérica, además se cuenta con minería de no metales entre los cuales se encuentran carbón, caliza, salitre, yodo, azufre, entre otros más de 20 minerales distintos.[2]

A continuación se presenta una tabla en la cual se puede apreciar la magnitud de la extracción minera de los principales minerales explotados en el país y su comparación con la minería a nivel mundial. Junto a un gráfico que muestra las exportaciones de la minería en términos monetarios recalcando nuevamente su importancia.

	Producción en Chile	Participación en la producción mundial	Ranking en la producción mundial	Participación en reservas mundiales
Cobre	5,74 millones de TM	31%	1	30%
Oro	44,16 TM	2%	14	7%
Plata	1.426 TM	6%	7	15%
Molibdeno	48,77 mil TM	21%	3	16%

Tabla 1. Producción y reservas en Chile 2014.

Fuente: Consejo Minero a partir de información del Servicio Geológico de EE.UU. y de Cochilco.[1]

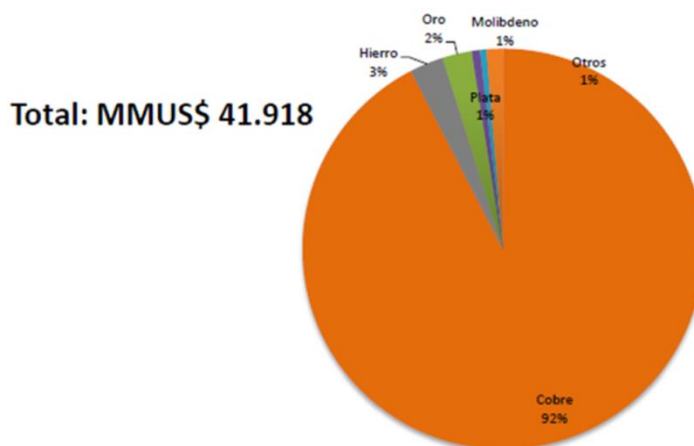


Figura 6. Composición de las exportaciones mineras por tipo de mineral 2014

Fuente: Consejo Minero a partir de Información del Banco Central de Chile.[1]

1.2 DESAFÍOS DE LA MINERÍA

Hubo un momento en la historia de la minería en Chile que se centraba en producir, los costos de producción no superaban las ganancias y las normas no eran un desafío, pero hoy en día las cosas han cambiado, los costos son más elevados y las normas más severas. A continuación se presentan los desafíos que se imponen hoy en día separándolos en lo que es competitividad y lo que es sustentabilidad.

1.2.1 COMPETITIVIDAD

Durante muchos años la minería presentó beneficios que iban muy por sobre los costos de producción, es más, la minería chilena tenía una competitividad que se encontraba más de un 10% por sobre el promedio del resto del mundo, pero el año 2003 este dato cambió y Chile se encontraba bajo la competitividad mundial, esto debido a distintas variables, la ley del cobre es cada año más baja, obtener agua para los distintos procesos cada día es más difícil y más caro, las minas se alejan de las zonas urbanas implicando que los trabajadores piden más beneficios y mayores sueldos y la energía es un tema país, se aprueban menos proyectos y la energía es más cara.

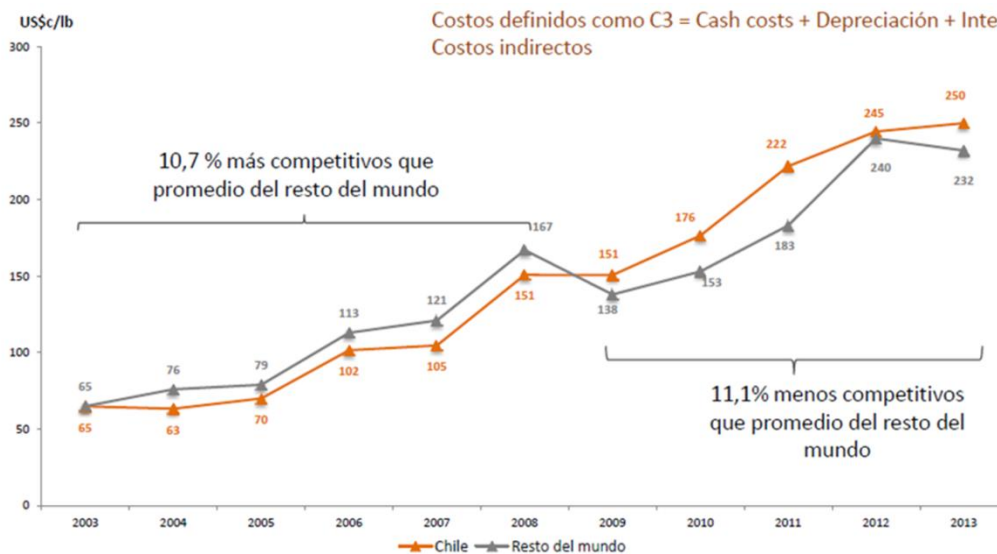
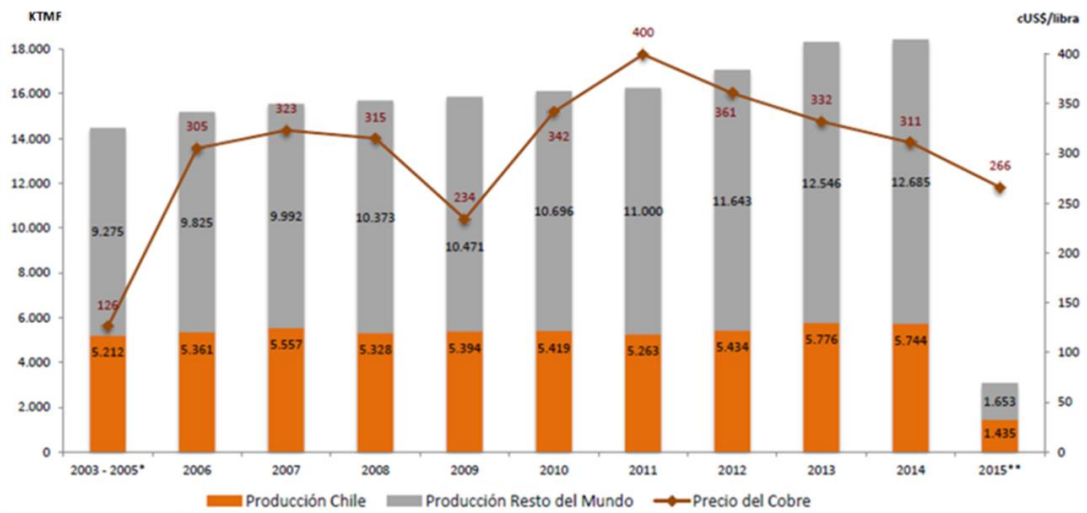


Figura 7. Costos en la minería del Cobre en Chile y en el mundo 2003 - 2013

Fuente: Consejo Minero a partir de Información de Cochilco.[1]

Mientras la producción se ha mantenido en cierta manera constante en Chile, a nivel mundial ha tendido a aumentar independiente de los cambios en el precio del cobre, el cual siempre se presenta variando de forma incierta, es por eso que esta industria debe estar siempre preparada para todo tipo de crisis.



Nota: corresponde a producción de cobre de mina.

* Promedio anual período 2003 – 2005.

** Acumulado a Marzo para producción Chile, a Febrero para producción mundial y promedio del precio del cobre a Abril.

Figura 8. Producción y precio del cobre 2003 - 2015
Fuente: Consejo Minero a partir de Información de Cochilco.[1]

1.2.1.1 BAJA LEY DEL COBRE

Una de las principales influyentes en el aumento de los costos de producción en Chile es la baja que ha tenido la ley del cobre bajando desde 1,13 en 2002 a 0,7 en 2013 en 11 años la cantidad de cobre que tiene cada roca extraída en la minería disminuyó como promedio en un 38% lo que significa extraer y procesar un 61% más de material para obtener la misma cantidad de cobre fino, por lo que encontrar nuevas fuentes con mayor ley se vuelve un desafío.

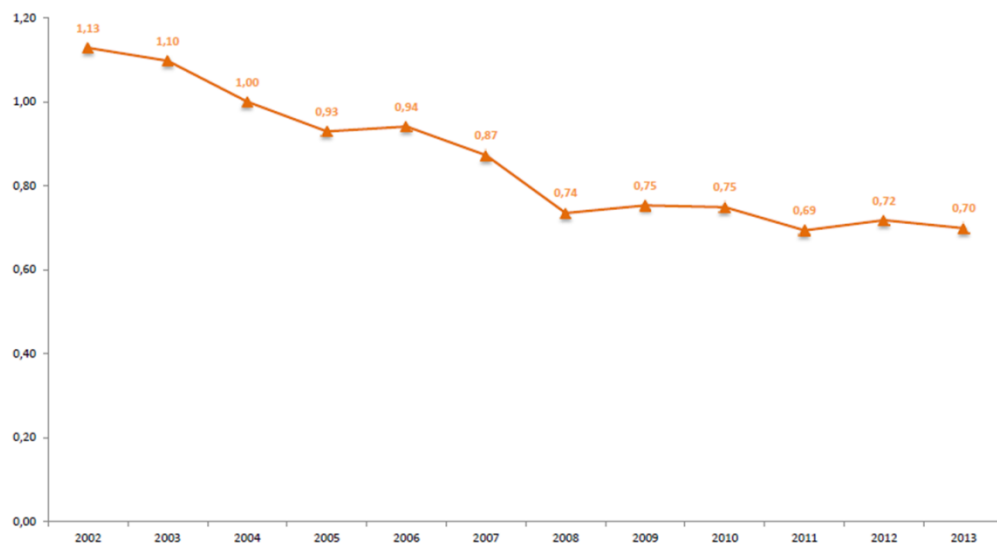


Figura 9. Leyes del mineral en la minería del cobre en Chile 2002 - 2013
Fuente: Consejo Minero a partir de Información de Cochilco.[1]

1.2.1.2 AGUA

La minería requiere de agua para distintos sectores, ya sea en los campamentos y servicios, la misma mina como riego de caminos para reducir el polvo, las plantas de concentración en los procesos de chancado, molienda, flotación, clasificación y espesamiento o los plantas de lixiviación en las cuales la aplicación del ácido sulfúrico se aplica con agua.

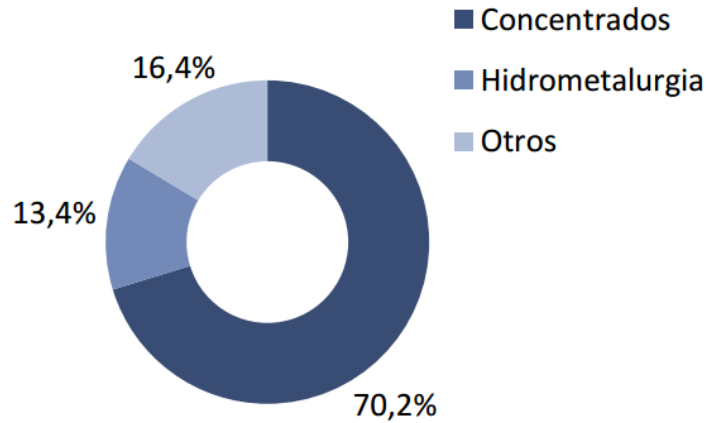


Figura 10. Distribución de la extracción de agua fresca por destino 2014
Fuente: Cochilco.[3]

A nivel mundial la disponibilidad de agua ha ido disminuyendo debido a varios factores como la contaminación, la sobrepoblación, el riego excesivo, el mal uso y el creciente ritmo de consumo. La minería al encontrarse principalmente en la zona norte del país se ve mayormente afectada, ya que es la zona del país que presenta mayor escases de agua.

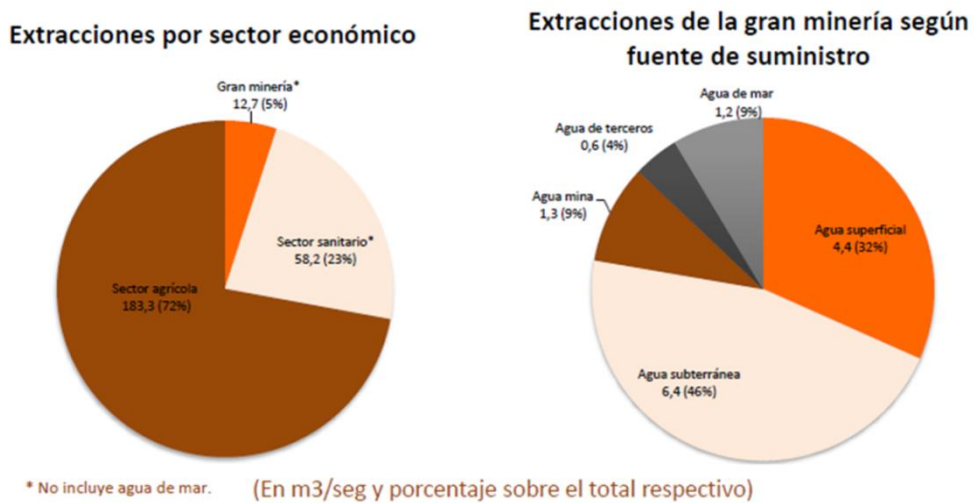


Figura 11. Extracciones de agua en regiones de Tarapacá a O'Higgins 2013
Fuente: Consejo Minero.[1]

En el gráfico se puede apreciar que la minería no representa el mayor consumidor de agua dulce pero sin duda no puede ser una prioridad sobre el sector agrícola y sanitario por lo que el desafío va más allá de simplemente encontrar agua si no que aprovechar más la que ya se dispone, ya sea con tecnologías que permitan aprovechar el agua de mar, la que según muestra el gráfico alcanzaba el 9% en 2013, economizar agua en los procesos, recirculación de agua, etc.

A continuación se puede ver un gráfico que muestra la evolución de la tasa de recirculación de agua de las regiones de Tarapacá a O'Higgins en proceso de concentración, el cual según se mostró anteriormente representa un 70% del agua utilizada en minería.

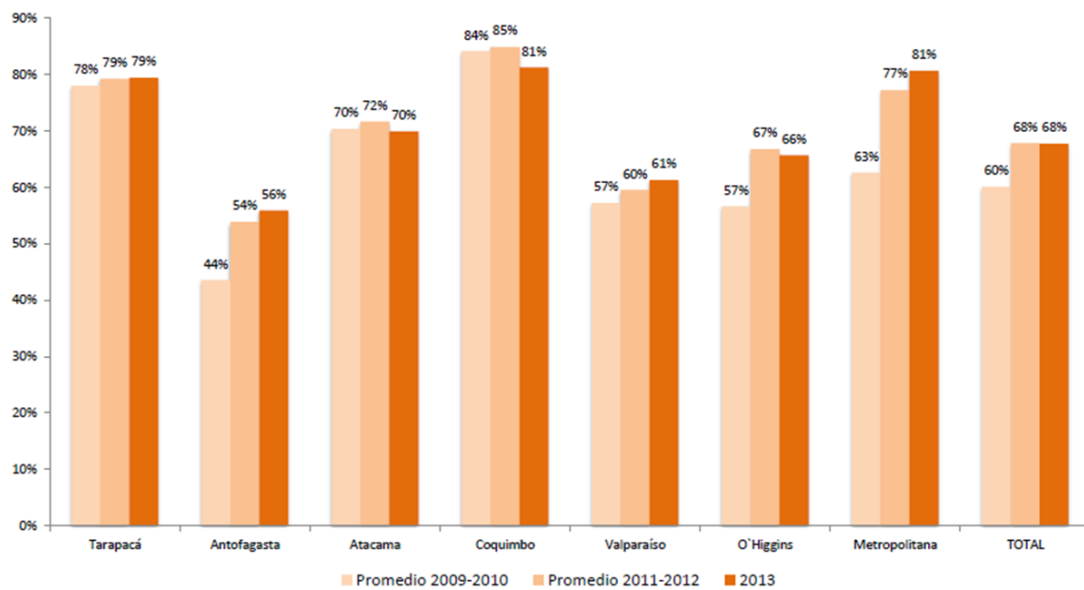


Figura 12. Tasa de recirculación de agua en proceso de concentración de cobre 2009 - 2013

Fuente: Consejo Minero a partir de información de Cochilco.[1]

La tendencia general es a aumentar la recirculación del agua desde el año 2009 al 2013 y según muestran las cifras, es un alto porcentaje, llegando a estar por sobre el 50% en las regiones mineras del país.

1.2.1.3 DEFICIT LABORAL

El desarrollo de nuevos proyectos en la minería también genera nuevos puestos de trabajo, los cuales se espera sean ocupados por gente calificada, el año 2011 el Consejo Minero presentó un informe que evaluaba la brecha de trabajo que se presentarían hasta ahora 2015 y desarrolló un plan de contingencia para resolver problemas de corto plazo ligados a la puesta en marcha y operación de nuevos proyectos, el cual tenía como objetivos asegurar la cantidad de personas calificadas para cubrir la brecha y que esta calificación sea la requerida por la minería.[4]

A continuación se presentan las brechas de capital humano que se han de haber cubierto entre los años 2012 y 2015 en la gran minería

	Stock 2011	Brechas				
		2012	2013	2014	2015	Total
Operadores	34945	1214	723	5854	4782	12573
Mantenedores	18992	703	444	3260	2649	7056
Supervisores	6636	67	-105	774	437	1278
Profesionales	5279	-123	-273	419	140	559

Tabla 2. Brechas de capital humano estimadas el 2011 para la minería en Chile 2012 - 2014.[4]

Se cita una conclusión del mismo documento: “Considerando la actual escasez de mano de obra calificada que caracteriza al sector, los elevados costos que representa para las empresas mineras no poner en marcha sus nuevos proyectos a tiempo por atrasos en la contratación de sus equipos humanos y la probabilidad de que (por diversas razones) cierto porcentaje de las personas que la presente estrategia aporte no termine trabajando en la gran minería, se propone como meta de tal estrategia el aportar, cada año, recursos humanos equivalentes al 150% de las brechas previstas”. [4]

Al comparar el aumento en las inversiones de nuevos proyectos con las que se hicieron en el año del proyecto se puede concluir que estas brechas van a seguir aumentando por lo que también deberán hacer planes de contingencia para cubrir las nuevas brechas generadas y atraer a la minería personas calificadas.

1.2.1.4 ENERGÍA

La industria minera es la industria que mayor demanda energía eléctrica en Chile ocupando más del 30% del consumo del país. El crecimiento e inversión en nuevos proyectos van de la mano con el aumento en la demanda energética, en el siguiente gráfico se puede apreciar como el consumo energético aumento desde el año 2003 al 2013, pero Chile al ser un país minero, su crecimiento implica el crecimiento del país aumentando así la demanda general permaneciendo así la participación en el consumo general relativamente constante.

