



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS**

**Implementación del Software Control Sense para Incrementar  
la Eficiencia en el Carguío y Acarreo de la Compañía Minera  
Milpo S.A.A.**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
Ingeniero de Minas**

**AUTOR:**

Carranza Vásquez, Deivy Hernani (ORCID: 0000-0002-0294-2531)

**ASESORES:**

Dr. Beder Erasmo Martell Espinoza (ORCID: 0000-0002-4169-9212)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Perforación y Voladura de Rocas

CHICLAYO - PERÚ

2021

## **Dedicatoria**

A mis padres, por el constante apoyo que me brindaron a lo largo del desarrollo profesional. Este logro es para ustedes.

**El autor.**

## **Agradecimiento**

En primer a Dios, por permitirme alcanzar mis metas. A mis padres quienes me brindaron sus sabios consejos.

A mis hermanos por ser un pilar fundamental en mi desarrollo.

A los docentes de la escuela profesional de Ingeniería de Minas de la Universidad César Vallejo.

**El autor.**

## Índice de contenidos

Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice de contenidos .....	iv
Índice de tablas .....	v
Índice de figuras .....	vi
RESUMEN .....	x
ABSTRACT .....	xi
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	4
III. METODOLOGÍA .....	11
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	11
3.2. Variables y operacionalización.....	11
3.3. Población, muestra y muestreo.....	12
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	12
3.5. Procedimiento.....	13
3.6. Método de análisis de datos.....	13
3.7. Aspectos éticos.....	13
IV. RESULTADOS.....	15
V. DISCUSIÓN .....	89
VI. CONCLUSIONES .....	94
VII. RECOMENDACIONES .....	95
REFERENCIAS.....	96
ANEXOS .....	

## Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b> <i>Análisis de tiempo de ciclo de los volquetes y cargadores.</i>	63
<b>Tabla 2.</b> <i>Performance truck operator.</i>	64
<b>Tabla 3.</b> <i>KPI de los ciclos por operador del Equipo CAT374</i>	67
<b>Tabla 4.</b> <i>KPI de los ciclos por operador del Equipo CAT390.</i>	68
<b>Tabla 5.</b> <i>KPI de los ciclos por operador del Equipo SCANIA 460</i>	71
<b>Tabla 6.</b> <i>KPI de los ciclos por operador del Equipo SCANIA 460HT</i>	74
<b>Tabla 7.</b> <i>KPI de los ciclos por operador del Equipo CAT785</i>	75
<b>Tabla 8.</b> Consumo de combustible por unidad.	82
Tabla 9. Mejora de la productividad.	83
<b>Tabla 10.</b> <i>OEE de los equipos de carguío y acarreo de la empresa Milpo con Control Sense.</i>	88

## Índice de figuras

<b>Figura 1.</b> Componentes de mina	15
<b>Figura 2.</b> Proceso de minado.	16
<b>Figura 3.</b> Perforación de mina	16
<b>Figura 4.</b> Voladura en mina	17
<b>Figura 5.</b> Carguío en mina	17
<b>Figura 6.</b> Transporte de material en mina	18
<b>Figura 7.</b> Descarga en mina	18
<b>Figura 8.</b> Manejo de drenaje de mina	18
<b>Figura 9.</b> Unidad Estratigráfica	19
<b>Figura 10.</b> Excavadora CAT 374	21
<b>Figura 11.</b> Excavadora CAT 374	21
<b>Figura 12.</b> Excavadora CAT 390	21
<b>Figura 13.</b> Volquetes Scania 460	22
<b>Figura 14.</b> Volquetes Scania 460 HT	22
<b>Figura 15.</b> Volquetes Scania 500	22
<b>Figura 16.</b> Valores máximos y mínimos mensuales de la flota CAT374DL.	24
<b>Figura 17.</b> Productividad Instantánea (t/h) mensual de la flota CAT374DL.	25
<b>Figura 18.</b> Histograma de Productividad Instantánea (t/h) mensual de la flota CAT374DL.	25
<b>Figura 19.</b> Valores máximos y mínimos mensuales de la flota CAT390FL.	26
<b>Figura 20.</b> Productividad Instantánea (t/h) mensual de la flota CAT390FL	26
<b>Figura 21.</b> Histograma de Productividad Instantánea (t/h) mensual de la flota CAT390FL.	27
<b>Figura 22.</b> Valores máximos y mínimos mensuales de la flota CAT374DL.	27
<b>Figura 23.</b> Productividad Operativa (t/h) mensual de la flota CAT374DL	28
<b>Figura 24.</b> Histograma de Productividad Operativa (t/h) mensual de la flota CAT374DL.	28
<b>Figura 25.</b> Valores máximos y mínimos mensuales de la flota CAT390FL.	29
<b>Figura 26.</b> Productividad Operativa (t/h) mensual de la flota CAT390FL.	29
<b>Figura 27.</b> Histograma de Productividad Operativa (t/h) mensual de la flota CAT390FL.	29

<b>Figura 28.</b> Valores máximos y mínimos mensuales de la flota CAT374DL	30
<b>Figura 29.</b> Productividad Efectiva (t/h) mensual de la flota CAT374DL.	30
<b>Figura 30.</b> Histograma de Productividad Efectiva (t/h) mensual de la flota CAT374DL.	31
<b>Figura 31.</b> Valores máximos y mínimos mensuales de la flota CAT390FL	31
<b>Figura 32.</b> Productividad Efectiva (t/h) mensual de la flota CAT390FL	32
<b>Figura 33.</b> Histograma de Productividad Efectiva (t/h) mensual de la flota CAT390FL	32
<b>Figura 34.</b> Valores máximos y mínimos mensuales de la flota de carguío	33
<b>Figura 35.</b> Hang % mensual de la flota de carguío.	33
<b>Figura 36.</b> Histograma de Hang % mensual de la flota de carguío.	34
<b>Figura 37.</b> Valores máximos y mínimos mensuales de la flota de carguío.	34
<b>Figura 38.</b> Hang (min) mensual de la flota de carguío.	35
<b>Figura 39.</b> Histograma de Hang (min) mensual de la flota de carguío.	35
<b>Figura 40.</b> Valores máximos y mínimos mensuales de la flota de carguío.	36
<b>Figura 41.</b> Uso% mensual de las flotas CAT390FL y CAT74DL	36
<b>Figura 42.</b> Uso% mensual de la flota de carguío	36
<b>Figura 43.</b> Histograma de Uso % mensual de la flota de carguío.	37
<b>Figura 44.</b> Valores máximos y mínimos mensuales de la flota de carguío	37
<b>Figura 45.</b> UoA% mensual de las flotas CAT390FL y CAT74DL	38
<b>Figura 46.</b> UoA% mensual de la flota de carguío.	38
<b>Figura 47.</b> Histograma de UoA% mensual de la flota de carguío	38
<b>Figura 48.</b> Valores máximos y mínimos mensuales de la flota de carguío	39
<b>Figura 49.</b> Utilización% mensual de las flotas CAT390FL y CAT74DL	39
<b>Figura 50.</b> Utilización% mensual de la flota de carguío.	40
<b>Figura 51.</b> Histograma de Utilización % mensual de la flota de carguío	40
<b>Figura 52.</b> Valores máximos y mínimos mensuales de la flota SCANIA460.	41
<b>Figura 53.</b> Productividad de acarreo (t/h) mensual de la flota SCANIA 460	41
<b>Figura 54.</b> Histograma de Productividad de acarreo (t/h) mensual de la flota SCANIA 460.	41
<b>Figura 55.</b> Valores máximos y mínimos mensuales de la flota SCANIA460.	42
<b>Figura 56.</b> Productividad de acarreo (t/h) mensual de la flota SCANIA 460 HT.	42

<b>Figura 57.</b> Histograma de Productividad de acarreo (t/h) mensual de la flota SCANIA 460 HT.	43
<b>Figura 58.</b> Valores máximos y mínimos mensuales de la flota de acarreo.	43
<b>Figura 59.</b> Queue% mensual de la flota de acarreo	44
<b>Figura 60.</b> Histograma de Queue% mensual de la flota de acarreo.	44
<b>Figura 61.</b> Valores máximos y mínimos mensuales de la flota de acarreo.	45
<b>Figura 62.</b> Queue (min) mensual de la flota de acarreo.	45
<b>Figura 63.</b> Histograma de Queue (min) mensual de la flota de acarreo.	45
<b>Figura 64.</b> Valores máximos y mínimos mensuales de la flota de acarreo.	46
<b>Figura 65.</b> Uso% mensual de las flotas SCANIA 460 y SCANIA 460 HT	46
<b>Figura 66.</b> Uso% mensual de la flota de acarreo.	47
<b>Figura 67.</b> Histograma de Uso% mensual de la flota de acarreo.	47
<b>Figura 68.</b> Valores máximos y mínimos mensuales de la flota de acarreo.	48
<b>Figura 69.</b> UoA% mensual de las flotas SCANIA 460 y SCANIA 460 HT	48
<b>Figura 70.</b> UoA% mensual de la flota de acarreo	48
<b>Figura 71.</b> Histograma de UoA% mensual de la flota de acarreo.	49
<b>Figura 72.</b> Valores máximos y mínimos mensuales de la flota de acarreo.	49
<b>Figura 73.</b> Utilización% mensual de las flotas SCANIA 460 y SCANIA 460 HT.	50
<b>Figura 74.</b> Utilización% mensual de la flota de acarreo.	50
<b>Figura 75.</b> Histograma de Utilización% mensual de la flota de acarreo.	50
<b>Figura 76.</b> Esquema de trabajo ControlSense.	51
<b>Figura 77.</b> Monitoreo control Sense en dispatch.	51
<b>Figura 78.</b> Sistema de monitoreo Control Sense	57
<b>Figura 79.</b> Estado de equipos	58
<b>Figura 80.</b> Tabla ASARCO	58
<b>Figura 81.</b> Comandos Control Sense	58
<b>Figura 82.</b> Estado de los equipos con control sense.	59
<b>Figura 83.</b> Ciclo de acarreo propuesto.	59
<b>Figura 84.</b> Optimización con control sense.	60
<b>Figura 85.</b> Monitoreo de equipos control sense	79
<b>Figura 86.</b> Ubicación de equipos	80
<b>Figura 87.</b> Estado del volquete (figura tal como se muestra en el dispatch).	80
<b>Figura 88.</b> Tablero de control (como lo muestra dispatch).	81



<b>Figura 89.</b> Tablero de control de Combustible (como lo muestra dispatch).	82
<b>Figura 90.</b> Comparativo de la disponibilidad de los equipos de carguío CAT374.	84
<b>Figura 91.</b> Mejora de la disponibilidad de la excavadora CAT 390.	84
<b>Figura 92.</b> Mejora de la disponibilidad de los volquetes SCANIA460.	85
<b>Figura 93.</b> Mejora de la disponibilidad de los volquetes SCANIA460HT.	85
<b>Figura 94.</b> Mejora del rendimiento de la excavadora CAT374.	86
<b>Figura 95.</b> Mejora del rendimiento de la excavadora CAT390.	86
<b>Figura 96.</b> Mejora del rendimiento de los volquetes SCANIA 460.	87
<b>Figura 97.</b> Mejora del rendimiento de los volquetes SCANIA 460HT.	87

## RESUMEN

El objetivo de la investigación fue evaluar la eficiencia operacional de equipos de carguío y acarreo aplicando el software Control Sense en la mina Milpo, para ello se inició evaluando la situación actual de los equipos, luego se implementó el software Control Sense, la disponibilidad, rendimiento y utilización de los equipos no llegan al 80%. El diseño del sistema control Sense para equipos de carguío y acarreo consiste en la implementación de un software que nos brinda la ubicación del volquete, el monitoreo del estado del equipo (encendido, apagado, movimiento), la velocidad del volquete, el monitoreo de combustible, el monitoreo del mantenimiento, la conducción del volquete y la obtención de informes de producción. Con la implementación del sistema Control Sense, incrementa la productividad en el carguío y acarreo que va desde 211 toneladas de material movido a 2005 toneladas. En la evaluación de la eficiencia operacional se determinó que el OEE de la excavadora CAT374 se incrementó en 42%, de la excavadora CAT390 se incrementó 28%, de los volquetes SCANIA460 se incrementó 35% y de los volquetes SCANIA460HT se incrementó 31%; todos los equipos se encuentran en una clasificación aceptable.

**Palabras clave:** Control Sense, eficiencia operacional, disponibilidad, rendimiento.

## **ABSTRACT**

The objective of the research was to evaluate the operational efficiency of loading and hauling equipment by applying the Control Sense software in the Milpo mine, for this it began by evaluating the current situation of the equipment, then the Control Sense software was implemented, availability, performance and utilization of the equipment do not reach 80%. The design of the control Sense system for loading and hauling equipment consists of the implementation of software that provides us with the location of the dump truck, monitoring the status of the equipment (on, off, movement), the speed of the dump truck, fuel monitoring, maintenance monitoring, dump truck driving and obtaining production reports. With the implementation of the Control Sense system, productivity in loading and hauling increases from 211 tons of material moved to 2005 tons. In the evaluation of operational efficiency, it was determined that the OEE of the CAT374 excavator increased by 42%, of the CAT390 excavator it increased by 28%, of the SCANIA460 dump trucks it increased by 35% and of the SCANIA460HT dump trucks it increased by 31%; all teams are in an acceptable classification.

**Keywords:** Control Sense, operational efficiency, availability, performance.

## I. INTRODUCCIÓN

La mayoría de las empresas mineras a cielo abierto están experimentando actualmente retrasos, que provocan paradas en el proceso y repercuten significativamente en la producción. Las unidades mineras que trabajan a cielo abierto, en la carga y el transporte, han presentado una serie de problemas que han provocado pérdidas financieras debido al insuficiente control de la flota. La mejora del ciclo de carga y acarreo busca eliminar problemas como las esperas, los tiempos muertos y la baja utilidad de los equipos para reducir los costos generados en esta área (Castillo, 2016). Diferentes programas de simulación de carga y acarreo se dan en todo el mundo, de la mano del avance técnico, siendo los más conocidos y utilizados Zon control pro, Jigsaw y Control Sense, con los que se busca la mejora minimizando los tiempos muertos (Poblete, 2013).

En América del Sur, uno de los sistemas más usados en gran minería para mejorar el proceso de carguío y acarreo es la simulación Control Sense que brinda datos de tiempos de esperas al cargar, tiempos de transportarse de un lado a otro, tiempos de esperas por mantenimiento, tiempos de demoras por el cargado de combustibles, tiempos de demoras en los cambios de neumático, también el software en base al control GPS que da como resultado de los tramos que se recorre al interior de la unidad minera y las velocidades de los equipos (Soto, 2016).

Perú es una de las naciones con más recursos minerales, como oro, plata, cobre, plomo, zinc, estaño, molibdeno, hierro y uranio; sin embargo, la minería es un negocio arriesgado que exige una inversión inicial considerable. Una de las operaciones más costosas de la minería de superficie es la carga y el transporte, que representa el 45% del coste total de la minería e incluye la gasolina, los neumáticos y las piezas de recambio (Gómez, 2017).

La operación de carga y transporte en Minera Milpo S.A.A. sufre constantes retrasos debido a la falta de gestión del tiempo. Dado que la disponibilidad, la utilización, el rendimiento operativo y el rendimiento efectivo están por debajo del 60%, está previsto adoptar el sistema Control Sense para elevar los indicadores

mencionados al 75% y aumentar la rentabilidad de la empresa. Además, el sistema Control Sense se utilizará para evaluar los tiempos de espera, el retroceso, la carga, el acarreo, la descarga y el tiempo de tránsito en vacío, con el fin de reducir estos tiempos y eliminar los retrasos, ya que son las dificultades más comunes en la industria minera, que provocan grandes pérdidas financieras.

El problema general de la investigación fue: ¿Cuánto es la eficiencia de los equipos de carguío y acarreo aplicando el software Control Sense en la Compañía Minera Milpo S.A.A., durante el año 2020? Los problemas específicos de la investigación fueron los siguientes: ¿Cuál es la situación actual de los equipos de carguío y acarreo, en la Compañía Minera Milpo S.A.A.? ¿Por qué implementar el software Control Sense en los equipos de carguío y acarreo en operaciones mineras actuales en la Compañía Minera Milpo S.A.A.? ¿Cuánto es la eficiencia operacional de los equipos de carguío y acarreo con el software Control Sense, en la Compañía Minera Milpo S.A.A.?

La justificación del estudio es: Este estudio es necesario para comprender de mayor manera la operatividad de los rendimientos de los equipos que han sido usadas en minería. La ejecución de carguío y acarreo al inicio no parece una actividad difícil, sin embargo, al avanzar el minado las actividades se van a complicar en algunos casos por las distintas problemáticas como lo son el clima, las reservas mineras, la geología, entre otros.

Cuando se proyecta el carguío y acarreo, ya sea para la construcción de actividades de minado, traslado de minerales ya sean rellenos o cortes, destronques o acarreos, se ha pensado en los equipos pesados a utilizar. Cuando se emplean dichos equipos se tienen que realizar trabajos previos de cálculos para conseguir un adecuado rendimiento usando instrumentos de cálculos tales como son los gráficos en los cuales se encuentran documentados el rendimiento, y también como las particularidades de las eficiencias que se puede usar para la elección de estos tipos de maquinarias que son indispensables para realizar el trabajo de explotación, realizando los trabajos a corto plazo con los métodos apropiados y logrando de que los riesgos sean menores para los trabajadores que laboran en la mina.

El presente estudio va a beneficiar a los que se encuentran relacionados de cualquier forma con ítems de productividad y eficiencia en carguío y acarreo utilizando Control Sense, lo cual es una información importante para todos ingenieros mineros. No tener determinada la eficiencia en equipos de carguío y acarreo, traen consigo el impedimento para hacer un presupuesto real para el proyecto, esto va a conllevar a que se presente inconvenientes en los proyectos tales como el incumplimiento con el programa establecido en min, además los cronogramas ejecutados no cumplen con lo planificado, incumpliendo lo acordado y afectando a los contratistas y se ven reflejados en algunas multas o en el incremento de costos en recursos, entre otros.

El objetivo general fue: Evaluar la eficiencia de los equipos de carguío y acarreo aplicando el software Control Sense en la Compañía Minera Milpo S.A.A., durante el año 2020. Los objetivos específicos fueron los siguientes: Evaluar la situación actual de los equipos de carguío y acarreo, en la Compañía Minera Milpo S.A.A. Implementar el software Control Sense en los equipos de carguío y acarreo en operaciones mineras actuales en la Compañía Minera Milpo S.A.A. Evaluar la eficiencia operacional de los equipos de carguío y acarreo con el software Control Sense, en la Compañía Minera Milpo S.A.A.

La Hipótesis general fue: La eficiencia de los equipos de carguío y acarreo se incrementa aplicando el software Control Sense en la Compañía Minera Milpo S.A.A., durante el año 2020. Las hipótesis específicas fueron las siguientes: Al diagnosticar la situación actual de los equipos de carguío y acarreo, en la Compañía Minera Milpo S.A.A; se propondrán las mejoras. Al aplicar el software Control Sense en los equipos de carguío y acarreo en operaciones mineras actuales en la Compañía Minera Milpo S.A.A, se logrará reducir las demoras del proceso. Si se determina la optimización de la eficiencia operacional de los equipos de carguío y acarreo con el software Control Sense, en la Compañía Minera Milpo S.A.A, se logrará evaluar la efectividad del software.

## II. MARCO TEÓRICO

En la mediana y gran minería, hay un componente crítico que determina las tasas de crecimiento económico, y los ciclos de carga y acarreo son fundamentales, ya que el progreso de la producción depende de ellos. Por ello, la selección de los equipos y el diseño de las carreteras y las bermas son fundamentales para minimizar los tiempos de inactividad que puedan perjudicar o retrasar la operación de carga y acarreo, con las consiguientes pérdidas económicas. Para evitar cualquier percance que pueda poner en peligro esta operación, la mayoría de las empresas mineras utilizan diversos sistemas de control de tiempo. (Julca, 2019)

Jacobo (2018), en su investigación titulada “Determinación de la flota de transporte tomando en cuenta las variables de operación de minado para aumentar la producción, en la unidad minera La Zanja - Cajamarca”. Tuvo como objetivo reducir la pérdida en los equipos con el subdimensionamiento y/o sobredimensionamiento de volquetes. Ya que la extracción es dinámica, al obtener ruta, frente de minados al día, por semana o por mes. Se incurre con incumplimientos por los titulares mineros y pérdidas de recurso en el ciclo de minado para Stracon. Para ello se ha optado por considerar la restricción de la dinámica en mina, para dimensionar adecuadamente los equipos de transporte y dar cumplimiento con el planeamiento de producción. De esta forma, corroborar la relevancia de obtener el dimensionado contando con las variables de operación de mina, se logra incrementar la productividad y se evita pérdidas en los procesos.

Apaza (2017), en su estudio de “Disminución de tiempos improductivos para incrementar la utilización de los equipos de carguío y acarreo en la mejora continua de la productividad en el tajo Chalarina en Minera Shahuindo S.A.C.” Se consideraron alternativas para mejorar la fabricación. El planteamiento se llevó a cabo mediante la realización de un estudio en el que se utilizaron datos de la operación actual, así como metodologías y herramientas estadísticas, para determinar el uso y la disponibilidad mecánica de los equipos de carga y arrastre. Como resultado, pudo determinar que se habían reducido las horas desperdiciadas en las actividades unitarias de carga y acarreo.

Dentro del ámbito local, se tuvo a Silva y Custodio (2017), en su investigación titulada “Evaluación de costos para el dimensionamiento de una flota en la cantera de roca caliza Tres Pirámides – Acshupata -2017”, tuvo como objetivo definir los gastos de mecanización de la explotación de canteras Tres Pirámides que es 144384 dólares. Se ha determinado que el número de equipos que se necesita para lograr las producciones diarias considerando el mercado local y son un rotopercutor, 1 miniretroexcavadora y 2 volquetes de 2.5 metros cúbicos. Se ha logrado identificar la cantidad diaria que se debe producir es de 120 toneladas al día, para el abastecimiento local, hacer la mejora de las vías de tránsito dentro de la cantera para alcanzar las producciones deseadas, realizar estudios de mercado para tener targets de productividades reales, teniendo como consideración que este es un recurso que no se renueva.