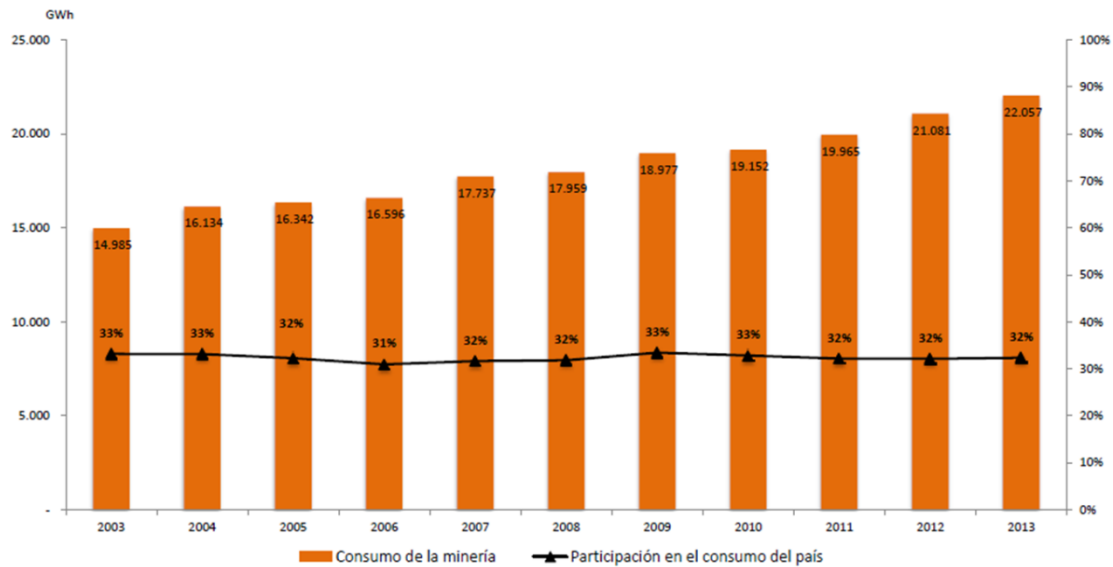


Figura 13. Consumo de energía eléctrica de la minería del cobre y participación en el consumo país 2003 - 2013

Fuente: Consejo Minero a partir de información de Cochilco, CDEC-SING y CDEC-SIC.[1]

Cochilco en su proyección del consumo de electricidad en la minería del cobre 2014 – 2015 expresa: “Se estima, de acuerdo al consumo esperado de electricidad, que para satisfacer la demanda esperada de la minería del cobre, se requeriría agregar una capacidad de generación eléctrica de 2.500 MW en el período 2015 – 2025, de las cuales 1.400 MW se estiman para el SING y 1.100 MW para el SIC”, especificando también que para el año 2025 se espera un consumo equivalente de 39,5 TWh, aproximadamente un aumento del 80% en el periodo 2014-2025, a una tasa de 5,5% anual.[5]

La otra parte del desafío energético se presenta con el consumo de combustibles y es el desafío al cual la tecnología presentada en esta memoria hace su mayor enfoque. El consumo de combustible va principalmente ligado al material extraído, ya que la mayor parte del combustible es utilizado en la minería a rajo abierto para el movimiento de vehículos pesados y así como el consumo de combustible va de la mano con el material extraído es que este tiene directa relación con los costos de producción.



Figura 14. Consumo de combustible en la minería del cobre y participación en el consumo de combustible del país 2003 - 2013

Fuente: Consejo Minero a partir de información del Ministerio de Energía y Cochilco.[1]

Se puede ver que el consumo de combustible para el año 2013 fue de 16.215 Teracalorías lo que equivaldría a más de 1.800.000 m³ de diesel con lo cual se puede entender que la disminución de un pequeño porcentaje del consumo generado por cualquier tecnología podría significar miles o incluso millones de litros de combustible al año.

1.2.2 SOSTENIBILIDAD

La sostenibilidad hace referencia al equilibrio que debe haber entre los aspectos económicos, ecológicos, sociales y políticos a lo largo del tiempo. Es un término ligado a la acción del hombre en relación a su entorno, sin dañar ni ser dañado por este, es por esto que se llega a los principales desafíos de sostenibilidad para la minería, que serían la seguridad y las emisiones de gases de efecto invernadero.

1.2.2.1 SEGURIDAD

Hoy en día la minería le da tanta prioridad a la seguridad como a la productividad en sus operaciones. Una clara muestra de esto es la tasa de accidentabilidad que el año 2014 se presentó como la tasa de accidentabilidad más baja dentro de las actividades económicas del país, 1,7 accidentes por cada 100 trabajadores, muy por debajo del promedio país equivalente a 5 accidentes por cada 100 trabajadores, esta es una tendencia que se ha visto mejora cada año y se espera siga mejorando.

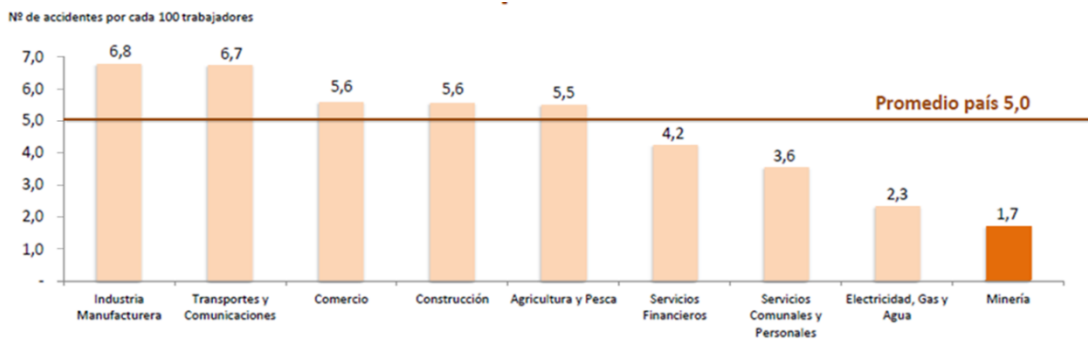


Figura 15. Tasa de accidentabilidad por actividad económica 2014

Fuente: Consejo Minero a partir de información de SUSESO.[1]

Distinto es para la tasa de mortalidad que aunque su tasa haya disminuido esta sigue presentándose como la segunda más alta dentro de las actividades económicas, el gran desafío yace ahí, en reducir las muertes que se presentan en la minería.

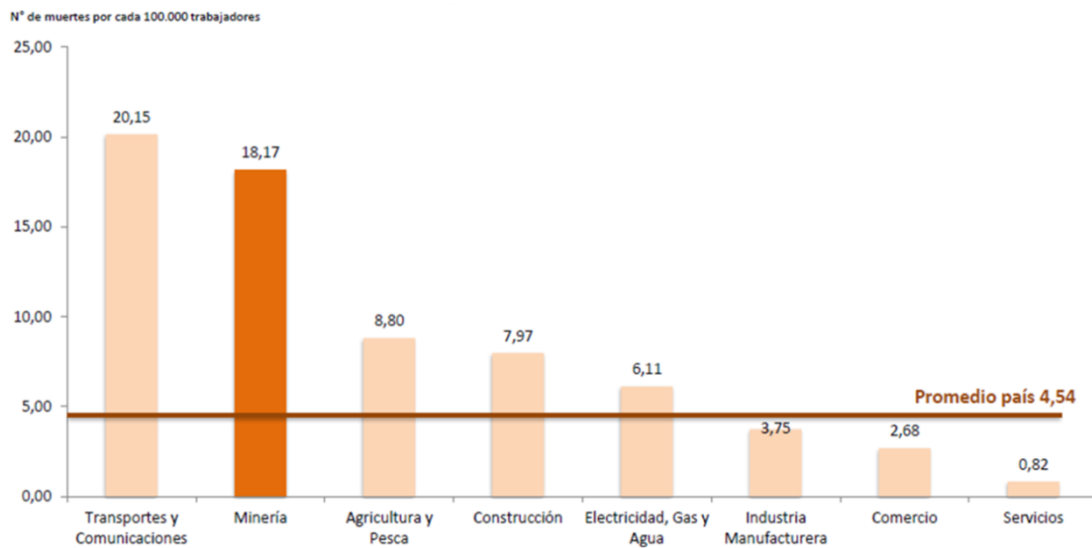


Figura 16. Tasa de mortalidad por actividad económica 2014
Fuente: Consejo Minero a partir de información de SUSESO.[1]

De hecho, se puede apreciar en el gráfico que desde el 2010 la tasa de fatalidad ha disminuido en dos terceras partes, desde 0,12 fatalidades por cada millón de trabajadores a 0,04.

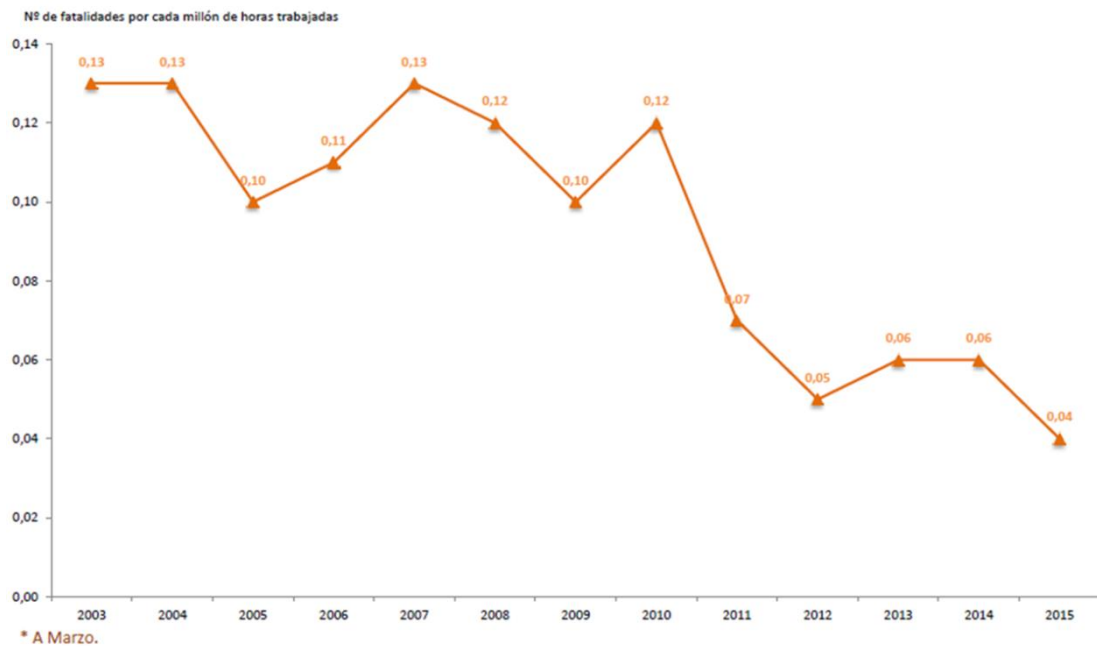


Figura 17. Tasa de fatalidad en minería 2003 - 2015
Fuente: Consejo Minero a partir de información de Sernageomin.[1]

1.2.2.2 EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO

A nivel mundial Chile presenta emisiones de efecto invernadero que consideradas bajas sin embargo estas incrementan a tasas de crecimiento muy altas por lo que hace vulnerable al fenómeno del cambio climático y la minería influye en gran parte, principalmente la mina a rajo abierto debido al uso de combustible en los camiones para acarreo de mineral.

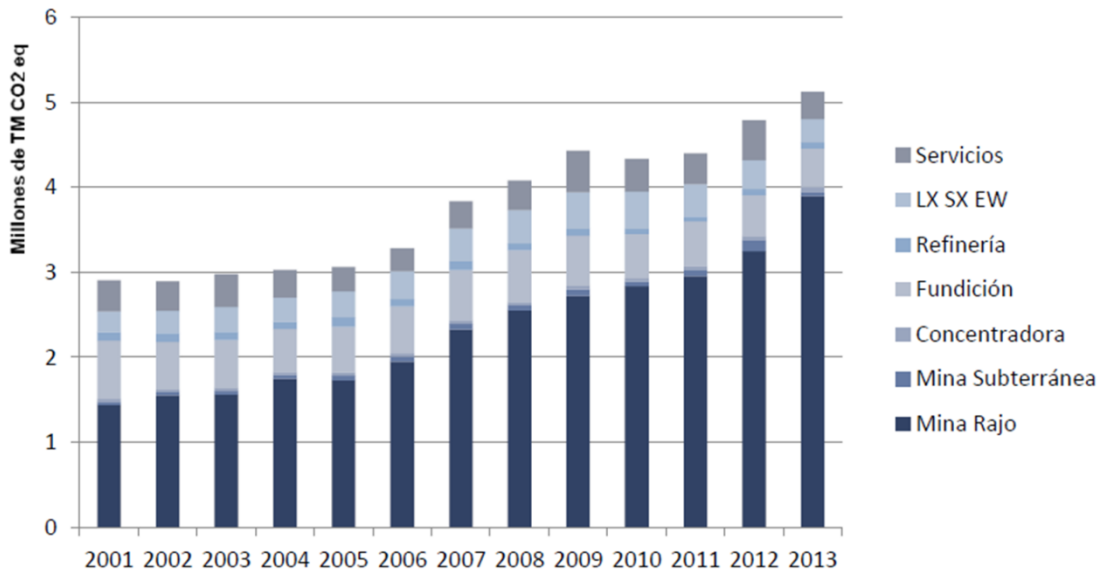


Figura 18. Emisiones de GEI directos por proceso en minería Chilena 2001 - 2013

Fuente: Cochilco.[6]

Se aprecia del gráfico como desde el año 2001 al 2005 el incremento de las emisiones en la minería fue mínimo pero desde el año 2005 al 2013 las emisiones aumentaron considerablemente, desde casi 3 millones de toneladas de CO₂ a más de 5 millones de toneladas lo que significa un aumento en las emisiones de más de un 60% en 8 años

Durante el año 2013, el área Mina Rajo representa el 76%, Fundición 8,8% y Servicios 6,3%, Lixiviación 5,4%, mientras que la Refinería, Concentradora y Mina Subterránea solo el 1%.

A continuación se cita una conclusión tomada de la actualización de la información sobre emisiones de gases de efecto invernadero directos en la minería del cobre al año 2013 de Cochilco: “Resulta necesario analizar las distintas opciones de combustibles con menor factor de emisión para la mina rajo, de manera de poder reducir las emisiones directas de GEI, o estudiar la implementación de tecnologías de eficiencia energética para el transporte en la minería” Informe GEI 2014.[6]

1.3 MINA A RAJO ABIERTO

La minería a rajo abierto es el tipo de minería en el cual se extrae el material de la superficie del terreno. Este método es diferente de la minería subterránea ya que no utiliza construcción de túneles para llegar al mineral. Las minas de rajo abierto se usan para extraer el mineral cuando este se encuentra cerca de la superficie o cuando el mineral que se quiere extraer no presenta las propiedades necesarias para hacer minería subterránea principalmente por la inestabilidad que presentaría al hacer túneles por esta.

Las minas a rajo abierto generalmente siguen creciendo hasta que se acaba el mineral o hasta que la extracción del mineral se vuelve poco rentable. Cuando se acaba el mineral estas minas suelen convertirse en vertederos, pero de seguir existiendo mineral explotable es posible que se transforme en una mina subterránea como se presentan en el proyecto de Chuquicamata explotación subterránea.

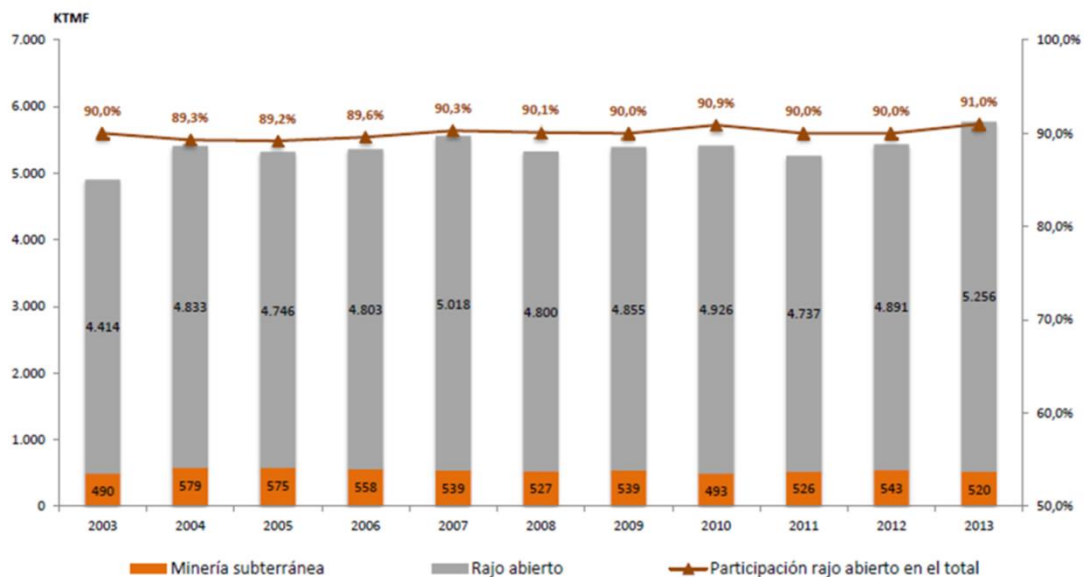


Figura 19. Producción de cobre en Chile por tipo de yacimiento 2003 - 2013

Fuente: Consejo Minero a partir de información de Cochilco.[1]

En Chile la gran mayoría de la explotación del mineral es a rajo abierto, en el gráfico anterior se presenta la producción de cobre en Chile por tipo de yacimiento desde el año 2003 al 2013 y podemos ver que la proporción no se ha visto variada, siendo alrededor de 90% la producción por rajo abierto. Considerando que el cobre, como se vio anteriormente, representa más del 90% de las exportaciones, este es un dato representativo para todo lo que es minería en Chile.

1.4 EQUIPAMIENTO MINERO

La industria minera es muy dependiente de su maquinaria pesada, en general los procesos mineros funcionan durante todos los días del año las 24 horas del día por lo que la alta disponibilidad y utilización de estos equipos es indispensable en la industria, cualquier falla o ineficiencia se ve reflejada en la producción y los costos de operación por lo que es indispensable contar con todo el equipamiento necesario y en óptimas condiciones.