Por otro lado, Lima (2016), en su investigación titulada “Cálculo de la cantidad de equipos de carguío y transporte en la unidad minera Constancia – en Chumbivilcas, departamento de Cusco”, Las metodologías sugeridas y las teorías básicas de selección de equipos y cálculo de la cantidad de equipos se utilizaron para dimensionar y elegir la cantidad de equipos dedicados a la carga y el transporte adecuados para las operaciones de minería de superficie. En la elección de la flota de transporte de mineral es un análisis más detallado en la cual existe la combinación de la resistencia total de los tramos de cada vía, el recorrido de los tramos, pendiente del tramo, velocidad en cada ruta, curvas de rendimiento del manual de volquetes, ecuación cinemática y ecuación de fuerza. Se definen el retarding y rimpull para las rutas, con ello se obtiene el tiempo de ida, tiempo de retorno del volquete, rendimiento de la pala, rendimiento del volquete, costo unitario de cargado y transporte. La elección final se realiza a partir del costo menor de producción que demanda el movimiento de una tonelada de mineral o de desmonte.

Asimismo, Marín (2015), en su investigación titulada “Incremento del rendimiento en las labores de cargado y transporte en los frentes que poseen altas concentraciones de materiales arcillosos al elegir el lastre apropiado, en Minera Yanacocha, Perú, 2015”, tuvo como objetivo realizar los cambios resaltantes en la productividad de los equipos de cargado en las zonas donde se ha planificado la



colocación de lastre, como ejemplo se muestra en las palas Hitachi cuatro y siete, se aumentó la productividad de 69.0% a 91.0%. se pudo evidenciar que la planeación del lastre brinde ahorros importantes en el proceso, y además es relevante la oportunidad de producir más mineral con la misma cantidad de equipos. Se ha estimado que el rendimiento ha incrementado en onzas para las palas cuatro y siete, lo cual representa 1 000 000 de dólares por cada pala al día. Se quedó comprobado que existe beneficio económico con la implementación de lastre y que a través de él se realiza la utilización eficiente de los equipos auxiliares que se reducen considerablemente las demoras operativas. Luego de planificar la implementación de lastre en las operaciones de cargado y transporte cuentan con mayor seguridad, ayudando a lograr el Zero Harm.

En cuanto a las teorías del tema, se tuvo como variable independiente al software ControlSense, según Huamán (2015) es un programa diseñado por mineros para mineros, con una interfaz sencilla, una base de datos sólida, y es eficiente y asequible, según la empresa. Se basa en los mejores procesos de minería y en un algoritmo de optimización de nueva generación. Hardware con la tecnología más actualizada, gran utilidad con el GPS, y fuerte sensibilidad comercial. Los sensores electrónicos correctamente elegidos e instalados en el equipo de perforación ocupan muy poco espacio en la cabina. Con una base de datos ajustable, el programa es fuerte, resistente y fácil. Técnica en tiempo real con alta resolución. Alta flexibilidad y compatibilidad con otros sistemas. Uso de un sistema de programación potente y ligero.

Asimismo, Huamán (2015), en su investigación titulada “Mejora del rendimiento de los equipos mineros utilizando la programación dinámica, en la unidad minera Corihuarmi”, el objetivo de esta investigación fue estudiar las actividades que permiten la distribución más rentable de los equipos de acarreo a cada equipo de carga en la unidad minera Corihuarmi. El número de volquetes asignados a la primera excavadora es de siete, mientras que el número asignado a la segunda excavadora es de seis. Se realizó la evaluación de los gastos en el sistema de carga y acarreo de la unidad minera Corihuarmi para generar la base de datos que alimentará el modelo de programación dinámica. La nivelación de la superficie, el

proceso de avance con la carga de material, la verificación potencial para producir incidentes en el área de carga y la mejora de las rutas principales para la salida correcta de los camiones en el área de carga fueron mejoras implementadas en el área de trabajo. Se registrará el rendimiento, el uso y la disponibilidad de los equipos, lo que permitirá evaluar y tematizar la productividad de cada uno de ellos.

Mauricio (2015) En su tesis denominada Mejoramiento continuo en la gestión del ciclo de acarreo de camiones en minería a tajo abierto en Antamina, Cerro Verde, Toquepala, Cuajone, Yanacocha, Alto Chicama, Las Bambas, Cerro Corona, Antapaccay y Pucamarca, Concluyó que el sistema Dispatch-Despacho es una herramienta de administración de la flota de la mina y es el eje principal y el cerebro de la misma, con el objetivo de producir lo máximo al menor coste. También proporciona herramientas muy potentes para la gestión de la información y trabaja para reducir los tiempos de espera de las flotas de carga y transporte, que son los principales KPI del Despacho.

Los trabajos que respaldan en el ámbito internacional son: Rodríguez (2014), en su investigación titulada, "Modelamiento de análisis para dimensionar las flotas de acarreo en una mina superficial: investigación de priorización para su atención de acuerdo al rendimiento de los equipos". Tuvo como objetivo comparar el rendimiento de cada equipo conseguido mediante el modelamiento analítico y el modelamiento MFA, se evidencia una rango de variación de 5% a 8%, en los valores de toneladas métricas por hora acarreadas estimadas. Se evidencia que los bajos rendimientos se determinan con el modelamiento analítico generado como consecuencia por la congestión. Al tratar con flotas heterogéneas, se utilizaron cien flotas diferentes, y se descubrió que la inclusión aleatoria en la tasa de llegada y también en el procedimiento de carga reduce el rendimiento teórico de la flota, que es de una media del 12% con un nivel de confianza que oscila entre el 4% y el 95% de fiabilidad.

Por otro lado, Cabrera (2014), en su investigación titulada "Cálculo de las flotas y planteamiento de vías de reparto de artículos alimentarios en refrigeración y en secado para un operador logístico". Tuvo como objetivo la repartición diaria de los

artículos alimenticios, que es indispensable que todos los choferes cuenten con el planteamiento de vías impresos exigiendo que dé cumplimiento con el plan detallado para conseguir la disminución de costos estimados en este proyecto. Es primordial indicar que hay otras formas de hacer la fragmentación de los clientes, pero de ellas la más recomendable para solucionar estos problemas es la segmentación mediante el análisis de la concentración de clientes por zonas. De acuerdo a la incesante evolución en el mercado, es recomendable la mejora con plataformas informáticas que ayude a modificar los parámetros de entrada del modelamiento utilizado como fuente de información.

Los trabajos que respaldan en el ámbito nacional son: Vidal (2014), en su investigación titulada “Análisis del cálculo de flotas de equipos para las operaciones mineras a cielo abierto”, tuvo como objetivo corroborar que las operaciones son medibles en el ciclo de acarreo, tomando como base a los cálculos realizados para obtener la cantidad adecuada de volquetes para las operaciones. Para calcular correctamente la flota de equipos mineros, es importante mantener las condiciones adecuadas en relación de costo por tonelada en los gastos por operación. Los excesos o falta de los equipos mineros incurren directamente en los gastos unitarios. El costo operativo de un camión CAT798C es de 582 dólares por hora, si es que existe exceso de equipos van a generar tiempos muertos ya que se va a esperar que las palas estén disponibles.

Según Saldaña (2013) en su trabajo de investigación “Productividad en el ciclo de carguío y acarreo en el tajo Chaquicocha bajo clima severo – Minera Yanacocha”. Uno de los principales problemas que está tratando de abordar es cómo mantener una medida de eficacia y eficiencia llamada productividad. En la metodología utilizada se analiza la influencia de las condiciones del borde de ataque y su ancho en los factores de productividad de las operaciones de excavación. Esto hace que el clima riguroso del Tajo Chaquicocha sea un riesgo para las operaciones: caminos resbaladizos, charcos de agua, caminos con anchos de operación deficientes y tormentas eléctricas, así como factores que afectan la protección de la productividad, como la velocidad del aire, la velocidad de carga, piso de pala

insuficiente, paradas seguras, mal estado de la punta de la pala, vaciado no apto para descargar, etc.

Rubio (2010), en su tesis “Modelo para Estimar la Productividad de Equipos de Carguío en una Mina a Cielo Abierto”. A partir de datos históricos de la mina de Chuquicamata, evaluar la influencia de los factores de diseño y los parámetros operativos en la productividad de los equipos de carga. El número de camiones, la posición de las mesas de trabajo, el uso efectivo en función de la disponibilidad, el tamaño de la pala, la disponibilidad del equipo de carga, el tipo de equipo (pala, excavadora o cargador frontal) y el equipo de carga fueron algunas de las características operativas investigadas. El inicio de la explotación, la distancia media recorrida por los camiones que transportan el material desde el inicio y el tipo de material transportado en ellos (mineral o estéril). Por último, los factores más importantes que afectan a la productividad del equipo de carga son el uso efectivo de la base disponible, el número de vehículos en los que funciona el equipo y la disponibilidad del equipo de carga.

El indicador OEE es una forma de evaluar la eficacia de la producción basada en porcentajes que tiene en cuenta estadísticas como la disponibilidad del equipo, el rendimiento y el índice de calidad. (Belohlavek, 2006):

$$\text{OEE} = \text{Disponibilidad} * \text{Rendimiento} * \text{Calidad}$$

Disponibilidad: El porcentaje de tiempo que la máquina estuvo lista para trabajar o producir en comparación con el tiempo de producción previsto, es decir, el tiempo que fue realmente productivo. (Alonso, 2009).

$$\text{Disponibilidad (D)} = (\text{TPdP} - \text{Paradas y/o averías}) / \text{TPdP}$$

Donde TPdP: tiempo planificado de producción.

Rendimiento: Demuestra que la capacidad de la máquina se ha utilizado correctamente durante su funcionamiento. Las pequeñas paradas o los cambios de

velocidad a valores inferiores a la capacidad nominal de la máquina son las causas más comunes de las reducciones de rendimiento. (Belohlavek, 2006):

$$\text{Rendimiento (R)} = (\text{Total unidades producidas}) / \text{TdO} * \text{Cn}$$

Dónde:

Total unidades producidas= (TdOxCn – unidades no producidas)

TdO: tiempo de operación y

Cn: capacidad nominal, la capacidad nominal de la máquina es la que brinda el fabricante expresado en unidades producidas/unidad de tiempo.

Calidad: cantidad de unidades que se han producido respetando los parámetros de la calidad estableciendo respecto al total de las producciones realizadas, sean los productos en buenas condiciones o malas (Belohlavek, 2006). Los productos elaborados, pueden ser de buena calidad, de segunda calidad o de mala calidad. La eficiencia operacional solamente toma en cuenta las unidades de buena calidad producida en la primera vez, no en la segunda, ya que son consideradas como productos de mala calidad. La calidad ha resultado de dividir los productos de buena calidad entre la cantidad total de productos producidos incluyendo los componentes reprocesados o que se han desechado:

$$\text{Calidad (C)} = (\text{Total unidades buenas}) / \text{Total de unidades producidas}$$

Para Bamber et al. (1999) la finalidad de la eficiencia operaciones engloba algo más que solamente el monitoreo, control y se tiene en cuenta de la iniciativa de mejoras de los equipos. La eficiencia operacional inicia con la sub optimización por cada máquina o línea productiva, en donde se entregan métodos sistemáticos para estabilizar los objetivos de la producción e incorporan instrumentos y métodos prácticos de la gestión con la finalidad de alcanzar la vista equilibrada de la disponibilidad de los procesos, calidades y rendimientos.