Considerando la explotación de una mina a rajo abierto, entre los principales equipamientos mineros se encuentran: Perforadoras de Superficie, Palas de Carguío, Cargadores Frontales, Camiones Livianos, Camiones Fuera de Carretera, Camiones Utilitarios (Camión pluma, Camión mixer, Camión combustible, Camión alije, Camión, grúa, etc.), Equipos de Apoyo (Motoniveladora, Bulldozer, Excavadora, Retroexcavadora, Wheeldozer, etc.).[7]

El principal equipamiento minero hacia el cual está enfocada esta tecnología es el camión fuera de carretera, por su alto consumo y sus horas de operación que son las más altas entre el equipamiento, pero en un futuro se podría estudiar la implementación de la tecnología para otro tipo de equipos.

1.4.1 CAMIONES FUERA DE CARRETERA

Este camión es usado en la minería a rajo abierto, se utiliza para el transporte de material y su capacidad es muy variable, pudiendo llegar hasta las 450 toneladas en el camión más grande. Estos camiones acostumbran tener transmisión diésel-eléctrica, un motor diésel que a través de un alternador alimenta los motores que se encuentran en cada rueda del camión

El parque de estos equipos en el mercado chileno está básicamente dominado por dos grandes marcas que son Caterpillar con un 52% seguido por Komatsu con un 44%. El porcentaje restante es principalmente equipos de la marca Liebherr con un 4% de participación.

Marca	Cantidad
Caterpillar	824
Komatsu	693
Liebherr	67
Otros	8
TOTAL	1592

Otros: Wabco, Western Star

Tabla 3. Distribución camiones fuera de carretera en Chile por marca.[7]

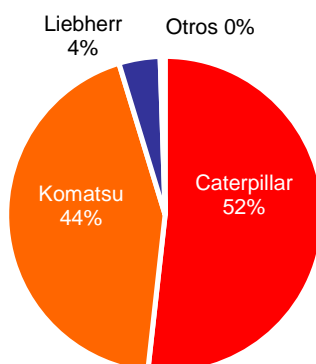


Figura 20. Distribución de camiones fuera de carretera en Chile por marca 2013.[7]

Los principales modelos en los cuales Bosch considera habrá un mayor potencial para trabajar son el Komatsu 830E, Komatsu 930E, Caterpillar 789 y Caterpillar 793, su distribución en el mercado se puede apreciar en los gráficos que se muestran a continuación:

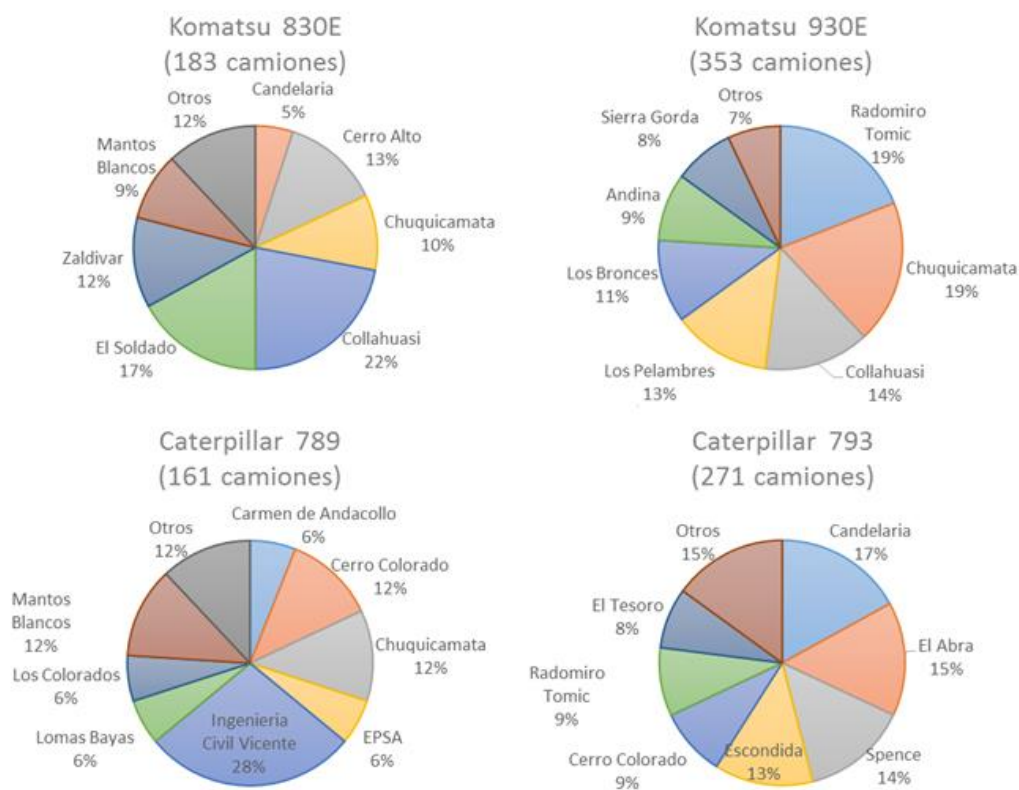


Figura 21. Distribución de los 4 camiones fuera de carretera más usados en Chile por mina
Fuente: Catastro de Equipamiento Minero 2013/14[7] actualizado con datos de Robert Bosch.

Las especificaciones técnicas e información más detallada se pueden encontrar en el Anexo A o en su respectiva fuente.

CAPITULO 2: SISTEMA S&S

El sistema Start&Stop es un sistema diseñado con la intención de ahorrar combustible y disminuir las emisiones apagando el motor en aquellos momentos que el vehículo se encuentra detenido y el motor se encuentra en ralentí, enfocándose en un principio en los vehículos de calle se interpretaría como los momentos que el auto se detiene en una luz roja o en un atasco

Desde el año 2007 Bosch viene desarrollando el sistema Start&Stop. Los primeros interesados fueron BMW a quienes se les suministraron los primeros motores de arranque, especialmente diseñados para este sistema y que hacían posible el encendido del motor con tan solo pisar el embrague o el acelerador.

En 2008 ya el 5% de los automóviles de pasajeros en Europa estaban equipados con esta tecnología.

Las pruebas comparativas que han realizado los ingenieros de desarrollo de Bosch demuestran que el sistema Start&Stop reduce hasta un 5% las emisiones de CO₂ y el consumo de combustible, según el nuevo ciclo europeo de conducción (NEFZ). En ciudad, se logra una reducción entre el 8 y el 15%.

El sistema Start&Stop apaga el motor automáticamente cuando se produce algunas de estas condiciones: detención del vehículo, velocidad por debajo de los 3 km/h, cuando la caja de cambios está en punto neutro o el pedal del embrague no esté presionado y en caso de que no se haya comenzado a girar el volante. El motor arrancará automáticamente en respuesta a la acción del conductor cuando detecte el engranaje de una velocidad y el pedal de embrague esté pisado en un 90% o cuando desde punto neutro se pisa un 10% el pedal del acelerador.

Para que el sistema garantice una operación segura tanto para el vehículo, como para el conductor, el sistema constantemente está monitoreando algunos parámetros como: temperatura del motor, estado de carga de las baterías, velocidad de giro del motor, etc. Si alguna de estas condiciones no cumple con los rangos definidos, el sistema no actuará.

Bosch ha aumentado considerablemente el ciclo de vida útil del motor de arranque específico para éste sistema, para que pueda realizar un mayor número de arranques. El potente motor eléctrico, así como su silenciosa mecánica de una vía garantizan en todas las situaciones un arranque rápido y seguro para el motor.

[8]

2.1 FUNCIONAMIENTO

A continuación se presentan las distintas partes que utiliza el sistema Start&Stop para su funcionamiento.

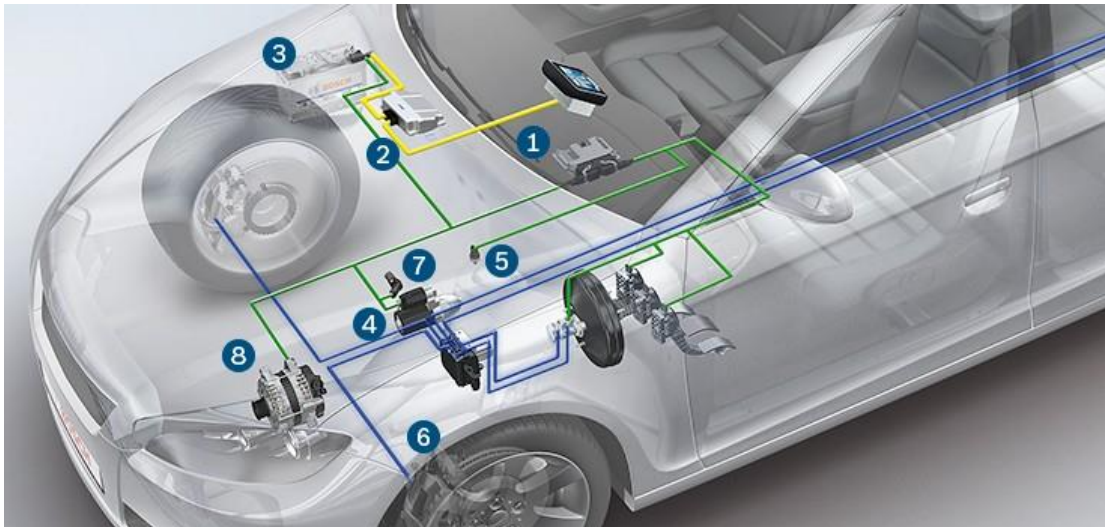


Figura 22. Partes que utiliza el sistema Start&Stop[9]

- 1) Unidad de control del motor con software Start&Stop
- 2) Convertidor CC/CC 12 Volts
- 3) Batería y sensor de batería
- 4) Motor de partida
- 5) Sensor de posición neutral
- 6) Sensor de velocidad de la rueda
- 7) Sensor del cigüeñal
- 8) Alternador con recuperador de energía por freno

En detalle tenemos

Unidad de control del sistema Start&Stop: A diferencia de las unidades de control del motor convencionales, las unidades de mando para los sistemas Start&Stop disponen de interfaces adicionales para el motor de arranque así como para el sensor de batería, cigüeñales, revoluciones de rueda y de marcha neutral. Un software especial analiza los datos enviados por los sensores, coordinando de esa manera la función Start&Stop.[9]



Figura 23. Unidad de mando del sistema Start&Stop. [9]

Convertidor CC/CC: Al accionar el motor de arranque cae brevemente el nivel de tensión del sistema eléctrico del vehículo. Esto puede perjudicar el funcionamiento de los equipos electrónicos, por ejemplo, interrumpiendo la recepción de radio o cancelando el sistema de navegación. El convertidor de continua a continua (convertidor CC/CC) evita estas pérdidas de confort estabilizando la tensión al arrancar el motor. [9]

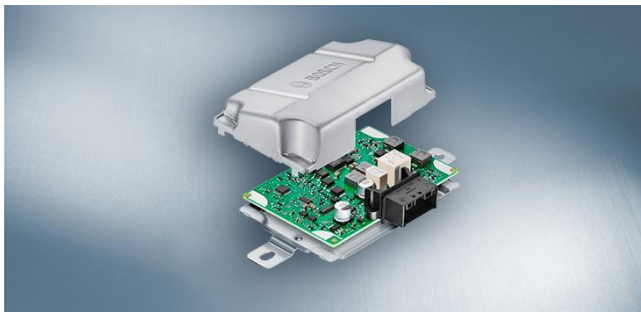


Figura 24. Convertidor de corriente continua a continua. [9]

Motor de arranque: El número de arranques que pueden efectuarse con el motor de arranque, es decir, su vida útil, se incrementó notablemente para esta aplicación especial. El diseño optimizado posibilita que el motor de arranque resista los arranques frecuentes durante la vida útil del vehículo. [9]



Figura 25. Motor de arranque Start&Stop[9]

Alternador Start&Stop: El alternador Efficiency Line es ideal para los sistemas Start/Stop por su potencia especialmente alta. Los alternadores Efficiency Line son particularmente eficientes con un número bajo de revoluciones del motor, ya que la alta potencia del alternador permite una carga rápida de la batería. Por tanto, la batería se recarga de manera muy rápida y suficiente después de cada parada para posibilitar un nuevo arranque, sin que la potencia del vehículo resulte afectada. [9]



Figura 26. Alternador Start&Stop [9]

Sensores: Una red de diferentes sensores del vehículo transmite a la unidad de mando los datos del estado actuales. Estos permiten un control óptimo de la función Start/Stop.[9]

- El sensor de marcha neutral muestra si una marcha está puesta.
- El sensor de velocidad de rueda identifica la dirección del giro y cuándo se para la rueda.
- El sensor inteligente del cigüeñal informa de la actividad del motor.
- El sensor de presión diferencial para el amplificador de la fuerza de frenado controla la presión del mismo durante la fase de parada, para arrancar el motor en caso de caída de presión. De esa forma se asegura la amplificación de fuerza de frenado.
- El sensor electrónico de la batería (EBS) controla el estado de la potencia de la batería.

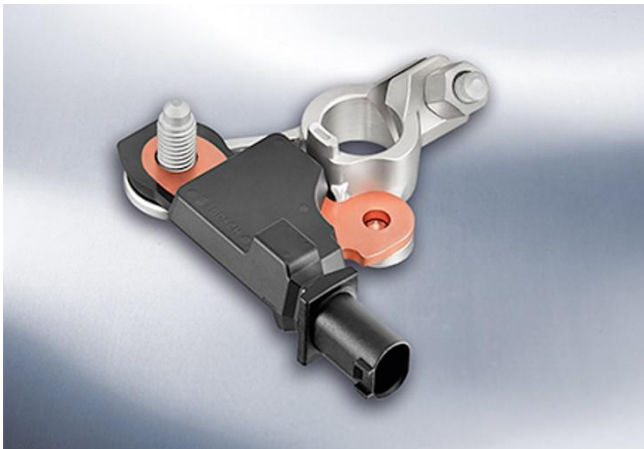


Figura 27. Sensor de batería [9]

Además, hoy en día todo vehículo es controlado por software y sistemas electrónicos, por lo que para el sistema poder analizar las variables de operación del vehículo en general significa leer la información del computador de este.

Se puede apreciar entre las partes que muchas se encuentran presentes en todo vehículo que hoy circula por las calles por lo que se pueden hacer algunas adaptaciones a las partes rápidamente y de forma económica a los distintos motores y vehículos.

El sistema se activa cada vez que se arranca el motor, y se adapta a cada situación según sea necesario. El motor se parará automáticamente cuando el vehículo se detenga en un semáforo, siempre que el vehículo quede en punto muerto y no esté activado el embrague.

El motor no se parará si:

- El motor no ha alcanzado la temperatura de servicio.
- La batería se encuentra muy descargada.
- El parabrisas está empañado y el climatizador automático está conectado.
- La temperatura exterior es muy baja o muy alta y el aire acondicionado está conectado.
- El aire acondicionado está conectado y todavía no se ha alcanzado la temperatura deseada o con el AC a máxima potencia.
- Se detiene el vehículo tras circular marcha atrás.
- El cinturón del conductor no está abrochado.

El motor arranca automáticamente al pisar el embrague, antes de proseguir la marcha.

El motor no arranca automáticamente cuando:

- El vehículo comienza a rodar.
- La presión en el sistema de frenos es insuficiente.
- La batería está muy descargada.
- El habitáculo se calienta intensamente y el aire acondicionado está activado.
- Los cristales comienzan a empañarse y el climatizador automático está activado.
- El capó del motor está abierto.
- El cinturón del conductor no está abrochado.

En los dos últimos casos el motor se puede arrancar de forma convencional. [10]

CAPITULO 3: SISTEMA S&S EN LA MINERÍA

Cuando se piensa en este sistema en la minería se tiene que considerar que toda maquinaria donde se puede implementar el sistema, trabaja bajo distintos parámetros, incluso cuando se trata de la misma máquina pero un modelo distinto o una marca distinta, es por esto se habla de un trabajo hecho a medida.

Se sabe que en los procesos mineros, como en todo proceso en cualquier industria, se encuentran ineficiencias, la eficiencia a la cual se enfoca esta memoria va ligada a los tiempos durante los cuales el motor de los camiones se encuentra encendido pero este no está realizando ninguna actividad productiva, lo que serían entonces los tiempos de espera o más bien llamado lucro cesante. Es importante destacar que aunque se sabe que la mejor forma de eliminar estos costos es reduciendo estos tiempos a cero, esta memoria se centra en el desarrollo de una tecnología que evita el consumo durante el lucro cesante.

3.1 IDENTIFICANDO LAS SITUACIONES DE LUCRO CESANTE

Cuando se analiza el comportamiento de los camiones fuera de carretera se aprecian ciertas instancias durante las cuales el camión se encuentra detenido, situaciones en las cuales, bajo la lógica básica del sistema, el motor debería apagarse.

A continuación se puede apreciar la lógica básica del Procedimiento Operacional del sistema para la minería:

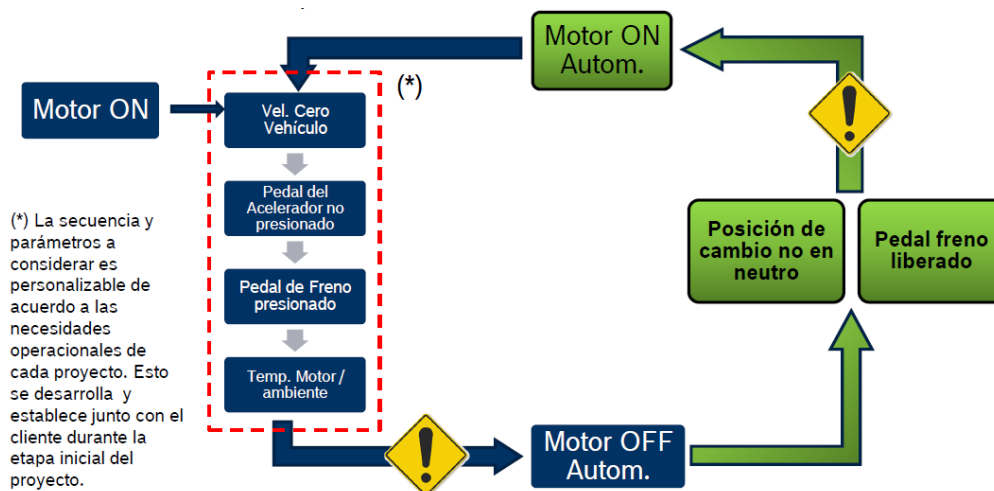


Figura 28. Diagrama Procedimiento Operacional del sistema Start&Stop para minería.