Como variable dependiente se tuvo a la eficiencia en el carguío y acarreo, propuesto por Nakajima (1988) busca cuantificar la eficacia productiva de los equipos y eliminar las pérdidas hasta lo más cercano a cero, y es reconocida por varias organizaciones como una necesidad.

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y diseño de investigación

##### 3.1.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación es aplicada, porque se aplicó teoría conocida sobre el ciclo de cargado y transporte de mineral, además los datos se han tomado directamente en campo para su posterior análisis. (Hernández *et al.*, 2014).

##### 3.1.2. Diseño de la investigación

El estudio era de carácter experimental, ya que alteraba la variable de eficiencia operativa, así como el Control Sense (Hernández *et al.*, 2014).

##### 3.1.3. Nivel de investigación

Esta investigación ha sido cuantitativa, ya que se ha utilizado los procesos para medir y calcular el tiempo de espera, demoras y también se ha medido todos los indicadores de operación de carguío y acarreo (Hernández, Fernández y Baptista, 2014).

##### 3.1.4. Método de la investigación

La investigación fue explicativa, porque relaciona las variables de eficiencia operacional y software Control Sense. (Hernández *et al.*, 2014).

#### 3.2. Variables y operacionalización

- **Variable independiente – Control Sense:** Basado en el sistema operativo de gestión, a continuación, se presenta un concepto estratégico: Planificar - Hacer - Revisar - Actuar La plataforma está diseñada teniendo en cuenta la optimización de la flota y la usabilidad. Todos los niveles de supervisión tienen métricas de rendimiento críticas. Ciclo de informes de actividad detallados.

- **Variable dependiente – Eficiencia:** Es una indicación crítica que representa la capacidad real de producir sin fallos, el rendimiento del proceso y la disponibilidad del equipo.

### **3.3. Población, muestra y muestreo**

#### **3.3.1. Población**

La población se refiere al grupo de personas o productos que guardan relación con una serie de características establecidas (Hernández, Fernández y Baptista, 2014). En consecuencia, la población para este estudio será el equipo de carga y acarreo de la Compañía Minera Milpo S.A.A. en su concesión Leche y Miel 7M con número minero 010103114..

#### **3.3.2. Muestra**

Según Hernández, Fernández y Baptista (2014), la muestra es un sub grupo de la población de la cual se han recolectado los datos y deben ser representativas de éstas.

Desde esta perspectiva la muestra para este estudio va a ser:

- 2 excavadoras CAT374 y 2 excavadoras CAT390
- 16 volquetes SCANIA 460 y 8 volquetes SCANIA 460HT.

### **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### **3.4.1. Técnicas de investigación**

##### **- Observación directa**

Se recolectan los datos tomados en campo referentes al dimensionamiento de flota.

##### **- Investigación de documentos**

Se acopiará la información de fuentes secundarias, tales como los son las publicaciones en libros, artículos científicos, revistas web, boletines, entre

otros; estas se emplean como fuente para recoger data acerca de las variables de investigación.

#### **3.4.2. Instrumentos de recolección de datos**

Los instrumentos que se utilizarán serán:

- Ficha de tiempo de ciclo en carguío y acarreo.
- Ficha de cálculo de eficiencia.

#### **3.5. Procedimiento**

El trabajo de investigación inicio con el reconocimiento de campo mediante el cual se pudo realizar la evaluación del ciclo de carguío y acarreo, posteriormente se realizó el análisis de los indicadores de los equipos antes mencionados. En la segunda etapa se procedió a la implementación del Control Sense, para lo cual se realizó un análisis de la infraestructura de red (organizó el sistema, tableros de control y reportes de Control Sense). Finalmente se evaluó la eficiencia operacional mediante un comparativo de mejora a través de la medición de indicadores de carguío y acarreo.

#### **3.6. Método de análisis de datos**

En la investigación se empleó el método analítico y el método de procesos. El método analítico se empleó para la observación directa y el análisis de las principales características y parámetros. Por otro lado, se hizo uso del método de procesos cuando se procedió a la aplicación de los instrumentos de recolección de datos para el recojo de información en campo. El software que se utilizó fue el Control sense, el cual sirvió para procesar y analizar los datos recolectados.

#### **3.7. Aspectos éticos**

Las consideraciones éticas a examinar en este proyecto de investigación son las siguientes, de acuerdo a las normas establecidas por la Universidad César Vallejo y a la naturaleza del estudio a realizar en el Campus Chiclayo, situado en la



provincia de Chiclayo, región Lambayeque: Manejo de fuentes de consulta, objetivos de la investigación que sean claros, Respeto a la persona en su integridad y autonomía, justicia y responsabilidad en el desarrollo del tema.

- **Manejo de fuentes de consulta:** Para este estudio se emplearon ideas teóricas sobre la carga, el arrastre y el control sense, así como citas textuales y no textuales.
- **Claridad en los objetivos de la investigación:** Se ha perseguido el objetivo básico y los objetivos particulares.
- **Profundidad en el desarrollo del tema:** Se consideraron diferentes temas de carga y transporte, y se realizó una búsqueda continua de investigaciones en las que se utilizara el Sentido de Control para captar el tema del estudio.
- **Respeto por las personas en su integridad y autonomía:** Se han respetado los orígenes y las posiciones sociales de los participantes en la tesis.
- **Justicia:** En este estudio se trataron de manera justa y equitativa los diferentes escenarios.
- **Responsabilidad:** El presente estudio se llevó a cabo respetando todas las normas éticas, teniendo en cuenta todos los componentes del esfuerzo de investigación.

## IV. RESULTADOS

### 4.1. Situación actual de los equipos de carguío y acarreo

#### 4.1.1. Aspectos generales

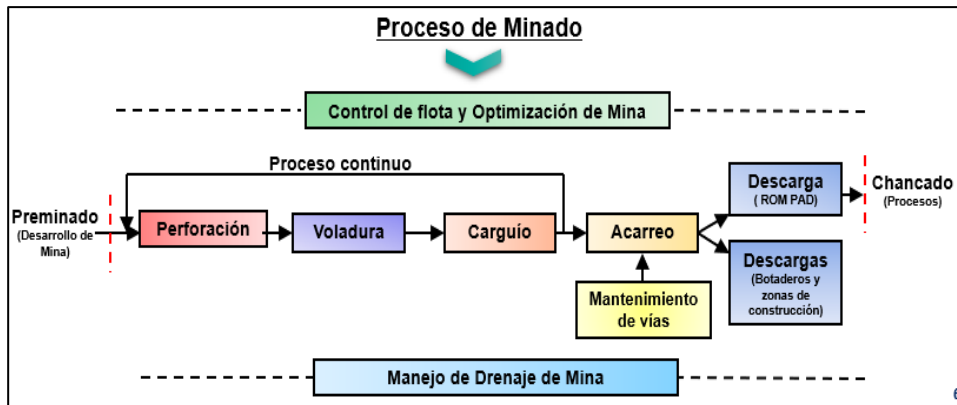
Los componentes de mina se muestran en la figura siguiente:



Figura 1. Componentes de mina

#### Actividades de minado

Proceso de sistematización que incluye la fragmentación, la extracción y el transporte de la tierra que contiene oro, cobre y residuos de las regiones inertes y de la cantera, y su entrega a los lugares de descarga de Rom Pad, a los vertederos de basura y a las obras de construcción..



**Figura 2.** Proceso de minado.

- Perforación: Es el inicio de la fragmentación de la roca dura natural, en estas actividades los equipos de perforación hacen hoyos con taladros de 10 a 11 metros de profundidad. En el área de perforación se hacen muchos taladros separados uniformemente que conforman las mallas de perforación.



**Figura 3.** Perforación de mina

- Voladura: en esta fase se rellena el taladro vacío con materiales explosivos, emulsiones gasificables y accesorios de voladura (electrónica y pirotécnica) los que se detonan generando gran energía que logra fragmentar la roca. En el

momento de las voladuras todas las máquinas y colaboradores son evacuados del área a distancias seguras DS EM 024 - 2016.



**Figura 4.** Voladura en mina

- El control de la flota: se realiza ahora mediante el sistema Jigsaw, que presenta importantes fallos en la asignación de volquetes.
- Mantenimiento de Vías: es una tarea de soporte a las operaciones cuyas funciones principales es mantener las condiciones adecuadas en la superficie de rodadura de las vías de acarreo y accesos.
- Carguío: en esta fase las máquinas de carguío trabajan constantemente y sus palas con el material fragmentado por las voladuras poniéndolos en la tolva de los volquetes hasta que se llenen apropiadamente.



**Figura 5.** Carguío en mina

- Acarreo: esta fase abarca el trabajo de los volquetes de la mina acarrean el mineral de los bancos de explotación a las zonas de descarga que transitan por las vías de acarreo, estas distancias recorridas en general son muchos kilómetros.



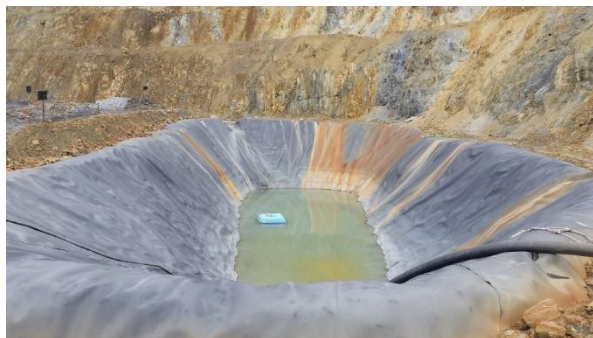
**Figura 6.** Transporte de material en mina

- Descarga: es el proceso en el que al final los camiones mineros descargan el mineral a las áreas de descargas.



**Figura 7.** Descarga en mina

- Manejo de Drenaje de Mina: Consiste en Planificar, supervisar y administrar recursos para atender el manejo de agua.



**Figura 8.** Manejo de drenaje de mina





**Figura 9.** Unidad Estratigráfica

### **Rocas Intrusivas**

Las rocas intrusivas del Batolito de la Costa, que datan del Cretácico Superior al Terciario, se depositaron durante un periodo de 64 millones de años. La mayor parte del batolito está formada por granodioritas que rodean unidades volcánicas sedimentarias y se asemejan a péndulos de techo (techo colgante). Pueden encontrarse otros afloramientos de microdiorita, diorita y gabro, más antiguos y de menor tamaño. Por último, hay una variedad de diques que influyen en las secuencias volcanosedimentarias, siendo los más comunes los diques andésicos porfídicos que explotan zonas de discontinuidad como fallas primarias y operan como separadores de minerales.

### **Metamorfismo**

Las rocas intrusivas del Batolito de la Costa produjeron un prominente metamorfismo regional en las rocas volcanosedimentarias, la mayoría de las cuales son ahora hornfels con ensamblaje de cuarzo - feldespato potásico - muscovita - biotita - andalucita que presentan de texturas porfiroblásticas con explosiones de varias dimensiones y formas; este metamorfismo se visualiza completamente en profundidad en el cuadro del suelo.

La andalucita se creó durante las primeras etapas del metamorfismo progradante como consecuencia de la alteración hidrotermal de los fluidos que formaron el VMS, según las investigaciones al microscopio, y posteriormente fue sustituida por micas como la moscovita (Canchaya, 2001). El metamorfismo regional también dio lugar a la recristalización de grandes sulfuros, lo que tiene un impacto económico importante en el grado de liberación de minerales durante el proceso metalúrgico.

### 4.1.3. Equipos de Carguío

#### Excavadora CAT 374



Figura 10. Excavadora CAT 374

#### Excavadora CAT 374



Figura 11. Excavadora CAT 374

#### Excavadora CAT 390



Figura 12. Excavadora CAT 390



### **Volquetes Scania 460**



**Figura 13.** Volquetes Scania 460

### **Volquetes Scania 460 HT**



**Figura 14.** Volquetes Scania 460 HT

### **14 Volquetes Scania 500**



**Figura 15.** Volquetes Scania 500

#### **4.1.4. Target de indicadores de carguío y acarreo**

El área de mantenimiento de la empresa ha establecido los indicadores de acuerdo al manual de cada equipo.

##### **Indicadores de carguío**

- Productividad de Carguío (t/h): Relación toneladas nominales/tiempo productivo total (incluye el tiempo de carga, el tiempo de cuadratura y el tiempo de espera del camión).
- Para CAT 374  
800 t/h
- CAT 390  
1000 t/h
- Productividad efectiva de Carguío (t/h): La proporción entre las toneladas nominales cargadas y el tiempo de carga efectivo (incluido el tiempo de cuadratura).
- CAT 374  
1700 t/h
- CAT 390  
1800 t/h
- Tasa de Excavación(t/h): Relación entre las toneladas nominales cargadas y el tiempo de carguío.
- CAT 374  
3000 t/h
- CAT 390  
3200 t/h
- Espera del equipo de carguío (Hang – Min): Indica el tiempo de espera de los equipos de carguío por la llegada de un equipo de acarreo.  
1.2 min.

##### **Indicadores de acarreo**

- Cola de camiones (Queue – min): Parámetro que indica el tiempo de espera de los equipos de acarreo en el frente de carguío)  
0.8 min

- Productividad de Acarreo (t/h): Tonelaje que transporta el camión dividido entre el ciclo de acarreo para un viaje.

110 t/h

#### 4.1.5. Análisis de indicadores en la situación actual de los equipos de carguío y acarreo

##### a. Equipos de carguío

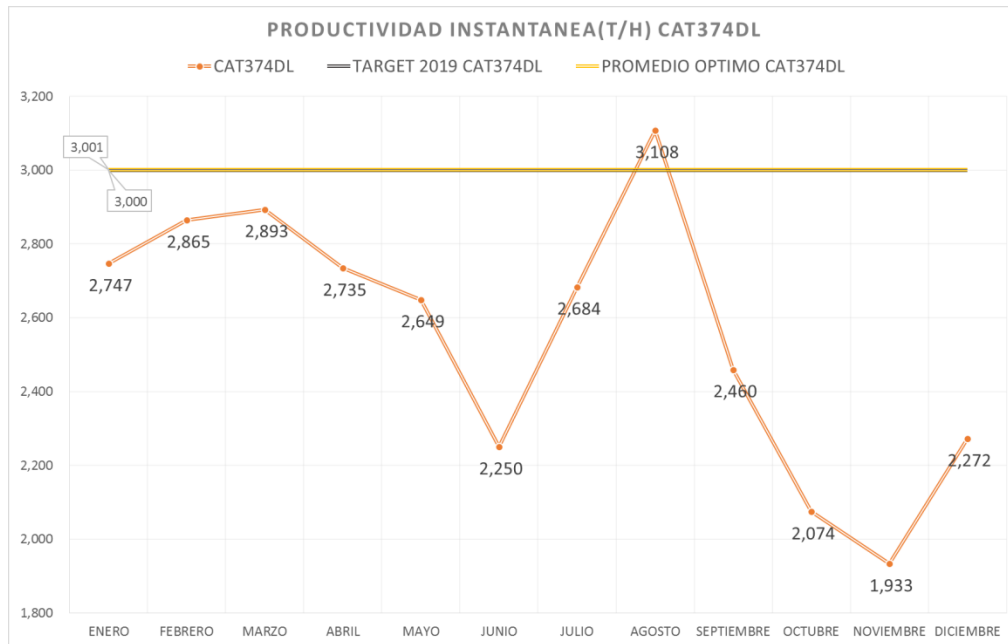
- **Productividad Instantánea (t/h)**

##### CAT374DL

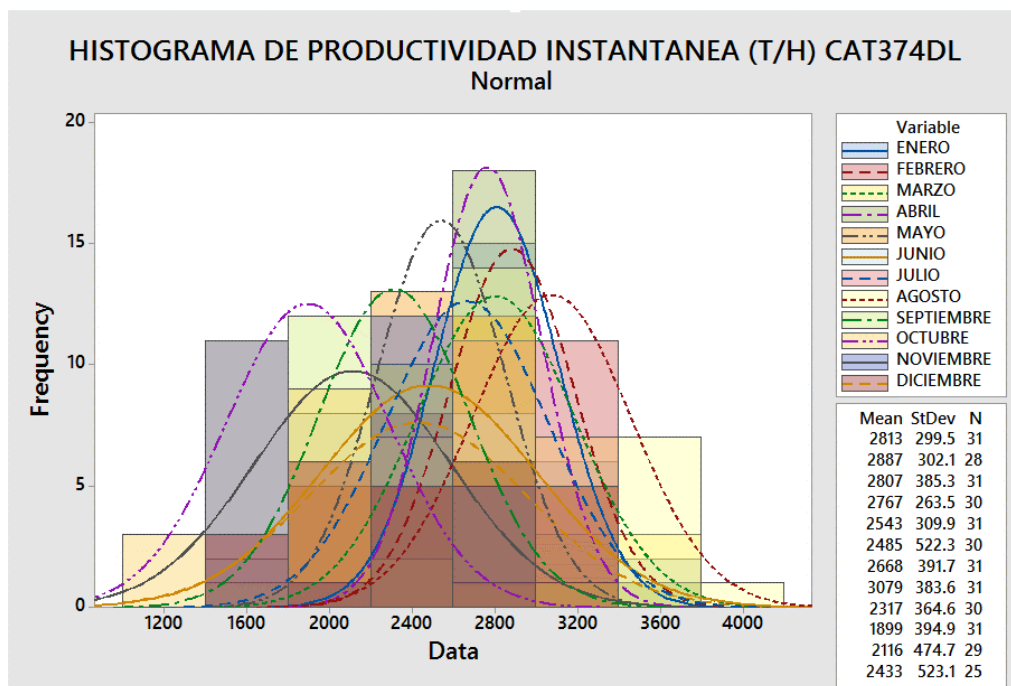
Tras la revisión de los datos de la flota, se aconseja utilizar la media óptima de 3.001 t/h como objetivo de productividad instantánea para la flota CAT374DL en 2020, ya que este valor se aproxima más a la producción mensual realizada en base a los valores ideales de la flota alcanzados en 2019. A continuación se muestra el gráfico y la tabla correspondiente.

ANALISIS MENSUAL				
	1° y 2° MEJOR VALOR	1° y 2° MENOR VALOR	PROMEDIO OPTIMO	TARGET 2020
CAT374DL	3,108	1,933	3,001	3,001
	Agosto	Noviembre		
	2,893	2,074		
	Marzo	Octubre		

**Figura 16.** Valores máximos y mínimos mensuales de la flota CAT374DL.



**Figura 17.** Productividad Instantánea (t/h) mensual de la flota CAT374DL.



**Figura 18.** Histograma de Productividad Instantánea (t/h) mensual de la flota CAT374DL.

### CAT390DL

Una vez revisados los datos de la flota, se aconseja utilizar la media óptima de 3.229 t/h como objetivo de productividad instantánea para la flota CAT390FL en 2020, ya que este valor se aproxima más a la producción

mensual realizada en base a los valores ideales de la flota alcanzados en 2019. A continuación se muestra el gráfico y la tabla correspondiente.

ANALISIS MENSUAL				
	1° y 2° MEJOR VALOR	1° y 2° MENOR VALOR	PROMEDIO OPTIMO	TARGET 2020
CAT390FL	3,263	2,442	3,229	3,229
	Febrero	Octubre		
	3,194	2,454		
	Enero	Noviembre		

Figura 19. Valores máximos y mínimos mensuales de la flota CAT390FL.

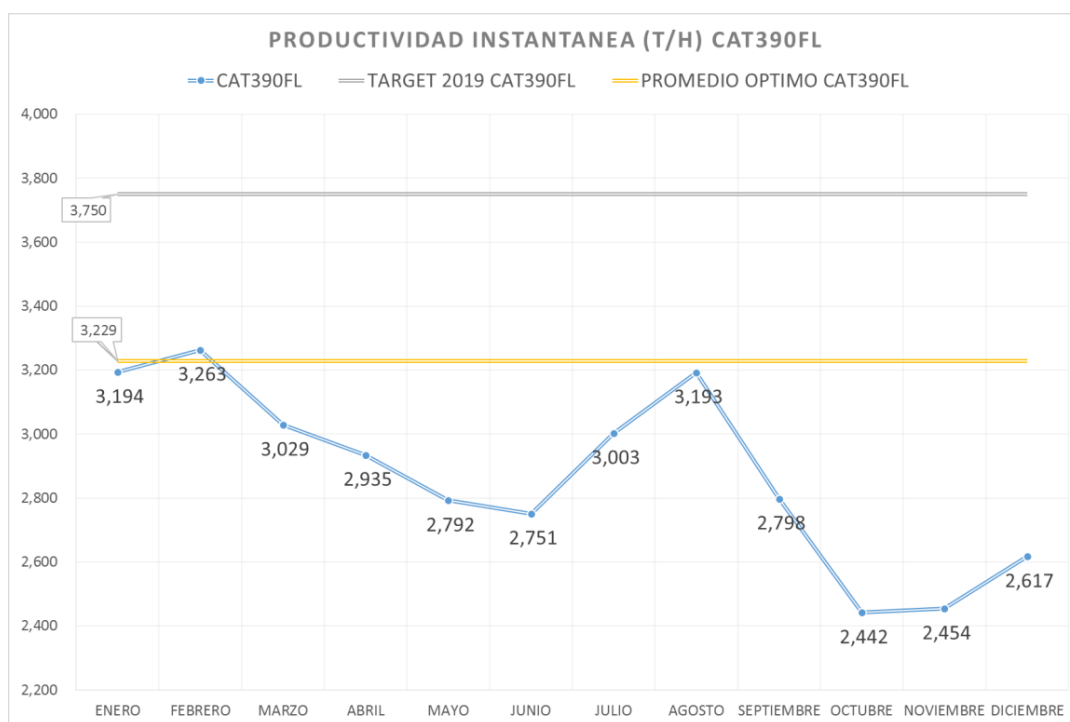
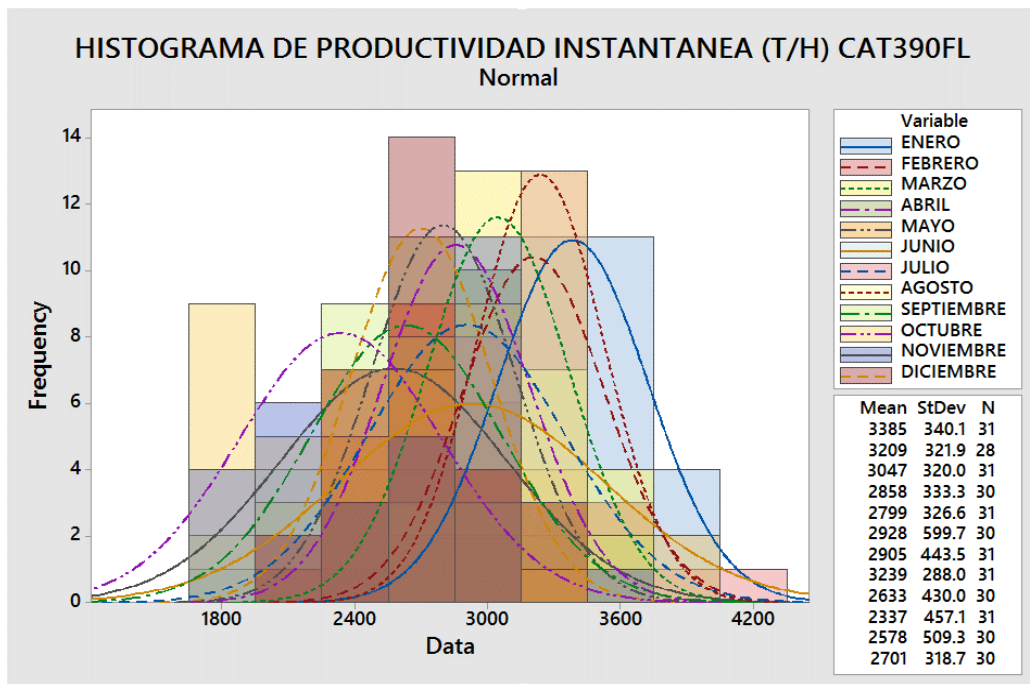