Fuente: Robert Bosch GmbH

Se identifican dos situaciones de gran potencial, las cuales son:

- Espera de ser cargado ya sea con pala o cargador frontal
- Espera a descarga ya sea en un chancador primario, stock pile, un botadero o rampa

Cabe mencionar que como durante la descarga el motor entrega la energía para levantar la tolva, por lo que no sería correcto considerar esta situación como un potencial para el sistema.

Además, como criterio se decide que el motor tampoco debe apagarse durante el carguío, ya que el vehículo debe estar siendo operado durante esta etapa y bajo cualquier imprevisto es preferible que el camión se encuentre encendido, además de que algunos modelos de camiones deben tener bloqueadas solo 2 ruedas por motivos de amortiguación, situación que no se presenta con el freno de estacionamiento.

Otra variable importante a considerar es el turbo, está estimado un tiempo de 3 minutos para que este se enfríe y por ende sea posible apagar el vehículo, pero, bajo ciertas condiciones como la temperatura del refrigerante o la última vez que se redujeron las rpm del motor a las de ralentí, estos 3 minutos podrían verse reducidos incluso a cero, por lo que se hacen los análisis para estas dos situaciones extremas suponiendo que el camión se encontrará funcionando entre estas.

Además hay otras instancias de espera durante las cuales se puede aprovechar el sistema pero con una menor magnitud. Estas instancias fueron llamadas secundarias y son:

- Espera de relevo
- Topografía
- Espera mantención equipo de carga
- Espera limpieza tolva chancado
- Relevo colación, entre otros

Estos tiempos de espera también se presentan en toda empresa minera pero se consideran aparte ya que Bosch cuenta con una aproximación pero no el comportamiento de esta en base a los 3 minutos mencionados anteriormente.

3.2 POTENCIAL DE AHORRO

Las dos situaciones de mayor potencial mueven sus tiempos desde 600 horas hasta incluso cerca de 850 horas al año por camión, se aprecia que el rango en el cual se encuentran estos tiempos es muy amplio, esto es debido a que en la industria se encuentra una gran gama de variables de las que dependen estos tiempos, por ejemplo, el tamaño de los camiones, el cargador que se utiliza, la cantidad de material transportado, los botaderos y chancadores, etc. Minas con camiones de 290 toneladas que sean cargados por palas mecánicas se encontrarán con menores tiempos que una con camiones de 200 toneladas usando cargadores frontales para cargarlos, pero a su vez estos camiones más pequeños tendrán menores consumos.

Al considerar los 3 minutos que ha de mantenerse encendido el vehículo después de detenido debido al enfriamiento del turbo las horas aprovechadas por el sistema podría disminuir hasta en un 45%. Aproximando de forma lineal el tiempo aprovechado por el sistema en función del minuto en que se apaga el motor después de detenido se obtiene el siguiente gráfico, el área representa el espacio en el que se ha de encontrar una empresa minera en Chile.

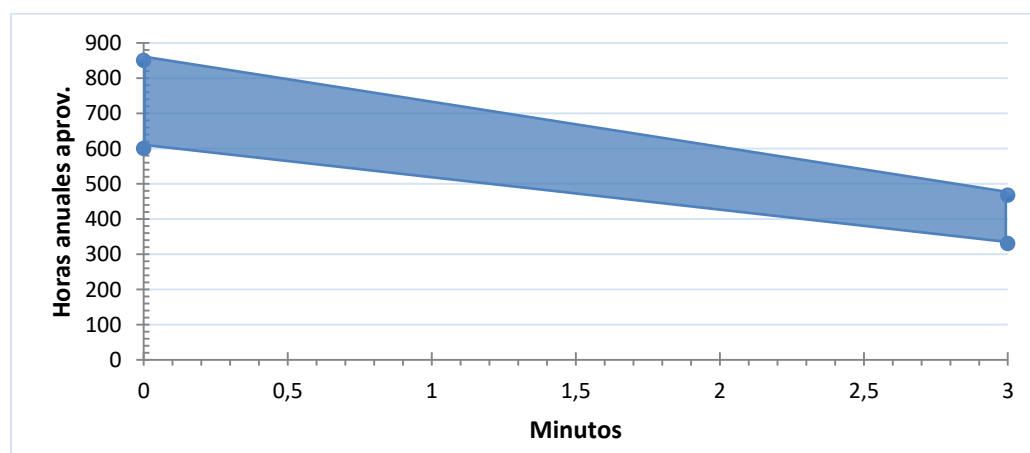


Figura 29. Tiempo en horas anuales por camión aprovechado versus minuto de apagado de motor tras detención del vehículo.
Fuente: Elaboración propia.

Además están los tiempos potenciales de las instancias que fueron llamadas secundarias, las cuales se estima rondan por las 50 horas anuales por camión.

Cuando se hace referencia a estos se habla de consumos que van desde los 25 lts/hr para los camiones de menor tonelaje (180 ton) hasta 54 lts/hr para camiones con mayor capacidad (sobre 230 ton) en ralentí, consumo que puede variar respecto al desgaste o antigüedad que pueda tener el camión. Considerando estos datos el gráfico pasaría a presentarse de la siguiente forma:

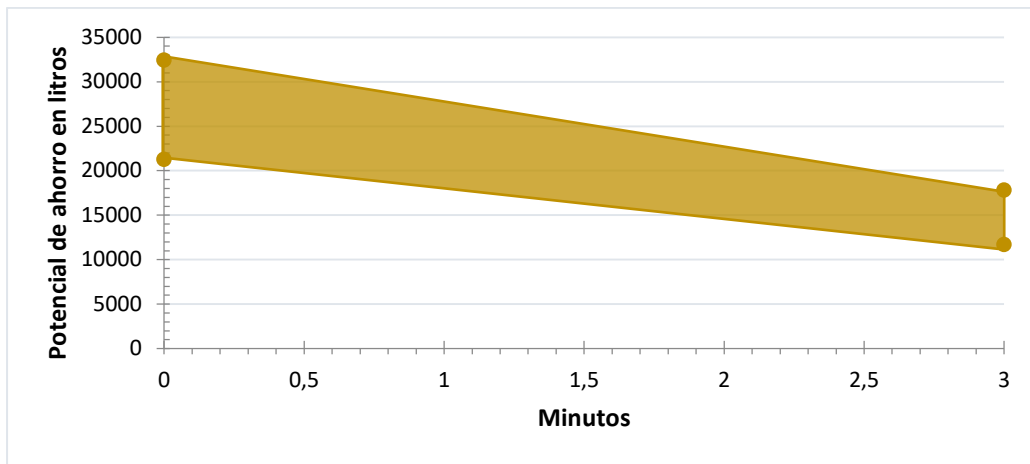


Figura 30. Potencial de ahorro en litros de diesel anual por camión versus minuto de apagado de motor tras detención del vehículo.

Fuente: Elaboración propia.

Para determinar el potencial en USD se toma como referencia el precio mayorista al que distribuye la ENAP que según el informe semanal con fecha 23 de Septiembre de 2015 es de 633,90 USD/m³[11], incluyendo impuestos y transporte a Santiago. Como el combustible es destinado a los camiones que trabajan en la industria minera, el impuesto específico, equivalente a 1,5 UTM/m³[12], debe ser descontado. En base al precio de la UTM entregado por el Servicio de Impuestos Internos equivalente a \$44.243 para el mes de Septiembre[13] y el precio del dólar utilizado por la ENAP en el informe mencionado equivalente a 687,33 \$/USD[11] quedando el precio en 537,35 USD/m³ con IVA incluido, considerando que la industria minera no es consumidor final de los productos este, equivalente al 19%, se descuenta, dejando así el precio de referencia en 451,55 USD/m³ de diesel.

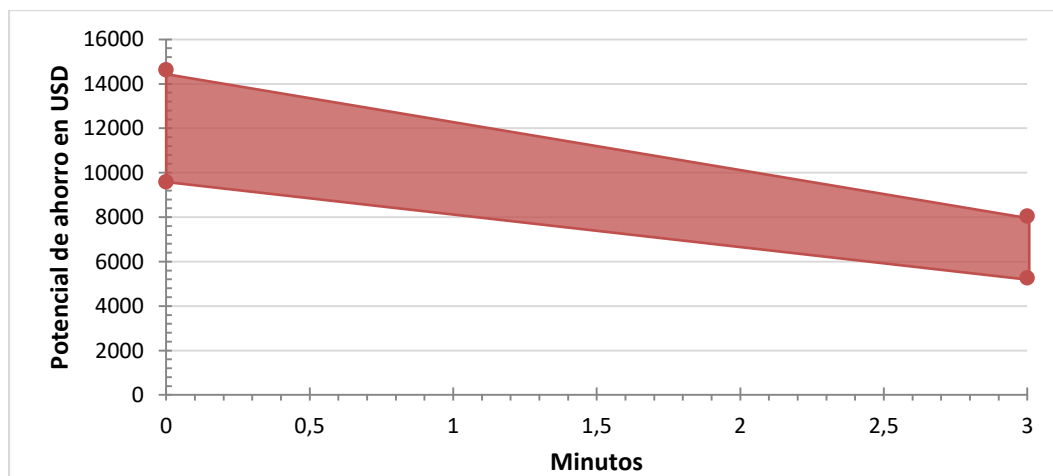


Figura 31. Potencial de ahorro en USD anual por camión versus minuto de apagado de motor tras detención del vehículo.

Fuente: Elaboración propia.

En el área marcada se encierra el posible ahorro que presentara una empresa minera implementando el sistema, al ser más que el doble el consumo de los camiones más grandes, el potencial de estos camiones aun presentando tiempos de lucro cesante casi un 30% menor presentan un mayor potencial. Tenemos como extremos en la zona superior desde USD 14.600 en el minuto cero, hasta USD 8.000 a los 3 minutos, mientras en el límite inferior tenemos desde USD 9.600 al minuto cero hasta USD 5.300 a los 3 minutos.

Es importante destacar que este análisis está hecho en base a los precios que pone la ENAP a mayoristas en Santiago y no en base al que paga ninguna empresa minera por lo que el potencial ha de variar, ya sea por el flete a distintas minas como por convenios que puedan tener estas.

3.3 ANÁLISIS DETERMINISTICO

Aunque puede que haya un gran número de detenciones que ocurran apenas se detenga el vehículo es una exageración considerar que todas lo serán, es por esto que este análisis considera los potenciales de ahorro para detenciones sobre un minuto tomando así valores desde los USD 5.500 hasta los USD 12.500. En el siguiente gráfico se puede ver el área sobre la cual se trabajará este análisis y se marcan los límites con la intención de que se entiendan los puntos a los cuales se hace referencia.

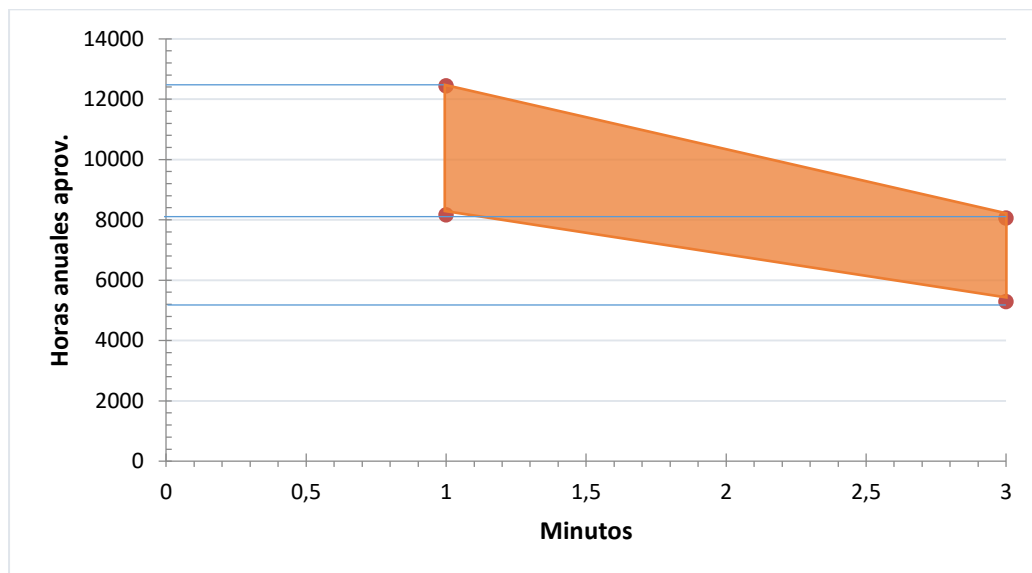


Figura 32. Potencial de ahorro en USD anual por camión versus minuto de apagado de motor tras detención del vehículo.

Fuente: Elaboración propia.

Luego considerando un costo de capital equivalente al 15% siendo el habitualmente usado para inversiones de este tipo y en base a tiempos de retorno de la inversión equivalentes a 3, 4 y 5 años, se evalúa cual es la inversión que ha de estar dispuesta a hacer la industria minera.

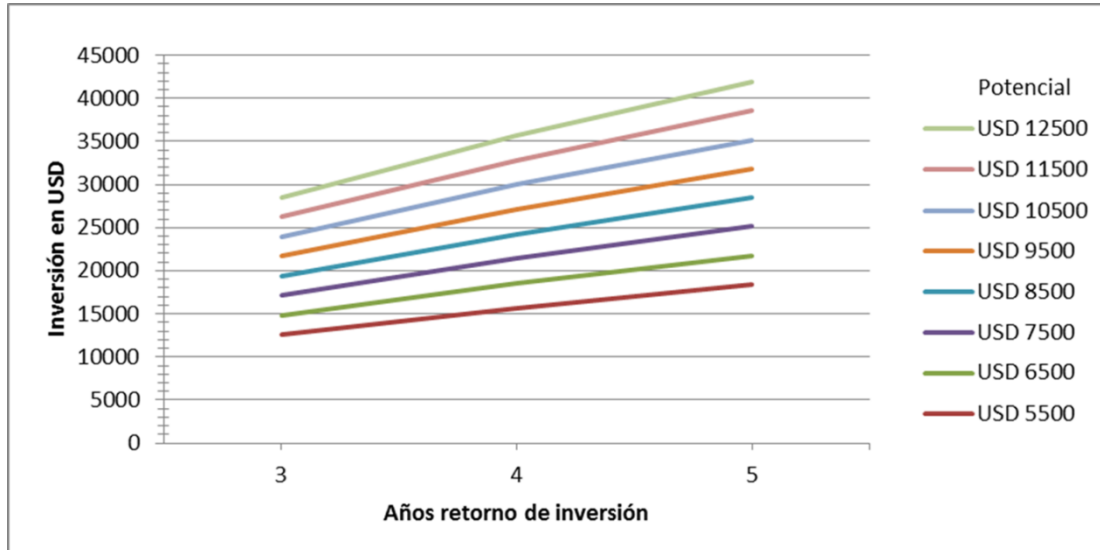


Figura 33. Inversión en base a los años esperados de retorno, el potencial anual supuesto por camión y costo capital 15%.

Fuente: Elaboración propia.

Se desprende del gráfico que para un retorno esperado a 3 años en la peor situación considerada, es decir de un potencial de USD 5.500 anuales por camión la inversión no ha de superar los USD 12.500 pudiendo llegar a ser no más de USD 18.400 haciendo la evaluación para 5 años. En el otro extremo, para un potencial de USD 12.500 se puede hablar de inversiones que serán rentables hasta USD 28.500 evaluando a 3 años llegando a USD 41.900 para 5.

De la misma forma se hace un análisis del valor actual neto del ahorro generado por camión en función de los distintos precios que podría tener un kit. Esto basándose en que el kit no podría costar menos de USD 10.000, precio que incluso puede considerarse bajo considerando los costos de investigación, pruebas, producción, distribución y las proyecciones de venta, y estableciendo que el precio máximo ha de ser USD 30.000, debido a que sigue siendo un precio atractivo para el cliente en ciertas situaciones, además se considera el mismo costo capital, equivalente a 15%, los mismos años de referencia, 3, 4 y 5 años, y para 4 distintos potenciales de ahorro, USD 5.500, USD 8.000, USD 10.000 y USD 12.500 como se muestra en los gráficos a continuación.

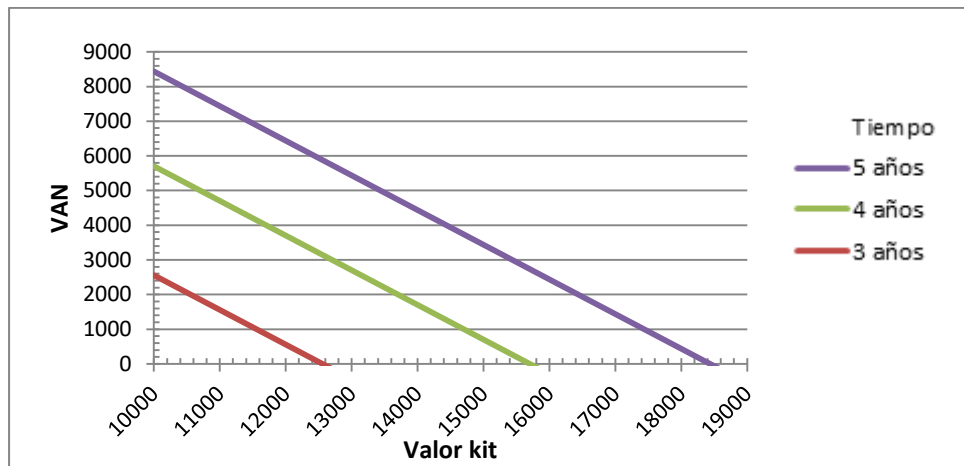


Figura 34. VAN en función del valor del kit para un potencial de ahorro de USD 5.500 anual por camión con distintos años de evaluación.

Fuente: Elaboración propia.

Para el este potencial siendo la situación que se estima menos favorable el kit presenta valores actuales equivalentes a USD 2.500, USD 5.700 y USD 8.400 si el precio fuese de USD 10.000 para 3, 4 y 5 años respectivamente, disminuyendo de forma lineal hasta que el precio del kit se vuelve inviable a 3 años para precios sobre USD 12.500, para 4 años sobre USD 14.600 y 5 años sobre USD 18.400.