Figura 20. Productividad Instantánea (t/h) mensual de la flota CAT390FL



**Figura 21.** Histograma de Productividad Instantánea (t/h) mensual de la flota CAT390FL.

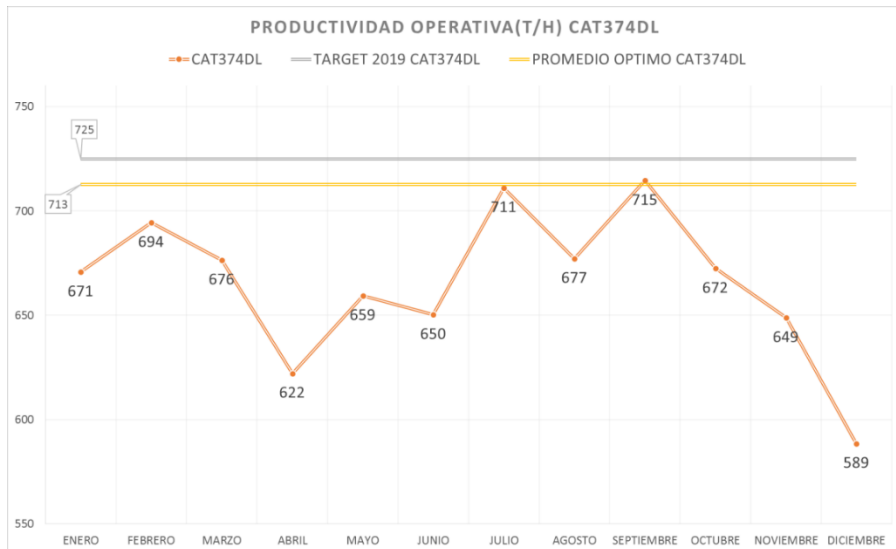
**- Productividad operativa (t/h)**

**CAT374DL**

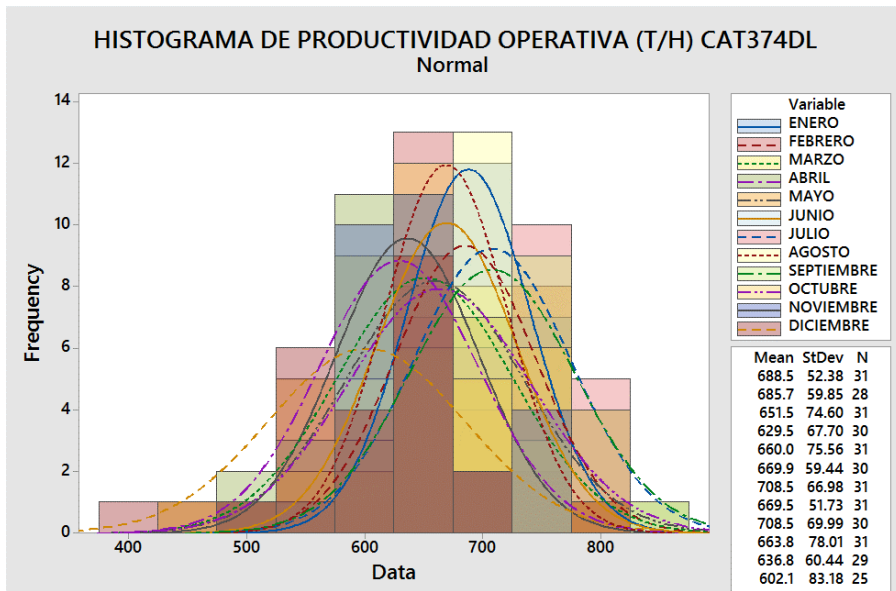
Tras revisar los datos de la flota, se aconseja utilizar la media óptima de 713 t/h como objetivo de productividad operativa para la flota CAT374DL en 2020, ya que este valor se acerca más a la producción mensual calculada a partir de los valores ideales de la flota alcanzados en 2019. El gráfico y la tabla se presentan a continuación.

ANALISIS MENSUAL				
	1° y 2° MEJOR VALOR	1° y 2° MENOR VALOR	PROMEDIO OPTIMO	TARGET 2020
CAT374DL	715	589	713	713
	Septiembre	Diciembre		
	711	622		
	Julio	Abril		

**Figura 22.** Valores máximos y mínimos mensuales de la flota CAT374DL.



**Figura 23.** Productividad Operativa (t/h) mensual de la flota CAT374DL



**Figura 24.** Histograma de Productividad Operativa (t/h) mensual de la flota CAT374DL.

### CAT390FL

Tras revisar los datos de la flota, se aconseja utilizar la media ideal de 828 t/h como objetivo de productividad operativa para la flota CAT390FL en 2020, ya que este valor se acerca más a la producción mensual calculada en base a los valores óptimos de la flota alcanzados en 2019. A continuación se presenta el gráfico y la tabla correspondiente.

ANALISIS MENSUAL				
	1° y 2° MEJOR VALOR	1° y 2° MENOR VALOR	PROMEDIO OPTIMO	TARGET 2020
CAT390FL	839	686	828	828
	Agosto	Diciembre		
	818	723		
	Julio	Noviembre		

Figura 25. Valores máximos y mínimos mensuales de la flota CAT390FL.

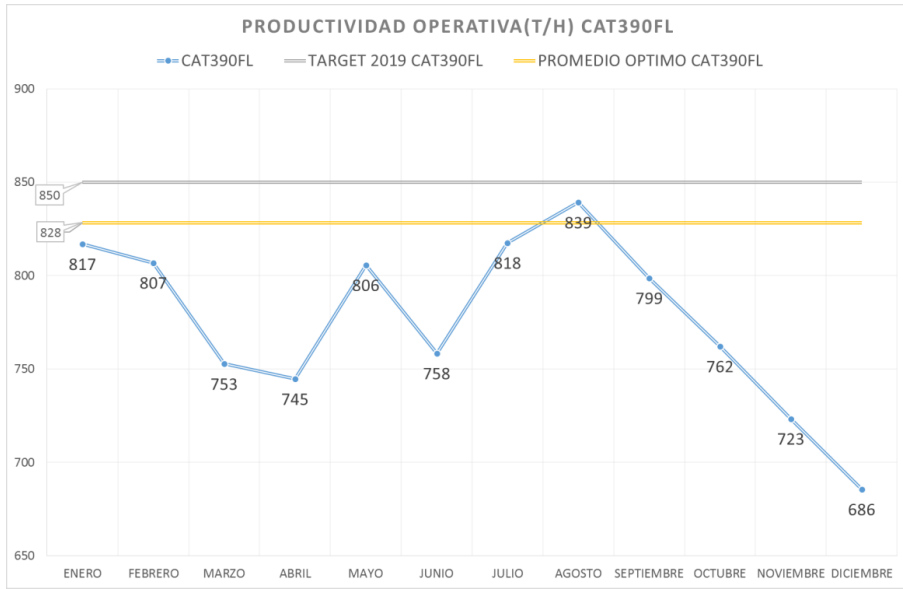


Figura 26. Productividad Operativa (t/h) mensual de la flota CAT390FL.

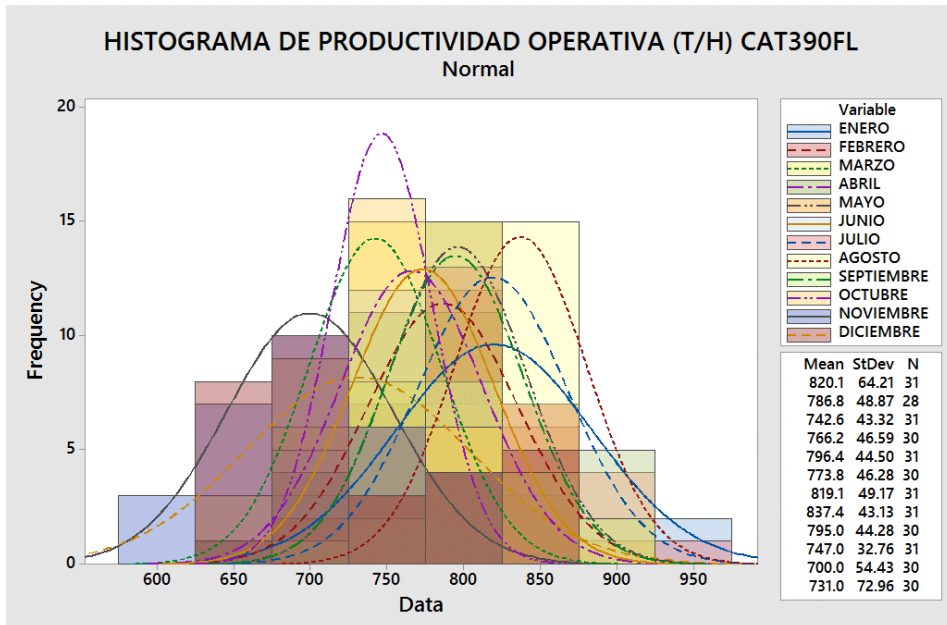


Figura 27. Histograma de Productividad Operativa (t/h) mensual de la flota CAT390FL.