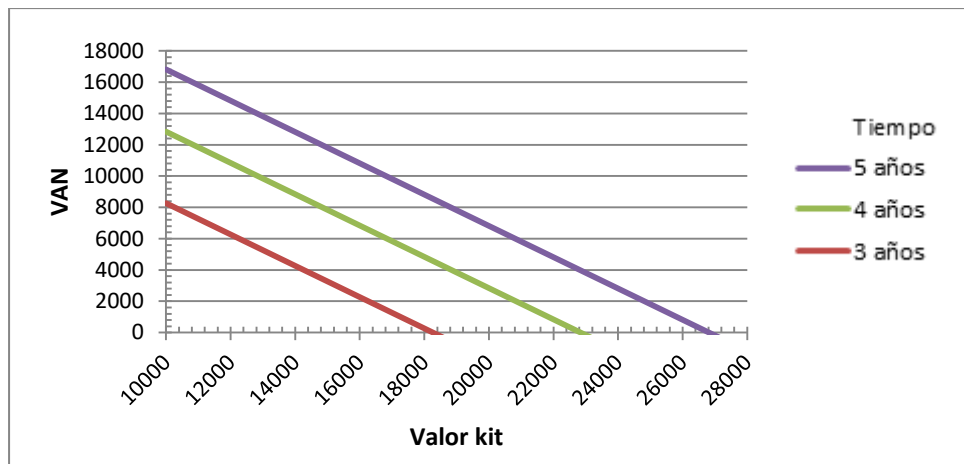


Figura 35. VAN en función del valor del kit para un potencial de ahorro de USD 8.000 anual por camión con distintos años de evaluación.

Fuente: Elaboración propia.

Para los USD 8.000 de potencial, la implementación del kit presenta valores actuales equivalentes a USD 8.200, USD 12.800 y USD 16.800 si el precio fuese de USD 10.000 para 3, 4 y 5 años respectivamente, disminuyendo de forma lineal hasta que el precio del kit se vuelve inviable a 3 años para precios sobre USD 18.000, a 4 años sobre USD 22.500 y 5 años sobre USD 26.500.

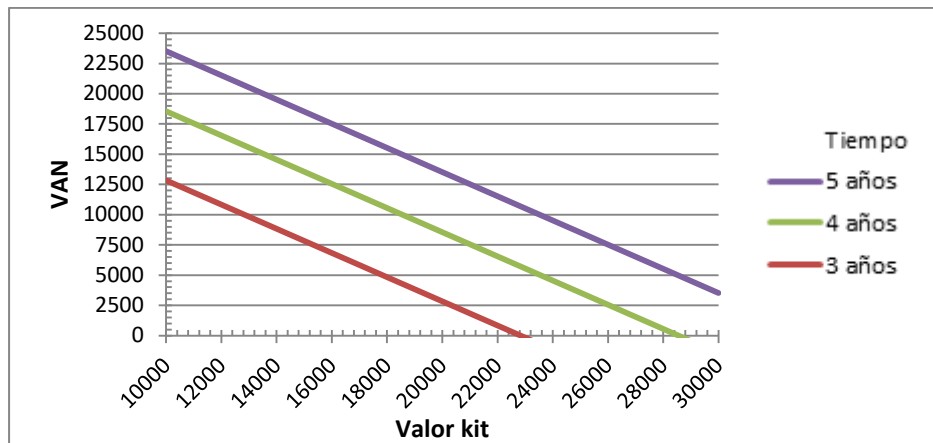


Figura 36. VAN en función del valor del kit para un potencial de ahorro de USD 10.000 anual por camión con distintos años de evaluación.

Fuente: Elaboración propia.

Para los USD 10.000 de potencial, la implementación del kit presenta valores actuales equivalentes a USD 12.800, USD 18.500 y USD 23.500 si el precio fuese de USD 10.000 para 3, 4 y 5 años respectivamente, disminuyendo de forma lineal hasta que el precio del kit se vuelve inviable a 3 años para precios sobre USD 23.000 y a 4 años sobre USD 28.500 mientras que para 5 años y a un precio de USD 30.000 sigue siendo viable con valores actuales netos de USD 3.500.

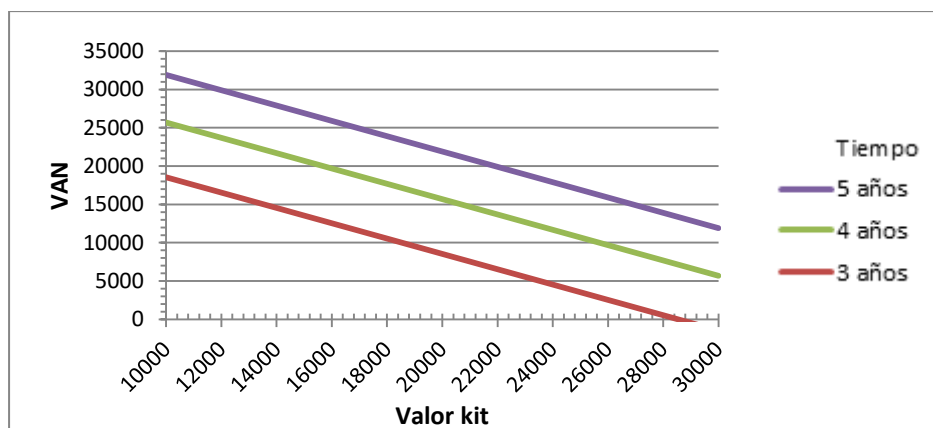


Figura 37. VAN en función del valor del kit para un potencial de ahorro de USD 12.500 anual por camión con distintos años de evaluación.

Fuente: Elaboración propia.

Para los USD 10.000 de potencial, la implementación del kit presenta valores actuales equivalentes a USD 18.500, USD 25.700 y USD 31.900 si el precio fuese de USD 10.000 para 3, 4 y 5 años respectivamente, disminuyendo de forma lineal hasta que el precio del kit se vuelve inviable a 3 años para precios sobre USD 28.500 mientras que para 4 y 5 años a un precio de USD 30.000 sigue siendo viable con valores actuales netos de USD 5.700 y USD 11.900 respectivamente.

3.4 ELASTICIDAD DEL PRECIO DEL COMBUSTIBLE

A continuación se presenta un gráfico que representa el precio de mayorista del diésel que pone la empresa ENAP desde Junio del 2014, incluyendo la tarifa de transporte en oleoducto SONACOL desde Concón a Maipú, 8,5 \$/lt en dólares [11], cabe destacar que no se incluye el impuesto específico debido a que la minería no paga este impuesto en el combustible de sus camiones porque estos no usan carreteras.

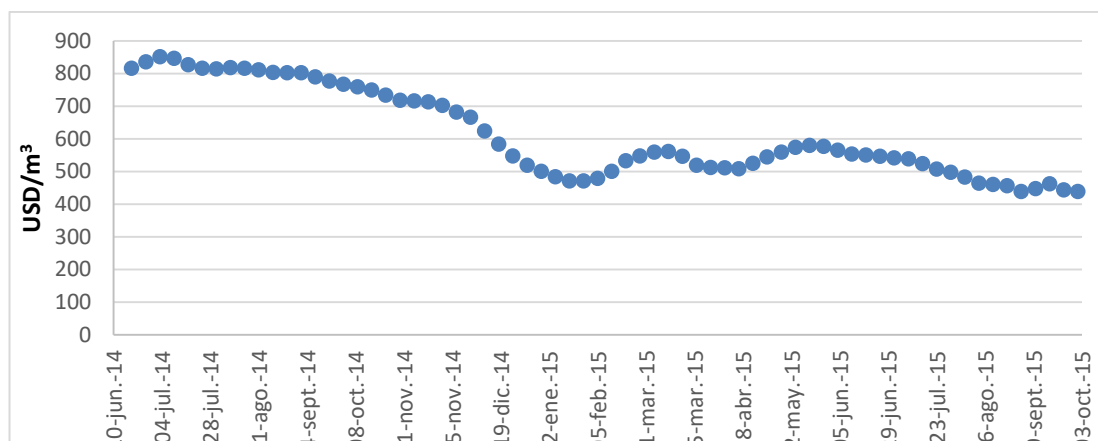


Figura 38. Variación precio diésel durante el tiempo.

Fuente: Elaboración propia a partir de información de la ENAP.[14]

Cabe destacar que a partir de Julio del 2014 es que empieza a bajar el precio del diésel y hasta esta fecha su valor oscila sin mucha variación los 800 USD/m³ desde Noviembre del año 2012.

El punto más alto que se ha presentado desde el 2014 fue el 23 de Junio del 2014 situación en la cual este alcanzó por sobre de los 850 USD/m³ esta fecha coincide con el precio más alto del barril de petróleo siendo 115,06 dólares por barril y los más bajos se encuentran en este momento, coincidiendo con los que habían sido alcanzados durante enero que fue la anterior mayor caída, durante la cual el precio del petróleo oscila, al igual que esa fecha, los 48 dólares por barril. Según señalan expertos financieros de XTB, Bankinter, IG Markets y BNP Paribas el precio de equilibrio del barril se encontraría cerca de los 60 dólares, precio para el cual se estima que el diésel costaría aproximadamente 600 USD/m³. [15]

La intención es remarcar que el cambio en el precio del combustible es un factor muy influyente en el ahorro generado y el incremento de este precio de manera que llegue al precio de equilibrio implicaría un aumento de los potenciales en aproximadamente un 25%, lo que significa a su vez un incremento en la inversión que se dispondría para los años esperados de retorno de inversión, también aumentarían en este porcentaje y de llegar a lo que fue en Julio podría incluso significar que éstos aumenten en un

90%. Pero a su vez también, si los precios siguen a la baja como se presentan hoy en día, la implementación de esta tecnología podría significar pérdidas en los años evaluados.

3.5 DISMINUCIÓN DE EMISIONES

El sistema Start&Stop además de significar un ahorro de combustible, este al no estarse quemando, como ya fue mencionado anteriormente, disminuye la huella de carbono generada por los camiones en la minería. Para hacer el cálculo de la disminución de las emisiones de CO₂, se usó como base una guía entregada por el “Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente del Gobierno de España” llamada “Guía para el cálculo de la huella de carbono y para la elaboración de un plan de mejora de una organización”[16], la cual muestra los factores de transformación pertinentes para la quema de los combustibles existentes en la industria. Se desprende la siguiente tabla con los factores por los que se debe multiplicar el consumo de combustible en el desplazamiento de vehículos para determinar la huella de carbono que estos producen:

	Factor de emisión
GASOLINA	2,196 kg CO ₂ /l
GASOLEO A	2,471 kg CO ₂ /l

Tabla 4. Factores de emisión para combustibles de vehículos[16].

(Cabe destacar que los datos fueron corroborados con una serie de otras fuentes pero se dejó esta referencia al ser considerada la más confiable)

Con este factor junto a los datos del potencial de ahorro de combustible presentados anteriormente y bajo la misma lógica presentada para el análisis determinístico se presenta el siguiente gráfico que las emisiones se verían disminuidas en, a lo menos, 29 toneladas de CO₂ por camión anualmente y, dependiendo de la situación, se estima que podría llegar a 68 toneladas o incluso más.

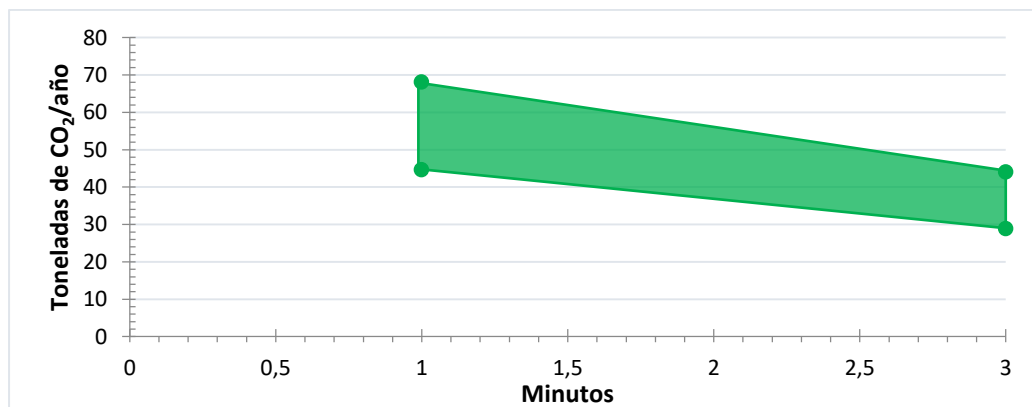


Figura 39. Potencial de reducción anual generado por camión de emisiones de CO₂ versus minuto de apagado de motor tras detención del vehículo.

Fuente: Elaboración propia.

3.6 RIESGOS TECNOLÓGICOS

Al ser esta una tecnología relativamente nueva hay distintas variables que no han sido estudiadas a fondo y es importante que la industria que implementa la tecnología sea capaz de evaluar si hay algún cambio en el comportamiento de la maquinaria que encuentre perjudicial. En esta memoria se hace referencia a las 3 partes del vehículo que podrían verse afectadas, siendo la vida útil de las baterías, vida útil de los motores de partida y alcalinidad del aceite.

3.6.1 VIDA ÚTIL DE BATERÍAS

En la minería, específicamente en los camiones fuera de carretera, las baterías tienen una vida útil muy inferior a la de un automóvil de calle, esto principalmente debido al funcionamiento continuo de éstas. Considerando que la implementación de esta tecnología aumentaría los ciclos de carga y descarga es esperado que la vida útil disminuya por lo que se hace importante tomar las medidas pertinentes. Es posible que se recomiende el uso de baterías preparadas para un mayor número de ciclos de carga y descarga como se ha hecho con los automóviles que tienen implementado el sistema Start&Stop, lo que también significaría un aumento en la inversión y costos de mantención que han de ser evaluados.

3.6.2 VIDA ÚTIL DE MOTORES DE PARTIDA

Así mismo pasa con los motores de partida, la vida útil de los motores de partida en la minería es mucho menor a la que es esperada por diseño, el número de partidas que realiza el motor antes de la falla es menor también por lo que se cree que la falla se liga más a las condiciones en las cuales trabaja la máquina y como se encuentra ésta antes de ser encendido, por lo que aunque el número de partidas aumentaría en un gran número todas estas se harían con el motor en condiciones de buena temperatura y ya lubricado, por lo que se espera que no se vea afectada en gran magnitud pero que sin embargo debe ser una variable a considerar, ya sea como los cambios en la mantención tanto como los costos implicados.

3.6.3 ALCALINIDAD DEL ACEITE

La alcalinidad del aceite es sabido que se mide de forma constante en todo tipo de maquinaria pero no se puede dejar de recomendar mantener el comportamiento de esta al implementar la tecnología ya que al ser detenido el motor hay cámaras de combustión que quedan con combustible sin explotar haciendo contacto con el aceite, el cual al enfriarse puede acelerar la disminución de la alcalinidad si éste reacciona generando ácidos. Según la lógica del sistema el motor no debería enfriarse lo suficiente como para que esto ocurra pero sigue siendo una variable a considerar al momento de implementar la

tecnología ya que al ser acelerada la disminución de la alcalinidad del aceite aumenta la necesidad de cambiar el aceite, lo que se traduce en costos y tiempos de mantención.

Es importante recalcar que los 3 puntos mencionados en esta sección se generan debido a la incertidumbre de cómo se comportarán estas variables y todo lo mencionado son recomendaciones.

3.7 MÉTODO OPCIONAL DE VENTA

Puede que se presente también la opción de otros métodos de venta del sistema, por ejemplo, para que tecnologías nuevas entren a la industria es muy común que se busquen contratos que hacen que la empresa proveedora comparta riesgos con la minera, viéndose entonces la opción de un arriendo del sistema como una oferta atractiva, asegurando así la disponibilidad de la máquina y delegando responsabilidad respecto de los comportamientos en la operación y costos de mantención asociados al uso del sistema. Para este método de venta también se vuelve importante considerar los riesgos tecnológicos presentados anteriormente, ya que estos se verían reflejados de una forma indirecta, en términos de disponibilidad y costos.

La forma más lógica para el arriendo de un sistema de este tipo sería que la empresa minera pague por los litros de combustible ahorrados por el sistema, dato fácilmente obtenible tanto a través de las mediciones de tiempos que hacen los software que utiliza la minería como por el mismo computador del sistema Start&Stop en paralelo con el computador del vehículo.

Esta propuesta se vería considerada muy atractiva ya que la empresa minera obtendría beneficios a un precio menor del que ya está pagando.

CONCLUSIONES

Las proyecciones de la minería a futuro muestran que esta tiene que hacer inversiones en tecnologías que disminuyan los consumos tanto como las emisiones para poder ser competitivas, el desarrollo en nuevos camiones para la industria minera de rajo abierto tiende a aumentar el tamaño de estos implicando instalar motores más grandes y tecnologías como la del Sistema Start&Stop permiten equilibrar esta situación.

El Sistema ha demostrado que los ahorros generados financian a corto plazo el sistema aún con los bajos precios en los que se encuentra el combustible hoy en día, el combustible así como el cobre son recursos que se agotan y a medida que esto sucede estos suben de precio ya que los costos de producción se elevan, por lo que, a medida que estos costos suban, este tipo de tecnologías serán las que harán la diferencia en los costos de producción de una empresa con otra.

Aparte de los beneficios económicos, el tema medio ambiental se presenta con el proyecto y la disminución de emisiones muestra progreso y mejora la imagen pública, los cambios climáticos ya son percibidos por la población haciendo que todos estén conscientes de lo importante que es hoy generar cambios.

Hoy en día la tecnología está en su periodo de pruebas para instalarse en lo camiones fuera de carretera con su primer prototipo, esperando que para mediados del año 2016 tener datos más concretos de la operación en mina, pero el éxito de este proyecto puede llevar a la expansión a todo tipo de vehículos en la industria, aumentando el potencial de ahorro que podría generar.

Al ser una tecnología nueva es importante tener control de todas las variables que puedan poner en riesgo la disponibilidad del equipo, por ejemplo, el desgaste de piezas o calidad de lubricantes y de haber algún cambio reportarlo a la empresa proveedora.

La opción de generar un contrato de arriendo o tipo leasing sería de alta conveniencia tanto como para la empresa minera como para Robert Bosch GmbH debido tanto a las responsabilidades compartidas como a los beneficios compartidos, si bien la industria minera no obtendría los mismos retornos a largo plazo, el método de pago implicaría una simple reducción de los costos y emisiones, permitiendo también hacer convenios de actualización de software y mantenimiento del sistema. Robert Bosch GmbH es una empresa que se especializa en la calidad y tiene años de experiencia en el desarrollo de equipos que trabajan en prácticamente todas las áreas, incluida la minera, por lo que darán prioridad a la solución de problemas y errores.