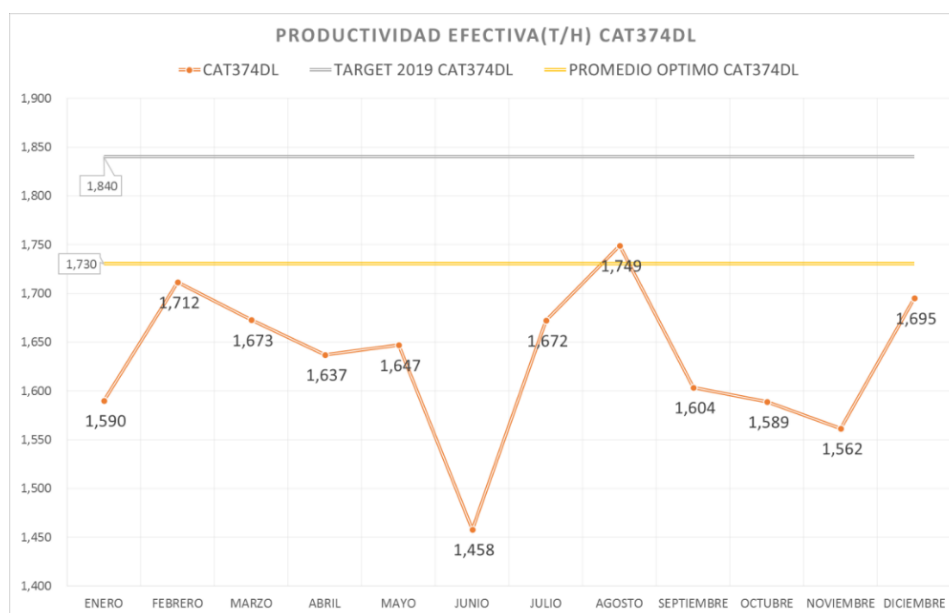
- **Productividad efectiva (t/h)**

**CAT374DL**

Tras revisar las estadísticas de la flota, se aconseja utilizar la media óptima de 1.730 t/h como objetivo de productividad efectiva para la flota CAT374DL en 2020, ya que este valor se acerca más a la producción mensual calculada en base a los valores ideales de la flota alcanzados en 2019. A continuación se muestra el gráfico y la tabla correspondiente.

ANALISIS MENSUAL				
	1° y 2° MEJOR VALOR	1° y 2° MENOR VALOR	PROMEDIO OPTIMO	TARGET 2020
CAT374DL	1,749	1,458	1,730	1,730
	Agosto	Junio		
	1,712	1,562		
	Febrero	Noviembre		

**Figura 28.** Valores máximos y mínimos mensuales de la flota CAT374DL



**Figura 29.** Productividad Efectiva (t/h) mensual de la flota CAT374DL.

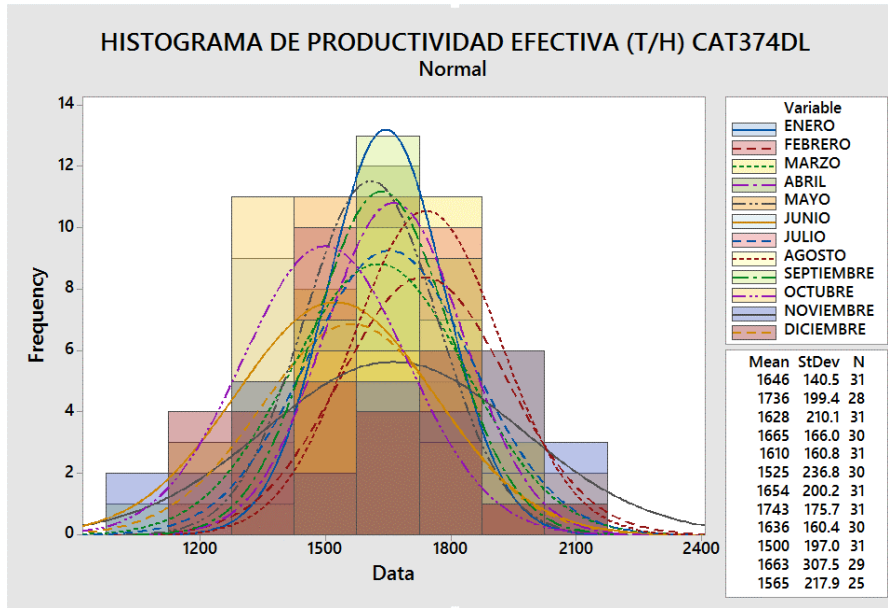


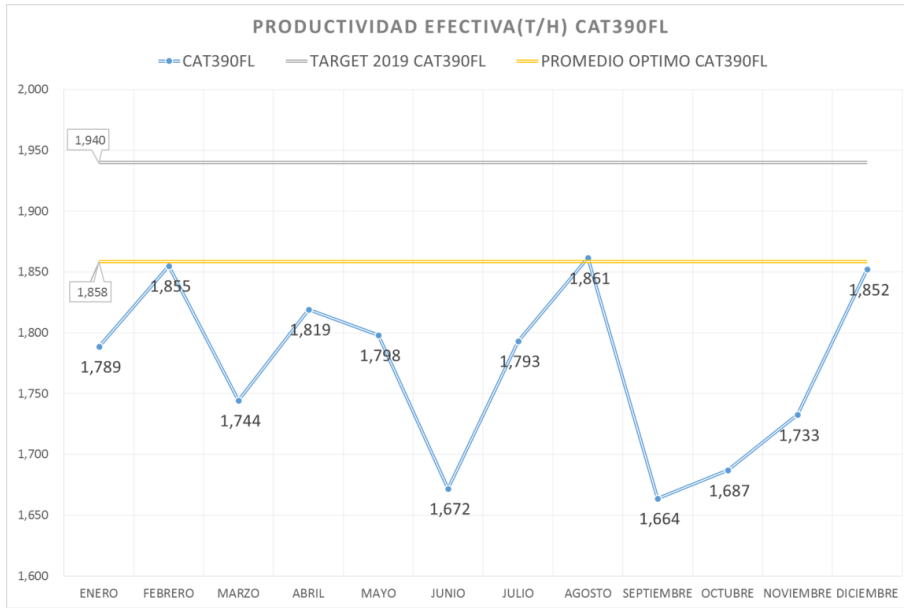
Figura 30. Histograma de Productividad Efectiva (t/h) mensual de la flota CAT374DL.

### CAT3390FL

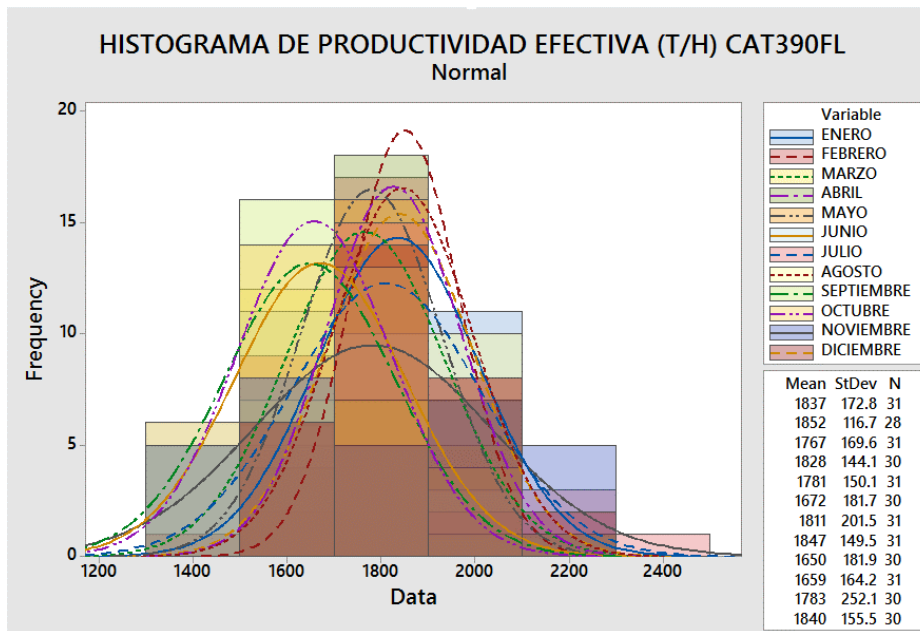
El objetivo del parámetro para 2019 era de 1.940 t/h; sin embargo, tras revisar los datos de la flota, se propone utilizar la media óptima de 1.858 t/h como objetivo de productividad efectiva para la flota CAT390FL en 2020, ya que este valor se acerca más a la producción mensual obtenida en base a los valores óptimos de la flota en 2019. A continuación se presenta un gráfico y una tabla que corresponden a ello.

ANALISIS MENSUAL				
	1° y 2° MEJOR VALOR	1° y 2° MENOR VALOR	PROMEDIO OPTIMO	TARGET 2020
CAT390FL	1,861	1,664	1,858	1,858
	Agosto	Septiembre		
	1,855	1,672		
	Febrero	Junio		

Figura 31. Valores máximos y mínimos mensuales de la flota CAT390FL



**Figura 32.** Productividad Efectiva (t/h) mensual de la flota CAT390FL



**Figura 33.** Histograma de Productividad Efectiva (t/h) mensual de la flota CAT390FL

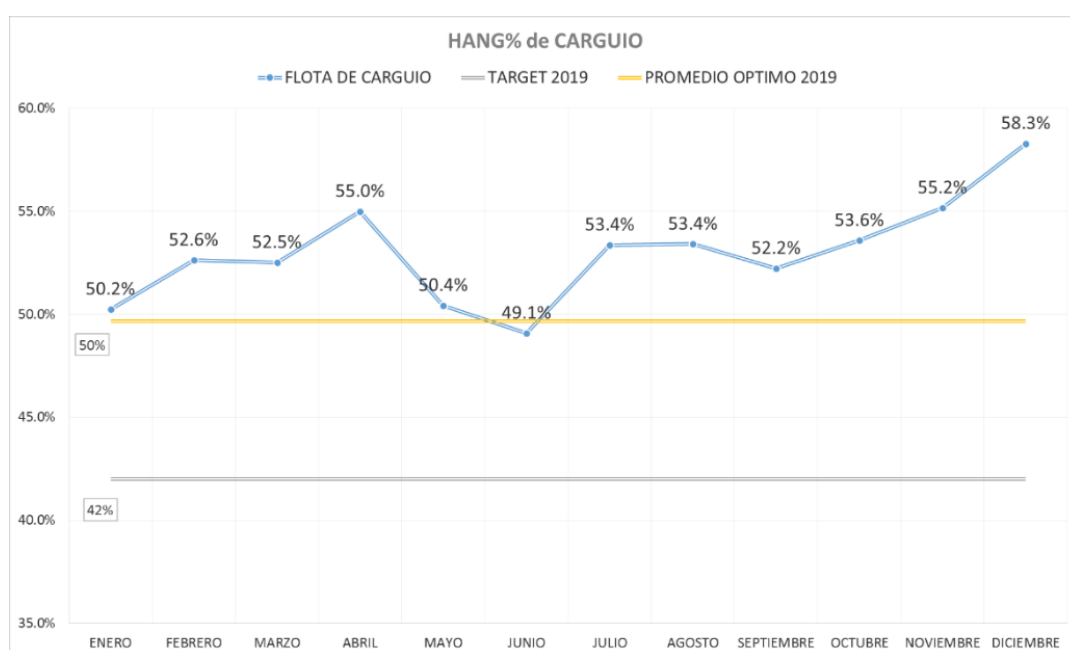
- **Hang%**

El parámetro tenía un objetivo del 42 por ciento para el año 2019, pero tras analizar los datos de las flotas, se propone utilizar la media óptima del 50 por ciento como objetivo de Hang por ciento para la flota de carga para el año 2020, ya que este valor se acerca más al Hang por ciento mensual obtenido en base a los valores óptimos alcanzados por ambas flotas (CAT390FL y

CAT374DL) durante el año 2019, siendo los meses de enero y junio los más óptimos. El gráfico y la tabla que lo acompañan se muestran a continuación.