REFERENCIAS

- [1]Consejo Minero. Minería en cifras [en línea]
<<http://www.consejominero.cl/chile-pais-minero/mineria-en-cifras/>> [consulta: 21 Julio 2015].
- [2]Consejo Minero. Minería Metálica [en línea]
< <http://www.consejominero.cl/mineria-metalica/>> [consulta: 13 Agosto 2015]
- [3]Cochilco. Consumo del agua en la minería del cobre al año 2014 [en línea]
<[http://www.cochilco.cl/descargas/estudios/informes/agua/Informe_consumo_agua_04-15_\(rev_F\).pdf](http://www.cochilco.cl/descargas/estudios/informes/agua/Informe_consumo_agua_04-15_(rev_F).pdf)> [consulta: 13 Agosto 2015].
- [4]Consejo Minero. Fuerza Laboral en la Gran Minería Chilena, Diagnostico y Recomendaciones, 2011 – 2020 [en línea]
<<http://www.consejominero.cl/wp-content/uploads/2012/11/Fuerza-laboral-en-la-Gran-Miner%C3%ADa-Chilena-Diagn%C3%B3stico-y-Recomendaciones-2011%E2%80%932012.pdf>> [consulta: 13 Agosto 2015].
- [5]Cochilco. Proyección del consumo de electricidad en la minería del cobre 2014 – 2025 [en línea]
<http://www.cochilco.cl/descargas/estudios/informes/energia/proyeccion_consumo_electricidad_2014-2015.pdf> [consulta: 15 Septiembre 2015].
- [6]Cochilco. Actualización de la información sobre emisiones de gases de efecto invernadero directos en la minería del cobre al año 2013 [en línea]
<http://www.cochilco.cl/descargas/estudios/informes/energia/Informe_GEI_2014_vf.pdf> [consulta: 15 Septiembre 2015]
- [7]Editorial Editec S.A. Catastro de Equipamiento Minero 2013/14. Santiago, Editec S.A., 2014. 336p.
- [8]Información entregada por Robert Bosch GmbH.
- [9]Robert Bosch GmbH. Sistema Start&Stop [en línea]
<http://es.bosch-automotive.com/es/internet/parts/parts_and_accessories/motor_and_sytems/start_stop_system/overview_start_stop_sytem_1.html> [consulta: 06 Octubre 2015]
- [10]Aficionados a la Mecánica. Sistema Start/Stop [en línea]
<<http://www.aficionadosalamecanica.com/start-stop.htm>> [consulta: 09 Julio 2015]

- [11]ENAP. Informe Semanal Variaciones de Precios de Combustibles [en línea]
<<http://www.enap.cl/pag/53/784/informe-precios>> [consulta: 26 Septiembre 2015]
- [12]Servicio de Impuestos Internos. Impuesto a los Combustibles [en línea]
<http://www.sii.cl/portales/inversionistas/imp_chile/impuesto_combustibles.htm>
[consulta: 26 Septiembre 2015]
- [13]Servicio de Impuestos Internos. UTM – UTA – IPC 2015 [en línea]
<<http://www.sii.cl/pagina/valores/utm/utm2015.htm>> [consulta: 26 Septiembre 2015]
- [14]ENAP. Tabla de precios de paridad [en línea]
< http://www.enap.cl/pag/66/991/tabla_de_precios_de_paridad> [consulta: 10 Octubre 2015]
- [15]¿Cuál será el precio del petróleo en 2015? El Brent coqueteará con los 60 dólares. [en línea]
Europapress en Internet. 16 Febrero 2015 actualizado 20 de Febrero 2015
<<http://www.europapress.es/economia/noticia-brent-coqueteara-60-dolares-2015-20150216123754.html>> [consulta: 12 Octubre 2015]
- [16]Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente del Gobierno de España. Guía para el cálculo de la huella de carbono y para la elaboración de un plan de mejora de una organización. [en línea]
<http://www.factorco2.com/comun/docs/129-2014_05_29_Guia_Huella_Carbono_tcm7-330253.pdf>
[consulta: 11 Octubre 2015]
- [17]Caterpillar. 789D Mining Truck. [en línea]
<<https://s7d2.scene7.com/is/content/Caterpillar/C740958>> [consulta: 22 Diciembre 2015]
- [18]Caterpillar. 793F Mining Truck. [en línea]
<<https://s7d2.scene7.com/is/content/Caterpillar/C718692>> [consulta: 22 Diciembre 2015]
- [19]Komatsu. 830E-AC Electric Drive Truck. [en línea]
<http://www.komatsu.com/ce/products/pdfs/KAC_830E-AC.pdf> [consulta: 22 Diciembre 2015]
- [20] Komatsu. 930E-4 Electric Drive Truck. [en línea]
< http://www.komatsu.com/ce/products/pdfs/KAC_930E-4.pdf > [consulta: 22 Diciembre 2015]

789D Mining Truck Specifications

Engine		
Engine Model	3516C – HD	
Gross Power	1566 kW	2,100 hp
Rated Net Power (ISO 9249)	1468 kW	1,969 hp
Bore	170 mm	6.7 in
Stroke	210 mm	8.3 in
Displacement	78.1 L	4,766 in ³

Optional Engine		
Engine Model	3516B EUI	
Gross Power	1417 kW	1,900 hp
Rated Net Power (ISO 9249)	1335 kW	1,791 hp
Bore	170 mm	6.7 in
Stroke	190 mm	7.5 in
Displacement	69 L	4,211 in ³

- Power ratings apply at 1,750 rpm when tested under the specific conditions for the specified standard.
- Ratings based on SAE J1995 standard air conditions of 25° C (77° F) and 99 kPa (29.32 Hg) barometer. Power based on fuel having API gravity of 35 at 16° C (60° F) and an LHV of 42 780 kJ/kg (18,390 BTU/lb) when engine used at 30° C (86° F).
- 3516B engine, (STANDARD) no derate required up to 2300 m (7,500 ft) altitude.
- 3516C engine, (EPA/ARB Flexibility) no engine derate required up to 2743 m (9,000 ft).
- 3516C engine, (STANDARD) no engine derate required up to 3658 m (12,000 ft).
- Where applicable, the 3516C engine, (EPA/ARB Flexibility) arrangement is compliant with U.S. Environmental Protection Agency regulations.

Weights – Approximate		
Gross Machine Operating Weight (GMW)	324 319 kg	715,000 lb
Body Weight Range	23 920 kg- 45 547 kg	52,850 lb- 100,414 lb
Empty Operating Chassis Weight (EOCW)	99 129 kg	218,542 lb

- Body weight varies depending on how body is equipped.
- Estimated weight of debris is not included in operating chassis weights.
- Chassis weight includes standard rims and tires, all operating fluid levels full, 100% fuel in standard tank and standard mandatory attachments.

Operating Specifications		
Nominal Payload Capacity	181 tonnes	200 tons
Standard MSD Body (SAE 2:1)	130 m ³	170 yd ³
Standard X Body (SAE 2:1)	123 m ³	161 yd ³
Standard Dual Slope Body (SAE 2:1)	108 m ³	141 yd ³
Standard Combi Body (SAE 2:1)	153 m ³	200 yd ³
Standard Gateless Coal Body (SAE 2:1)	191 m ³	250 yd ³

- Refer to the Cat Mining Truck 10-10-20 payload policy for maximum gross machine weight limitations.

Transmission		
Forward 1	12.6 km/h	7.8 mph
Forward 2	17.1 km/h	10.6 mph
Forward 3	23.1 km/h	14.4 mph
Forward 4	31.2 km/h	19.4 mph
Forward 5	42.3 km/h	26.3 mph
Forward 6	57.2 km/h	35.5 mph
Reverse	11.8 km/h	7.3 mph

- Maximum travel speeds with standard 37.00-R57 tires.

Final Drives	
Differential Ratio	2.35:1
Planetary Ratio	10.83:1
Total Reduction Ratio	25.46:1

- Double-reduction, planetary, with full floating axles.

Suspension		
Effective Cylinder Stroke – Front	105 mm	4.0 in
Effective Cylinder Stroke – Rear	93 mm	3.5 in
Rear Axle Oscillation	± 5.6°	

Brakes		
Brake Surface – Front	81 693 cm ²	12,662 in ²
Brake Surface – Rear	116 283 cm ²	18,024 in ²
Standards	SAE J1473 OCT90 ISO 3450:1996	

- Gross Machine Operating Weight is 324 319 kg (715,000 lb).

Body Hoists		
Pump Flow – High Idle	731 L/min	193 gal/min
Relief Valve Setting – Raise	17 238 kPa	2,500 psi
Body Raise Time – High Idle	18.9 Seconds	
High Idle Body Lower Time – Float	17.3 Seconds	
High Idle Body Lower Time – Power	15.6 Seconds	

[17]

793F Mining Truck Specifications

Engine

Engine Model	Cat C175-16	
Gross Power – SAE J1995	1976 kW	2,650 hp
Net Power – SAE J1349	1848 kW	2,478 hp
Torque Rise	20%	
Bore	175 mm	6.9 in
Stroke	220 mm	8.7 in
Displacement	85 L	5,187 in ³

- Power ratings apply at 1,750 rpm when tested under the specified condition for the specified standard.
- Ratings based on SAE J1995 standard air conditions of 25° C (77° F) and 99 kPa (29.61 Hg) dry barometer. Power based on fuel having API gravity of 35 at 16° C (60° F) and an LHV of 42,780 kJ/kg (18,390 Btu/lb) when engine used at 30° C (86° F).
- No engine derating required up to 3353 m (11,000 ft) altitude.
- EPA Compliant. Where applicable, the Cat C175-16 engine is compliant with U.S. Environmental Protection Agency emission requirements.

Weights – Approximate

Chassis Weight	122 300 kg	270,000 lb
Body Weight Range	26 862- 47 627 kg	59,220- 105,000 lb

- Chassis weight with 100 percent fuel, hoist, body mounting group, rims and 40.00R57 tires.
- Body weight varies depending on how body is equipped.

Operating Specifications

Nominal Payload Capacity	226.8 tonnes	250 tons
Top Speed – Loaded	60 km/h	37.3 mph
Steer Angle	36 Degrees	
Turning Diameter – Front	28 m	93 ft
Turning Circle Clearance Diameter	33 m	107 ft
Gross Machine Operating Weight	386 007 or 390 089 kg	851,000 or 860,000 lb

- Refer to the Cat Mining Truck 10/10/20 Overload Policy for maximum gross machine weight limitations.

Final Drives

Differential Ratio	1.8:1	
Planetary Ratio	16:1	
Total Reduction Ratio	28.8:1	

Transmission

Forward 1	12.9 km/h	8 mph
Forward 2	17.4 km/h	10.8 mph
Forward 3	23.8 km/h	14.8 mph
Forward 4	32.1 km/h	19.9 mph
Forward 5	43.6 km/h	27.1 mph
Forward 6	60 km/h	37.3 mph
Reverse	11.8 km/h	7.3 mph

Suspension

Effective Cylinder Stroke – Front	130.5 mm	5.1 in
Effective Cylinder Stroke – Rear	105.5 mm	4.2 in
Rear Axle Oscillation	±4.9 degrees	

Body Hoists

Pump Flow – High Idle	846 L/min	224 gal/min
Relief Valve Setting – Raise	20 370 kPa	2,955 psi
Body Raise Time – High Idle	19 Seconds	
Body Lower Time – Float	20 Seconds	
Body Power Down – High Idle	17.5 Seconds	

- Twin, two-stage hydraulic cylinders mounted outside main frame, double-acting cylinders in second stage.
- Power raise in both stages, power down in second stage.
- Automatic body lower modulation reduces impact on frame.

Brakes

Outside Diameter	874.5 mm	34.5 in
Brake Surface – Front	89 817 cm ²	13,921 in ²
Brake Surface – Rear	34 500 cm ²	20,847 in ²
Standards	J-ISO 3450 JAN88, ISO 3450:1996	

Weight Distributions – Approximate

Front Axle – Empty	48%	
Rear Axle – Empty	52%	
Front Axle – Loaded	33%	
Rear Axle – Loaded	67%	

Capacity – MSD II – 100% Fill Factor

Struck	112-142 m ³	146-186 yd ³
Heaped (SAE 2:1)	159-190 m ³	209-250 yd ³

[18]

830E-AC ELECTRIC DRIVE TRUCK

SPECIFICATIONS



ENGINE

*Make and model	Komatsu SDA16V160
Fuel	Diesel
Number of cylinders	16
Operating cycle	4 cycle
**Rated brake power	1865 kW 2,500 HP @ 1900 rpm
***Flywheel power	1761 kW 2,360 HP @ 1900 rpm
Weight (wet)	9608 kg 21,182 lb

* Tier 2 emissions certified. Tier 1 emissions engine is optional outside of North America.
 **Rated brake power is the output of the engine as installed in this machine, at governed rpm and with engine manufacturer's approved fuel setting. Accessory losses included are water pump, fuel pump and oil pump.
 ***Flywheel power is the rated power at the engine flywheel minus the average accessory losses. Accessories include fan and charging alternator. Rating(s) represent gross engine performance in accordance with SAE J1349 conditions.



ELECTRIC DRIVE

AC/DC CURRENT	
Alternator	G.E. GTA-41
Dual impeller in-line blower	255 m ³ /min 9,000 cfm
Control	AC torque control system
*Motorized wheels	GEB25
*Ratio	31.875:1
Speed (maximum)	64 kph 40 mph

* Wheel motor application depends upon gross vehicle weight, haul road grade, haul road length, rolling resistance and other parameters. Komatsu and G.E. must analyze each job condition to assure proper application.



TIRES AND RIMS

Rock service, tubeless, tires (bias ply or radial)	
Standard tire	40.00R57
*Optional tire	46/90R57
Standard five (5) piece rim	
737 mm x 1488 mm x 152 mm 29" x 57" x 6" rims.	
Typical tire weight	21081 kg 46,476 lbs

* Fitting of optional 46/90R57 tire shall increase nominal GVW rating to 312251 kg **685,000 lbs**. This should meet application requirements for tire type, load, compound, inflation pressure, ply rating or equivalent, etc.



BODY

All-welded steel flat floor body with horizontal bolsters and full canopy. Rear wheel rock ejectors, body up sling and rubber mounts on frame are standard. Pivot exhaust heating optional.

Floor sheet	19 mm 0.75" 1379 mPa 200,000 psi tensile strength steel (two-piece)
Front sheet	12 mm 0.47" 1379 mPa 200,000 psi tensile strength steel
Side sheet	8 mm 0.31" 1379 mPa 200,000 psi tensile strength steel
Canopy sheet	5 mm 0.19" 690 mPa 100,000 psi
Struck	117 m ² 153 yd²
Standard SAE heaped 2:1	147 m ² 193 yd²
Standard Komatsu body weight	27669 kg 61,000 lbs



CAB

Advanced Operator Environment with integral 4-post ROPS/FOPS Level 2, (SAE J1040/ISO 3449) adjustable air suspension seat w/lumber support and arm rests, passenger seat, maximum R-value insulation, tilt and telescoping steering wheel, electric windshield wipers w/washer, tinted glass, power windows, Komatsu Payload Weighing System, 55,000 Btu/hr heater and defroster, 21,600 Btu/hr air conditioning (HFC - 134A refrigerant).



FRAME

Advanced technology, full built-welded box-sectional ladder-type frame with integral ROPS supports, integral front bumper, rear tubular cross members, steel castings at all critical stress transition zones, rugged continuous horseshoel collar.

Plate material	482.6 mPa 70,000 psi tensile strength steel
Casting material	620.5 mPa 90,000 psi tensile strength steel
Rail width	305 mm 12"
Rail depth (minimum)	864 mm 34"
Top and bottom plate thickness	32 mm 1.25"
Side plate thickness	16 mm 0.62"
Drive axle mounting	Pin and spherical bushing
Drive axle alignment	Swing link between frame and axle



BRAKING SYSTEM

System meets ISO 3450/1996.
 Service brakes: all-hydraulic actuated.

Front	Wheel speed disc. Three calipers on a 1213 mm 47.75" O.D. disc.
Rear	Dual disc armature speed. Two 635 mm 25" O.D. discs per side. One caliper per disc.
Emergency brakes	Automatically applied prior to hydraulic system pressure dropping below level required to meet secondary stopping requirements.
Wheel brake locks	Switch-activated
Parking brakes	Spring-applied, hydraulically released, with speed application protection.
Electric dynamic retarder (max.)	2983 kW 4000 hp Continuously rated high-density blown grids w/retard at engine idle and retard in reverse propulsion.



SUSPENSION

HYDRAIR® II	
Variable rate hydro-pneumatic with integral rebound control.	
Max. front stroke	335 mm 13.2"
Max. rear stroke	279 mm 11.0"
Max. rear axle oscillation	±10.3°



COOLING SYSTEM

L&M radiator assembly, split-flow, with deaeration-type top tank.	
Radiator frontal area	6.24 m ² 67.2 ft²



SERVICE CAPACITIES

Cooling system	568 L	150 U.S. gal
*Crankcase	280 L	74 U.S. gal
Hydraulic system	946 L	250 U.S. gal
Motor gear box	38 L	10 U.S. gal
Fuel	4542 L	1200 U.S. gal

* Includes lube oil filters



HYDRAULIC SYSTEM

Steering Accumulator-assisted twin cylinders provide constant rate steering. Emergency steering automatically supplied by accumulator.

Turning circle diameter (SAE) 28.4 m 93 ft

Reservoir 901 L 238 U.S. gal

Filtration In-line replaceable elements

Suction Single, full-flow, 100 mesh

Hoist and steering Dual, in-line, high-pressure.

Brake component cabinet Above-deck, easily accessible with diagnostic test connections.

Hoist Two 3-stage dual-acting outboard cylinders, internal cushion valve, over-center damping.

Hoist times

Power-up loaded 25 sec

Power-down 27 sec

Float-down empty 24 sec

Pumps

Hoist Tandem gear-type pump with output of 851 lpm 225 gpm@1900 rpm and 17240 kPa 2,500 psi

Steering and brake Pressure compensating piston pump with output of 246 lpm 65 gpm @ 1900 rpm and 18961 kPa 2,750 psi

System relief pressures

Hoist 17240 kPa 2,500 psi

Steering and Brake 27580 kPa 4,000 psi

Quick disconnects standard for powering disabled truck and for system diagnostics.



ELECTRICAL SYSTEM

4 x 8D 1450 CCA, 12 volt batteries, in series/parallel, bumper mounted with disconnect switch.

Alternator 24 volt, 140 amp

Lighting 24 volt

Cranking motors two/24 volt



WEIGHT DISTRIBUTION

Empty Vehicle Weight	kg	lb	%
<small>(Wet, 100% fuel, no options, standard Komatsu body, standard tires)</small>			
Front axle	81279	179,190	50
Rear axle	82921	182,810	50
Total EVW	164200	362,000	
Gross Vehicle Weight (Nominal)			
Front axle	127330	280,715	33
Rear axle	258519	569,936	67
Total	385848	850,650	
Nominal Payload*	221648	488,650	
		244 U.S. ton	

*Nominal payload is as defined within Komatsu America Corporation's payload policy documentation. In general, the nominal payload must be adjusted for the specific vehicle configuration and site application. The figures above are provided for basic product description purposes. Please contact your Komatsu Corp. distributor for specific application requirements.

930E-4 ELECTRIC DRIVE TRUCK

SPECIFICATIONS



ENGINE

Make and model	Komatsu SSDA16V160*
Fuel	Diesel
Number of cylinders	16
Operating cycle	4 cycle
Rated brake power**	2014 kW 2,700 HP @ 1900 rpm
Flywheel power***	1902 kW 2,550 HP @ 1900 rpm
Weight (wet)	9608 kg 21,182 lb

* Tier 2 emissions compliant. Tier 1 emissions engine is optional outside of North America.
 ** Rated brake power is the output of the engine as installed in this machine, at governed rpm and with engine manufacturer's approved fuel setting. Accessory losses included are water pump, fuel pump and oil pump.
 *** Flywheel power is the rated power at the engine flywheel minus the average accessory losses. Accessories include fan and charging alternator. Rating(s) represent net engine performance in accordance with SAE J1349 conditions.



ELECTRIC DRIVE

AC/DC CURRENT

Alternator	GTA-41
Dual impeller in-line blower	340 m ³ /min 12,000 cfm
Control	AC Torque Control System
Motorized wheels*	GDY106 Induction Traction Motors
Ratio**	32.62:1
Speed (maximum)	64.5 km/h 40 mph

* Wheel motor application depends upon gross vehicle weight, haul road grade, haul road length, rolling resistance and other parameters. Komatsu and G.E. must analyze each job condition to assure proper application.
 ** Optional ratios available.



TIRES AND RIMS

Rock service, tubeless, radial tires	
Standard tire*	53/80 R63
Taper lock, five (5) piece rim	
914 mm x 1600 mm x 127 mm 36" x 63" x 5.0" rim assembly.	
Rims rated at 758 kPa 110 psi cold inflation pressure.	
Typical tire weight	26127 kg 57,600 lb

* Tires should meet application requirements for 64kmph, load, compound, inflation pressure, ply rating or equivalent, etc.



BODY

All-welded steel flat floor body with horizontal bolsters and full canopy. Eyebrow, rear wheel rock ejectors, body up sling and rubber mounts on frame are standard. Pivot exhaust heating optional.

Floor sheet	16 mm 0.63" 1379 mPa 200,000 psi tensile strength steel (two-piece)
Front sheet	9 mm 0.35" 1379 mPa 200,000 psi tensile strength steel
Side sheet	8 mm 0.31" 1379 mPa 200,000 psi tensile strength steel
Canopy sheet	5 mm 0.19" 690 mPa 100,000 psi
Struck	171 m ³ 224 yd ³
Standard SAE heaped 2:1	211 m ³ 276 yd ³
Standard Komatsu body weight	30362 kg 66,936 lb

*Komatsu must approve all bodies through a Body Application Worksheet



CAB

Advanced Operator Environment with integral 4-post ROPS/FOPS structure Level 2, adjustable air suspension seat w/lumber support and arm rests, full-size passenger seat, maximum R-value insulation, tilt and telescoping steering wheel, electric windshield wipers w/washer, tinted safety glass, power windows, Komatsu Payload Weighing System, 55,000 BTU/hr heater and defroster, 21,600 BTU/hr air conditioning (HFC - 134A refrigerant).



FRAME

Advanced technology, full butt-welded box sectional ladder-type frame with integral ROPS supports, integral front bumper, rear tubular cross members, steel castings at all critical stress transition zones, rugged continuous horseshollar.

Plate material	482.6 mPa 70,000 psi tensile strength steel
Casting material	620.5 mPa 90,000 psi tensile strength steel
Rail width	305 mm 12"
Rail depth (minimum)	864 mm 34"
Top and bottom plate thickness	45 mm 1.77"
Side plate thickness	25 mm 0.98"
Drive axle mounting	Pin and spherical bushing
Drive axle alignment	Swing link between frame and axle



BRAKING SYSTEM

Service brakes: oil-cooled, hydraulic-actuated, multiple disc brakes at each wheel. Traction system wheel slip/slide control.

Max. service apply pressure	17237 kPa 2500 psi
Total friction area per brake	97025 cm ² 15,038 in ²
Emergency brakes	Automatically applied prior to hydraulic system pressure dropping below level required to meet secondary stopping requirements.
Wheel brake locks	Switch activated
Parking brakes	Multiple disc, spring-applied, hydraulically-released, dry brakes on inboard end of each wheel motor rotor shaft. Rated to hold on ±15% grade at maximum gross vehicle weight.
Electric dynamic retarder	Max 4026 kW 5400 hp Continuous 2460 kW 3300 hp

Continuously rated high-density blown grids w/retard capacity at low speeds and retard in reverse propulsion.



SUSPENSION

Variable rate hydro-pneumatic with integral rebound control

Max. front stroke	328 mm 12.92"
Max. rear stroke	239 mm 9.40"
Max. rear axle oscillation	±6.5°



COOLING SYSTEM

L&M radiator assembly, split-flow, with deaerator-type top tank.

Radiator frontal area	7.02 m ² 75.5 ft ²
-----------------------	--



SERVICE CAPACITIES

Cooling system	594 L	157 U.S. gal
Crankcase*	280 L	74 U.S. gal
Hydraulic system	1325 L	350 U.S. gal
Motor gear box (each)	95 L	25 U.S. gal
Fuel	4542 L	1200 U.S. gal

* Includes lube oil filters



HYDRAULIC SYSTEM

Steering Accumulator assisted with twin double acting cylinders provide constant rate steering. Emergency steering automatically supplied by accumulator.

Turning circle diameter (SAE) 29.7 m 97'7"

Reservoir 947 L 250 U.S. gal

Filtration In-line replaceable elements

Suction Single, full flow, 100 mesh

Hoist and steering Dual, in-line, high pressure

Brake component cabinet Above deck, easily accessible with diagnostic test connections

Hoist Two 3-stage dual-acting outboard cylinders, internal cushion valve, over-center dampening

Hoist times

 Power-up loaded 21 sec

 Power-down 23 sec

 Float-down empty 24 sec

Pumps Two pumps, single package, end of alternator

 Hoist and brake cooling Tandem gear pump with output of 1022 lpm 270 gpm at 1900 rpm and 17237 kPa 2,500 psi

 Steering and brake Pressure-compensating piston pump with output of 246 lpm 65 gpm at 1900 rpm and 18961 kPa 2,750 psi

System relief pressures

 Hoist and brake cooling 17237 kPa 2,500 psi

 Steering and brake 27579 kPa 4,000 psi

Quick disconnects standard for powering disabled truck and for systems diagnostics.



ELECTRICAL SYSTEM

4 x 8D 1450 CCA, 12 volt, in series/parallel, 220-ampere-hour batteries, bumper-mounted with disconnect switch and lockout.

Alternator 24 volt, 140 amp

Lighting 24 volt

Cranking motors Two/24 volt



WEIGHT DISTRIBUTION

Empty vehicle weight (wet, 100% fuel, no options, std. Komatsu body, std. tires)

Front axle	99711 kg	219,826 lb	47%
Rear axle	110476 kg	243,557 lb	53%
Total EVW	210187 kg	463,383 lb	

Gross vehicle weight (Nominal)

Front axle	165651 kg	365,201 lb	33%
Rear axle	336323 kg	741,469 lb	67%
Total	501974 kg	1,106,670 lb	
Nominal payload*	291790 kg	643,287 lb	
		320 U.S. ton	

* Nominal payload is defined by Komatsu America Corp. payload policy documentation. In general, the nominal payload must be adjusted for the specific vehicle configuration and site application. The figures above are provided for basic product description purposes. Please contact your Komatsu distributor for specific application requirements.

ANEXO B: POTENCIAL ESTIMADO DE TIEMPO

Tiempo en horas anuales por camión aprovechado versus minuto de apagado de motor tras detención del vehículo.

Minuto de Apagado motor	Tiempo Aprovechado [horas]	Tiempo Aprovechado [horas]
0	850	600
0,2	824,5	582
0,4	799	564
0,6	773,5	546
0,8	748	528
1	722,5	510
1,2	697	492
1,4	671,5	474
1,6	646	456
1,8	620,5	438
2	595	420
2,2	569,5	402
2,4	544	384
2,6	518,5	366
2,8	493	348
3	467,5	330

ANEXO C: POTENCIAL ESTIMADO DE LITROS

Potencial de ahorro en litros de diesel anual por camión versus minuto de apagado de motor tras detención del vehículo:

Minuto de Apagado motor	Litros de diesel ahorrado	Litros de diesel ahorrado
0	21250	32400
0,2	20612,5	31428
0,4	19975	30456
0,6	19337,5	29484
0,8	18700	28512
1	18062,5	27540
1,2	17425	26568
1,4	16787,5	25596
1,6	16150	24624
1,8	15512,5	23652
2	14875	22680
2,2	14237,5	21708
2,4	13600	20736
2,6	12962,5	19764
2,8	12325	18792
3	11687,5	17820

ANEXO D: POTENCIAL ESTIMADO EN USD

Potencial de ahorro en litros de diesel anual por camión versus minuto de apagado de motor tras detención del vehículo:

Minuto de Apagado motor	USD Ahorrados	USD Ahorrados
0	9595,4375	14630,22
0,2	9307,57438	14191,3134
0,4	9019,71125	13752,4068
0,6	8731,84813	13313,5002
0,8	8443,985	12874,5936
1	8156,12188	12435,687
1,2	7868,25875	11996,7804
1,4	7580,39563	11557,8738
1,6	7292,5325	11118,9672
1,8	7004,66938	10680,0606
2	6716,80625	10241,154
2,2	6428,94313	9802,2474
2,4	6141,08	9363,3408
2,6	5853,21688	8924,4342
2,8	5565,35375	8485,5276
3	5277,49063	8046,621

ANEXO E: INFORME SEMANAL VARIACIONES DE PRECIOS DE COMBUSTIBLES 23 DE SEPTIEMBRE 2015

INFORME SEMANAL VARIACIONES DE PRECIOS DE COMBUSTIBLES

De acuerdo a la Política Comercial de ENAP, los precios de los productos que comercializa reflejan el precio de paridad de importación desde un mercado cercano, profundo y de gran escala como es el de la costa estadounidense del Golfo de México (en adelante, Costa del Golfo), más el costo de flete hasta Chile y otros costos, propios de la actividad de importación de combustibles refinados del petróleo. Por esto, los precios de ENAP al por mayor corresponden al costo alternativo de la importación de combustibles, propio de un mercado abierto y competitivo como es el mercado mayorista en Chile, sin incluir ni costos ni márgenes de la distribución, a diferencia de los que informa la Comisión Nacional de Energía en su Sistema de Información en Línea de Precios de Combustibles en Estaciones de Servicio (www.bencinaenlinea.cl).

Para la semana del 24 al 30 de septiembre de 2015, los precios de los combustibles derivados del petróleo de ENAP a distribuidores mayoristas, y sus variaciones, se presentan en la Tabla N° 1. Estos precios incorporan las bajas de la gasolina, kerosene y diesel registradas en el mercado internacional de la Costa del Golfo desde el lunes 7 al viernes 18 de septiembre de 2015, período de referencia para el cálculo. Asimismo, los precios de ENAP y sus variaciones consideran la aplicación de un tipo de cambio contractual promedio de 5 días para clientes de ENAP de 687,33 \$/USD, menor en 7,31 \$/USD con respecto al aplicado por ENAP en el cálculo de precios de la semana anterior.

Tabla N°1

Precios al por Mayor con Impuestos, en Región Metropolitana (*)		
Producto	Precio (\$/lt.)	Variación Total (\$/lt.)
Gasolina 93	691,5	- 5,3
Gasolina 97	734,7	- 5,3
Kerosene	443,3	- 17,1
Diesel	435,7	- 5,3
Precio al por Mayor del GLP con Impuestos, en \$/lt., en Concón (**)		
Gas Licuado de Petróleo	201,8	0,0

(*) Los precios incluyen tarifa por transporte en oleoducto SONACOL desde Concón a Maipú, de 8,5 \$/lt., la aplicación del FEPP, Impuestos Específicos, MEPCO e IVA.

(**) Precio del GLP a granel en Concón, incluye solamente IVA. Para efectos de la aplicación del Mecanismo de Estabilización de Precios de los Combustibles (MEPCO) se debe ajustar este valor considerando la tarifa por transporte en oleoducto SONACOL desde Concón a Maipú, de 5,9 \$/lt., y el Impuesto Específico del GLP de uso vehicular, de 1,336 UTM por metro cúbico. La gravedad específica utilizada para convertir el precio de \$/kg a \$/lt. es 0,518 kg/lt.

Durante el período de referencia (7 al 18 de septiembre), en el mercado de la Costa del Golfo bajaron los precios de la gasolina, kerosene y diesel, mientras que el precio del petróleo crudo marcador mundial, Brent, se mantuvo prácticamente estable, bajando de 47,6 a 47,5 dólares por barril (US\$/bbl) en el transcurso de dicho período.

Los precios de los combustibles cayeron a consecuencia de un gran aumento en la refinación de petróleo en Estados Unidos, con la consiguiente mayor oferta de productos derivados, según lo informado el miércoles 16 de septiembre por el Departamento de Energía de Estados Unidos (DOE) en su publicación semanal.

De acuerdo al mencionado informe, las refinerías aumentaron en 400.000 barriles diarios el procesamiento de petróleo crudo, primer aumento semanal desde julio pasado. La mayor oferta de productos se vio reflejada en un aumento de los inventarios de gasolina, en 2,8 millones de barriles, y de diesel, en 3,1 millones de barriles.

En la Tabla N° 2, se presentan las variaciones de los precios de ENAP, y la distribución de éstas en dos componentes: el efecto de la variación del tipo de cambio, por una parte, y el efecto conjunto de las variaciones en los precios internacionales de referencia, el FEPP, MEPCO e impuestos, por la otra:

Tabla N°2

Precios al por Mayor con Impuestos, en Región Metropolitana (*)			Componentes de la Variación Total	
Producto	Precio (\$/lt.)	Variación Total (\$/lt.)	Efecto Dólar (\$/lt.)	Precio internacional, MEPCO y otros (\$/lt.)
Gasolina 93	691,5	- 5,3	- 3,9	- 1,4
Gasolina 97	734,7	- 5,3	- 4,3	- 1,0
Kerosene	443,3	- 17,1	- 4,6	- 12,5
Diesel	435,7	- 5,3	- 3,7	- 1,6

(*) Los precios incluyen tarifa por transporte en oleoducto SONACOL desde Concón a Maipú, de 8,5 \$/lt., la aplicación del FEPP, Impuestos Específicos, MEPCO e IVA.

En lo ya transcurrido del período de indexación para la próxima semana, en el mercado internacional de la Costa del Golfo repuntaron los precios de las gasolinas mientras que continuaron a la baja los precios del kerosene y diesel.

Los precios de la gasolina subieron ante una firme demanda, según lo informado hoy por el DOE en su publicación semanal, lo que se explicaría por la creación de empleos resultante del notable desempeño de la economía estadounidense. En cambio, los precios de los destilados medios siguieron débiles debido a que lluvias en el Medio Oeste de los Estados Unidos han dificultado las cosechas de cereales, retardando el consumo de diesel agrícola.

En el caso del precio del crudo, alzas a comienzos de esta semana tuvieron poca duración, cerrando hoy a 47,8 dólares el barril de Brent en la Bolsa Intercontinental de Londres.

NOTA:

Mediante estos informes y su sitio web, ENAP busca solamente aportar antecedentes relevantes para el mercado de los combustibles. Este informe no puede en ningún caso considerarse un documento que determina, fija o define referencias o valores para los precios mayoristas o precios al consumidor final en el mercado chileno, los que son completamente libres, dada su condición de mercado abierto, competitivo y desregulado.

Santiago, 23 de septiembre de 2015.

ANEXO F: INVERSIÓN EN BASE A LOS AÑOS ESPERADOS DE RETORNO Y POTENCIAL SUPUESTO

Inversión en base a los años esperados de retorno, el potencial anual supuesto por camión y costo capital 15%.

Año estimado retorno	Potencial de ahorro							
	5500	6500	7500	8500	9500	10500	11500	12500
2	8.941	10.567	12.193	13.819	15.444	17.070	18.696	20.321
3	12.558	14.841	17.124	19.407	21.691	23.974	26.257	28.540
4	15.702	18.557	21.412	24.267	27.122	29.977	32.832	35.687
5	18.437	21.789	25.141	28.493	31.845	35.198	38.550	41.902
6	20.815	24.599	28.384	32.168	35.953	39.737	43.522	47.306
7	22.882	27.043	31.203	35.364	39.524	43.684	47.845	52.005
8	24.680	29.168	33.655	38.142	42.630	47.117	51.604	56.092
9	26.244	31.015	35.787	40.558	45.330	50.102	54.873	59.645
10	27.603	32.622	37.641	42.660	47.678	52.697	57.716	62.735

ANEXO G: VAN EN FUNCIÓN DEL VALOR DEL KIT

VAN en función del valor del kit para distintos potenciales de ahorro y distintos años de evaluación

Potencial de USD5.500

Precio kit	2 años	3 años	4 años	5 años	6 años	7 años
10000	-\$ 1.059	\$ 2.558	\$ 5.702	\$ 8.437	\$ 10.815	\$ 12.882
11000	-\$ 2.059	\$ 1.558	\$ 4.702	\$ 7.437	\$ 9.815	\$ 11.882
12000	-\$ 3.059	\$ 558	\$ 3.702	\$ 6.437	\$ 8.815	\$ 10.882
13000	-\$ 4.059	-\$ 442	\$ 2.702	\$ 5.437	\$ 7.815	\$ 9.882
14000	-\$ 5.059	-\$ 1.442	\$ 1.702	\$ 4.437	\$ 6.815	\$ 8.882
15000	-\$ 6.059	-\$ 2.442	\$ 702	\$ 3.437	\$ 5.815	\$ 7.882
16000	-\$ 7.059	-\$ 3.442	-\$ 298	\$ 2.437	\$ 4.815	\$ 6.882
17000	-\$ 8.059	-\$ 4.442	-\$ 1.298	\$ 1.437	\$ 3.815	\$ 5.882
18000	-\$ 9.059	-\$ 5.442	-\$ 2.298	\$ 437	\$ 2.815	\$ 4.882
19000	-\$ 10.059	-\$ 6.442	-\$ 3.298	-\$ 563	\$ 1.815	\$ 3.882
20000	-\$ 11.059	-\$ 7.442	-\$ 4.298	-\$ 1.563	\$ 815	\$ 2.882
21000	-\$ 12.059	-\$ 8.442	-\$ 5.298	-\$ 2.563	-\$ 185	\$ 1.882
22000	-\$ 13.059	-\$ 9.442	-\$ 6.298	-\$ 3.563	-\$ 1.185	\$ 882
23000	-\$ 14.059	-\$ 10.442	-\$ 7.298	-\$ 4.563	-\$ 2.185	-\$ 118
24000	-\$ 15.059	-\$ 11.442	-\$ 8.298	-\$ 5.563	-\$ 3.185	-\$ 1.118
25000	-\$ 16.059	-\$ 12.442	-\$ 9.298	-\$ 6.563	-\$ 4.185	-\$ 2.118
26000	-\$ 17.059	-\$ 13.442	-\$ 10.298	-\$ 7.563	-\$ 5.185	-\$ 3.118
27000	-\$ 18.059	-\$ 14.442	-\$ 11.298	-\$ 8.563	-\$ 6.185	-\$ 4.118
28000	-\$ 19.059	-\$ 15.442	-\$ 12.298	-\$ 9.563	-\$ 7.185	-\$ 5.118
29000	-\$ 20.059	-\$ 16.442	-\$ 13.298	-\$ 10.563	-\$ 8.185	-\$ 6.118
30000	-\$ 21.059	-\$ 17.442	-\$ 14.298	-\$ 11.563	-\$ 9.185	-\$ 7.118

Potencial de USD8.000

	2 años	3 años	4 años	5 años	6 años	7 años
10000	\$ 3.006	\$ 8.266	\$ 12.840	\$ 16.817	\$ 20.276	\$ 23.283
11000	\$ 2.006	\$ 7.266	\$ 11.840	\$ 15.817	\$ 19.276	\$ 22.283
12000	\$ 1.006	\$ 6.266	\$ 10.840	\$ 14.817	\$ 18.276	\$ 21.283
13000	\$ 6	\$ 5.266	\$ 9.840	\$ 13.817	\$ 17.276	\$ 20.283
14000	-\$ 994	\$ 4.266	\$ 8.840	\$ 12.817	\$ 16.276	\$ 19.283
15000	-\$ 1.994	\$ 3.266	\$ 7.840	\$ 11.817	\$ 15.276	\$ 18.283
16000	-\$ 2.994	\$ 2.266	\$ 6.840	\$ 10.817	\$ 14.276	\$ 17.283
17000	-\$ 3.994	\$ 1.266	\$ 5.840	\$ 9.817	\$ 13.276	\$ 16.283
18000	-\$ 4.994	\$ 266	\$ 4.840	\$ 8.817	\$ 12.276	\$ 15.283
19000	-\$ 5.994	-\$ 734	\$ 3.840	\$ 7.817	\$ 11.276	\$ 14.283
20000	-\$ 6.994	-\$ 1.734	\$ 2.840	\$ 6.817	\$ 10.276	\$ 13.283
21000	-\$ 7.994	-\$ 2.734	\$ 1.840	\$ 5.817	\$ 9.276	\$ 12.283
22000	-\$ 8.994	-\$ 3.734	\$ 840	\$ 4.817	\$ 8.276	\$ 11.283
23000	-\$ 9.994	-\$ 4.734	-\$ 160	\$ 3.817	\$ 7.276	\$ 10.283
24000	-\$ 10.994	-\$ 5.734	-\$ 1.160	\$ 2.817	\$ 6.276	\$ 9.283
25000	-\$ 11.994	-\$ 6.734	-\$ 2.160	\$ 1.817	\$ 5.276	\$ 8.283
26000	-\$ 12.994	-\$ 7.734	-\$ 3.160	\$ 817	\$ 4.276	\$ 7.283
27000	-\$ 13.994	-\$ 8.734	-\$ 4.160	-\$ 183	\$ 3.276	\$ 6.283
28000	-\$ 14.994	-\$ 9.734	-\$ 5.160	-\$ 1.183	\$ 2.276	\$ 5.283
29000	-\$ 15.994	-\$ 10.734	-\$ 6.160	-\$ 2.183	\$ 1.276	\$ 4.283
30000	-\$ 16.994	-\$ 11.734	-\$ 7.160	-\$ 3.183	\$ 276	\$ 3.283

Potencial de USD10.000

	2 años	3 años	4 años	5 años	6 años	7 años
10000	\$ 6.257	\$ 12.832	\$ 18.550	\$ 23.522	\$ 27.845	\$ 31.604
11000	\$ 5.257	\$ 11.832	\$ 17.550	\$ 22.522	\$ 26.845	\$ 30.604
12000	\$ 4.257	\$ 10.832	\$ 16.550	\$ 21.522	\$ 25.845	\$ 29.604
13000	\$ 3.257	\$ 9.832	\$ 15.550	\$ 20.522	\$ 24.845	\$ 28.604
14000	\$ 2.257	\$ 8.832	\$ 14.550	\$ 19.522	\$ 23.845	\$ 27.604
15000	\$ 1.257	\$ 7.832	\$ 13.550	\$ 18.522	\$ 22.845	\$ 26.604
16000	\$ 257	\$ 6.832	\$ 12.550	\$ 17.522	\$ 21.845	\$ 25.604
17000	-\$ 743	\$ 5.832	\$ 11.550	\$ 16.522	\$ 20.845	\$ 24.604
18000	-\$ 1.743	\$ 4.832	\$ 10.550	\$ 15.522	\$ 19.845	\$ 23.604
19000	-\$ 2.743	\$ 3.832	\$ 9.550	\$ 14.522	\$ 18.845	\$ 22.604
20000	-\$ 3.743	\$ 2.832	\$ 8.550	\$ 13.522	\$ 17.845	\$ 21.604
21000	-\$ 4.743	\$ 1.832	\$ 7.550	\$ 12.522	\$ 16.845	\$ 20.604
22000	-\$ 5.743	\$ 832	\$ 6.550	\$ 11.522	\$ 15.845	\$ 19.604
23000	-\$ 6.743	-\$ 168	\$ 5.550	\$ 10.522	\$ 14.845	\$ 18.604
24000	-\$ 7.743	-\$ 1.168	\$ 4.550	\$ 9.522	\$ 13.845	\$ 17.604
25000	-\$ 8.743	-\$ 2.168	\$ 3.550	\$ 8.522	\$ 12.845	\$ 16.604
26000	-\$ 9.743	-\$ 3.168	\$ 2.550	\$ 7.522	\$ 11.845	\$ 15.604
27000	-\$ 10.743	-\$ 4.168	\$ 1.550	\$ 6.522	\$ 10.845	\$ 14.604
28000	-\$ 11.743	-\$ 5.168	\$ 550	\$ 5.522	\$ 9.845	\$ 13.604
29000	-\$ 12.743	-\$ 6.168	-\$ 450	\$ 4.522	\$ 8.845	\$ 12.604
30000	-\$ 13.743	-\$ 7.168	-\$ 1.450	\$ 3.522	\$ 7.845	\$ 11.604

Potencial de USD12.500

	2 años	3 años	4 años	5 años	6 años	7 años
10000	\$ 10.321	\$ 18.540	\$ 25.687	\$ 31.902	\$ 37.306	\$ 42.005
11000	\$ 9.321	\$ 17.540	\$ 24.687	\$ 30.902	\$ 36.306	\$ 41.005
12000	\$ 8.321	\$ 16.540	\$ 23.687	\$ 29.902	\$ 35.306	\$ 40.005
13000	\$ 7.321	\$ 15.540	\$ 22.687	\$ 28.902	\$ 34.306	\$ 39.005
14000	\$ 6.321	\$ 14.540	\$ 21.687	\$ 27.902	\$ 33.306	\$ 38.005
15000	\$ 5.321	\$ 13.540	\$ 20.687	\$ 26.902	\$ 32.306	\$ 37.005
16000	\$ 4.321	\$ 12.540	\$ 19.687	\$ 25.902	\$ 31.306	\$ 36.005
17000	\$ 3.321	\$ 11.540	\$ 18.687	\$ 24.902	\$ 30.306	\$ 35.005
18000	\$ 2.321	\$ 10.540	\$ 17.687	\$ 23.902	\$ 29.306	\$ 34.005
19000	\$ 1.321	\$ 9.540	\$ 16.687	\$ 22.902	\$ 28.306	\$ 33.005
20000	\$ 321	\$ 8.540	\$ 15.687	\$ 21.902	\$ 27.306	\$ 32.005
21000	-\$ 679	\$ 7.540	\$ 14.687	\$ 20.902	\$ 26.306	\$ 31.005
22000	-\$ 1.679	\$ 6.540	\$ 13.687	\$ 19.902	\$ 25.306	\$ 30.005
23000	-\$ 2.679	\$ 5.540	\$ 12.687	\$ 18.902	\$ 24.306	\$ 29.005
24000	-\$ 3.679	\$ 4.540	\$ 11.687	\$ 17.902	\$ 23.306	\$ 28.005
25000	-\$ 4.679	\$ 3.540	\$ 10.687	\$ 16.902	\$ 22.306	\$ 27.005
26000	-\$ 5.679	\$ 2.540	\$ 9.687	\$ 15.902	\$ 21.306	\$ 26.005
27000	-\$ 6.679	\$ 1.540	\$ 8.687	\$ 14.902	\$ 20.306	\$ 25.005
28000	-\$ 7.679	\$ 540	\$ 7.687	\$ 13.902	\$ 19.306	\$ 24.005
29000	-\$ 8.679	-\$ 460	\$ 6.687	\$ 12.902	\$ 18.306	\$ 23.005
30000	-\$ 9.679	-\$ 1.460	\$ 5.687	\$ 11.902	\$ 17.306	\$ 22.005

ANEXO H: TABLA DE PRECIOS DE PARIDAD

Atendiendo a su política de transparencia en el ámbito comercial, ENAP publica en esta sección los precios de paridad que semana a semana calcula, de acuerdo con la variación en el precio de los productos en el mercado internacional. Las celdas corresponden a los precios mayoristas, puestos en Concón, los cuales incluyen costos de logística de transporte y almacenamiento; pero no se incluyen los impuestos que rigen en Chile, ni los efectos de la aplicación de los fondos de estabilización de precios.

*Los precios del GLP publicados a contar del 2 de enero de 2014, corresponden al precio de paridad en Concón para el GLP comercial de refinerías (no catalítico, de conformidad a la Norma Chilena Oficial vigente), y que de acuerdo a Plan de Prevención y Descontaminación Ambiental para la Región Metropolitana (PPDA), puede ser distribuido directamente en todo Chile, a excepción de la Región Metropolitana.

	Gasolina 93	Gasolina 97	Kerosene	Diesel	GLP*	Fuel Oil N° 6
Fecha	US\$/m3	US\$/m3	US\$/m3	US\$/m3	US\$/ton	US\$/tm
08-oct-15	458,36	505,47	524,93	426,80	486,95	264,97
01-oct-15	452,16	498,24	527,53	426,19	485,92	262,73
24-sept-15	443,05	492,21	531,58	431,45	479,49	261,46
17-sept-15	458,02	507,79	546,69	449,63	475,29	276,21
10-sep-15	465,86	504,44	531,41	435,49	440,42	268,66
3-sep-15	495,87	530,65	522,02	426,48	432,41	257,52
27-ago-15	529,64	579,02	539,00	443,74	442,30	278,20
20-ago-15	541,90	611,38	544,44	448,31	444,93	293,38
13-ago-15	543,23	625,50	547,48	451,98	451,16	309,08
6-ago-15	563,90	652,85	564,76	470,00	439,60	330,96
30-jul-15	587,54	684,26	578,89	484,43	449,10	346,40
23-jul-15	614,47	711,80	586,28	494,11	482,70	356,83
16-jul-15	630,51	726,18	602,05	510,44	485,30	376,07
9-jul-15	619,57	712,64	620,83	525,22	478,51	397,26
2-jul-15	614,11	707,01	626,36	528,02	474,29	399,30
25-jun-15	620,62	706,78	633,22	533,35	474,82	397,32
18-jun-15	618,06	699,89	633,95	536,90	481,51	395,94
11-jun-15	604,23	687,54	632,60	540,15	494,03	392,60
04-jun-15	596,91	670,58	641,94	551,31	496,76	389,33
28-may-15	596,18	652,17	651,68	563,11	510,59	393,91
21-may-15	585,72	634,26	649,70	566,08	529,69	400,06
14-may-15	579,27	633,90	644,20	559,21	546,93	395,19

7-may-15	589,40	623,25	633,42	544,83	581,03	387,42
30-abr-15	547,53	590,88	619,40	530,31	581,55	380,09
23-abr-15	529,24	584,15	602,36	511,38	552,54	387,23
16-abr-15	518,14	557,99	584,42	494,57	542,23	353,00
9-abr-15	519,37	565,66	586,41	497,35	559,40	350,47
2-abr-15	517,89	558,03	586,59	498,07	552,10	345,47
26-mar-15	529,31	569,35	604,82	505,59	583,06	351,51
19-mar-15	542,09	586,01	658,64	532,70	591,58	376,52
12-mar-15	550,70	593,52	678,71	548,05	583,18	390,59
5-mar-15	531,97	572,67	649,41	545,29	581,58	393,89
26-feb-15	507,35	545,26	612,46	534,06	568,77	392,03
19-feb-15	498,72	538,91	598,07	519,17	549,77	377,77
12-feb-15	474,18	515,89	582,73	488,76	521,06	345,06
5-feb-15	448,07	488,14	540,27	464,74	511,93	315,18
29-ene-15	436,92	484,73	532,54	457,52	499,98	306,93
22-ene-15	430,16	491,68	542,65	457,10	483,91	307,83
15-ene-15	434,95	499,96	562,50	470,32	491,07	322,39
08-ene-15	447,30	505,86	585,84	486,55	520,61	349,45
1-ene-15	468,36	522,13	607,82	505,66	539,16	358,24
25-dec-14	492,75	542,69	628,31	533,12	543,19	376,04
18-dec-14	525,95	577,52	652,54	570,32	588,33	404,72
11-dic-14	560,05	612,40	686,52	610,06	626,44	435,96
4-dic-14	595,04	643,53	717,41	651,98	661,22	463,54
27-nov-14	614,53	670,00	733,44	667,51	683,23	470,53
20-nov-14	646,96	717,17	755,67	687,84	715,79	483,78
13-nov-14	661,26	747,85	770,27	698,45	736,95	499,66
6-nov-14	659,33	758,44	776,41	702,10	739,68	507,86
30-oct-14	661,50	768,69	777,59	703,30	741,80	508,47
23-oct-14	693,97	805,46	795,07	718,73	782,90	531,79
16-oct-14	743,75	831,30	812,85	734,98	830,61	563,54
09-oct-14	782,83	851,02	822,55	744,71	851,75	587,98
02-oct-14	788,98	870,00	823,93	752,96	845,31	597,24
25-sep-14	777,04	862,41	822,02	762,12	854,21	600,05
18-sep-14	782,40	854,83	830,88	775,52	851,43	613,15
11-sep-14	800,02	844,32	838,39	787,89	852,57	618,08

04-sep-14	801,02	830,47	840,45	787,73	865,15	613,27
28-ago-14	801,71	838,07	850,07	789,29	864,76	612,65
21-ago-14	797,02	826,95	858,830	796,32	866,27	627,19
14-ago-14	794,19	814,09	864,77	801,28	878,96	640,38
07-ago-14	803,99	837,81	862,72	803,00	915,76	640,19
31-jul-14	815,87	849,97	859,30	799,38	936,15	636,96
24-jul-14	827,64	865,96	870,49	801,04	936,77	631,52
17-jul-14	849,94	904,68	882,97	812,18	938,01	633,16
10-jul-14	869,17	924,66	905,32	830,96	948,28	648,95
3-jul-14	865,98	924,17	918,25	835,58	950,59	654,58
26-jun-14	846,78	907,40	905,27	820,00	955,60	648,15
19-jun-14	828,28	886,29	888,33	800,58	939,94	641,43
12-jun-14	823,40	874,76	884,29	799,73	933,11	638,34
05-jun-14	825,13	874,35	894,25	811,03	938,29	638,30
29-may-14	818,79	872,58	897,50	815,02	950,34	643,14
22-may-14	804,79	859,57	893,37	812,22	949,60	643,52
15-may-14	808,94	863,90	894,39	812,45	952,48	634,26
08-may-14	834,89	886,16	910,65	824,40	956,68	635,49
01-may-14	847,92	901,85	922,89	832,66	968,46	637,47
24-abr-14	840,18	884,71	912,76	823,26	949,74	630,52
17-abr-14	824,55	859,45	891,58	811,93	957,26	620,40
10-abr-14	796,03	837,39	879,48	809,15	946,70	616,96
03-abr-14	783,42	822,74	872,96	806,23	938,71	620,39
27-mar-14	793,09	836,63	878,31	806,68	929,35	624,25
20-mar-14	808,35	884,06	914,31	826,26	944,64	633,44
13-mar-14	815,70	901,95	945,59	840,64	933,95	642,89
06-mar-14	816,26	879,83	949,98	844,02	996,16	647,95
27-feb-14	819,14	877,68	933,95	839,50	1055,74	646,72
20-feb-14	800,74	858,64	910,66	824,96	1055,43	644,74
13-feb-14	778,6	827,44	921,56	819,66	1094,39	652,13
6-feb-14	774,95	817,00	930,25	820,78	1092,20	660,31
30-ene-14	777,20	824,69	894,58	814,72	1076,40	650,57
23-ene-14	778,62	825,08	867,32	812,43	1057,31	638,83
16-ene-14	781,37	836,81	865,58	820,26	1088,02	642,51

ANEXO I: POTENCIAL REDUCCIÓN DE EMISIONES

Potencial de reducción anual generado por camión de emisiones de CO₂ versus minuto de apagado de motor tras detención del vehículo:

Minuto de Apagado motor	Emisiones reducidas [Kg CO ₂]	Emisiones reducidas [Kg CO ₂]
0	52508,75	80060,4
0,2	50933,4875	77658,588
0,4	49358,225	75256,776
0,6	47782,9625	72854,964
0,8	46207,7	70453,152
1	44632,4375	68051,34
1,2	43057,175	65649,528
1,4	41481,9125	63247,716
1,6	39906,65	60845,904
1,8	38331,3875	58444,092
2	36756,125	56042,28
2,2	35180,8625	53640,468
2,4	33605,6	51238,656
2,6	32030,3375	48836,844
2,8	30455,075	46435,032
3	28879,8125	44033,22