ANALISIS MENSUAL					
	MAYOR VALOR	MENOR VALOR	PROMEDIO FLOTA	PROMEDIO OPTIMO	TARGET 2020
FLOTA DE CARGUIO	58%	49%	53%	50%	50%
	Diciembre	Junio			
	55%	50%			
	Noviembre	Enero			

**Figura 34.** Valores máximos y mínimos mensuales de la flota de carguío



**Figura 35.** Hang % mensual de la flota de carguío.

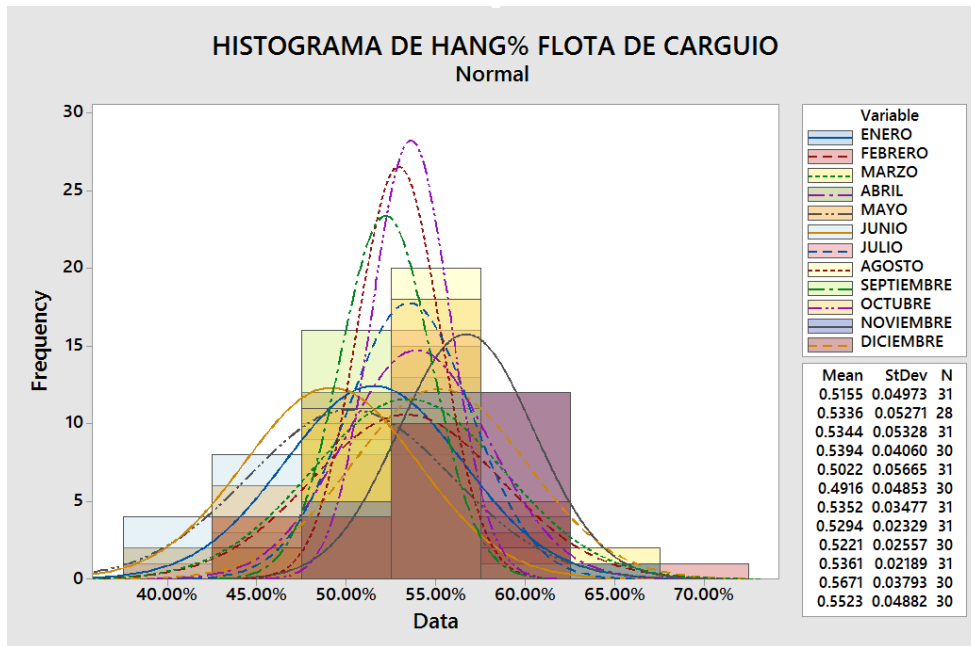


Figura 36. Histograma de Hang % mensual de la flota de carguío.

- **Hang (min)**

Una vez analizados los datos de la flota, se propone utilizar la media óptima de 1.2 min como objetivo de Hang (min) para la flota de carga para el año 2020, ya que este valor expresa una mayor proximidad al Hang (min) mensual obtenido en base a los valores óptimos alcanzados por ambas flotas (CAT390FL y CAT374DL) durante el año 2019, mencionando que los datos más óptimos son los meses de mayo y junio, ya que en los meses de noviembre y diciembre. A continuación se muestra el gráfico y la tabla que lo acompañan.

ANALISIS MENSUAL					
	MAYOR VALOR	MENOR VALOR	PROMEDIO FLOTA	PROMEDIO OPTIMO	TARGET 2020
FLOTA DE CARGUIO	2.48	1.18	1.71	1.20	1.20
	Diciembre	Mayo			
	2.31	1.23			
	Noviembre	Junio			

Figura 37. Valores máximos y mínimos mensuales de la flota de carguío.

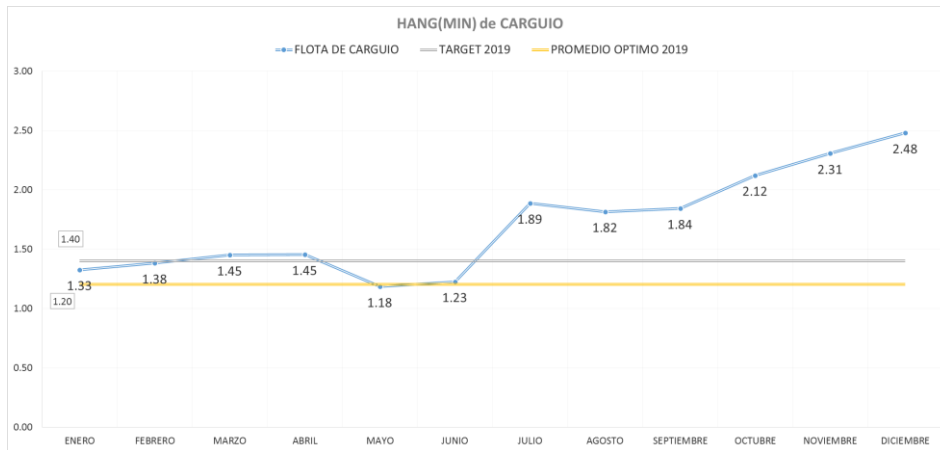


Figura 38. Hang (min) mensual de la flota de carguío.

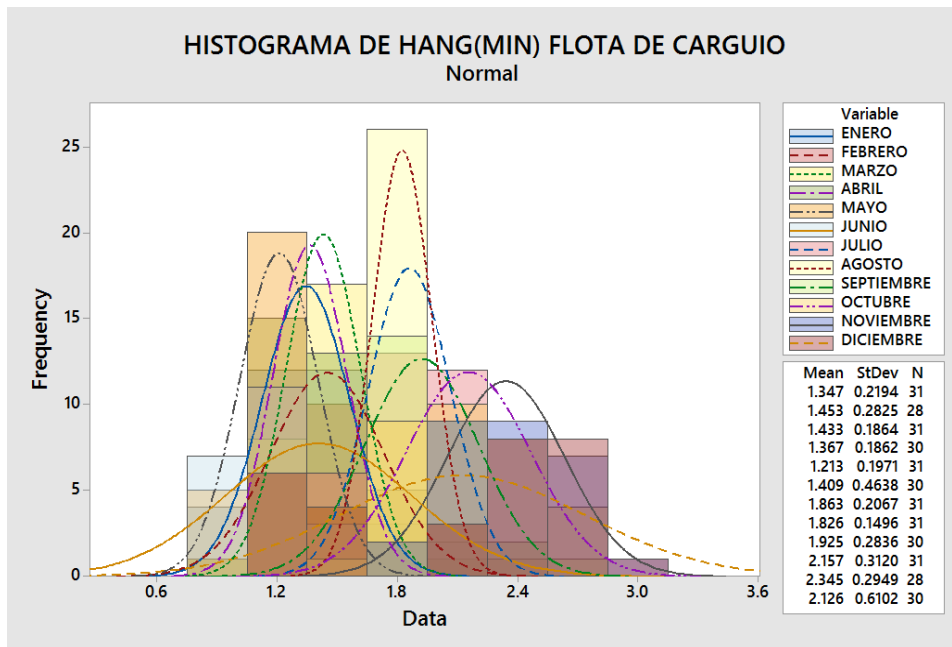


Figura 39. Histograma de Hang (min) mensual de la flota de carguío.

- **Uso%**

Tras la revisión de los datos de la flota, se aconseja utilizar la media ideal del 77% como objetivo de porcentaje de uso de la flota de carga para 2020, ya que este valor se acerca más al porcentaje de uso mensual derivado en base a los valores óptimos alcanzados por ambas flotas (CAT390FL y CAT374DL) durante 2019. A continuación se muestra el gráfico y la tabla que lo acompañan.

ANALISIS MENSUAL					
	MEJOR VALOR	MENOR VALOR	PROMEDIO FLOTA	PROMEDIO OPTIMO	TARGET 2020
CAT374DL	75%	70%	73%	77%	77%
	Enero	Marzo			
CAT390FL	79%	73%	75%		
	Agosto	Octubre			

Figura 40. Valores máximos y mínimos mensuales de la flota de carguío.

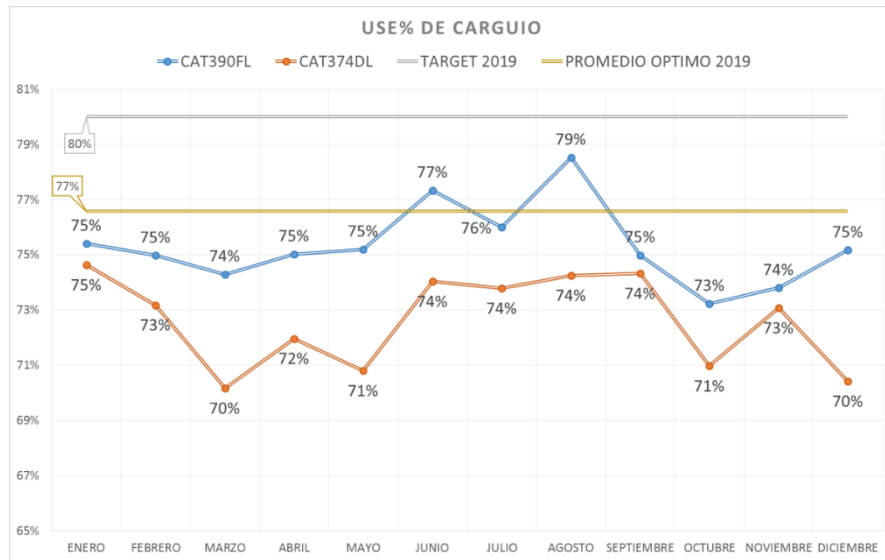


Figura 41. Uso% mensual de las flotas CAT390FL y CAT74DL

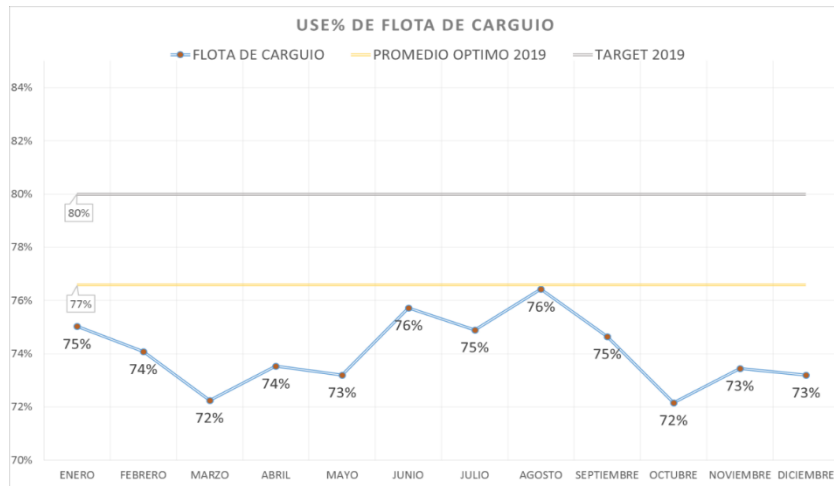


Figura 42. Uso% mensual de la flota de carguío

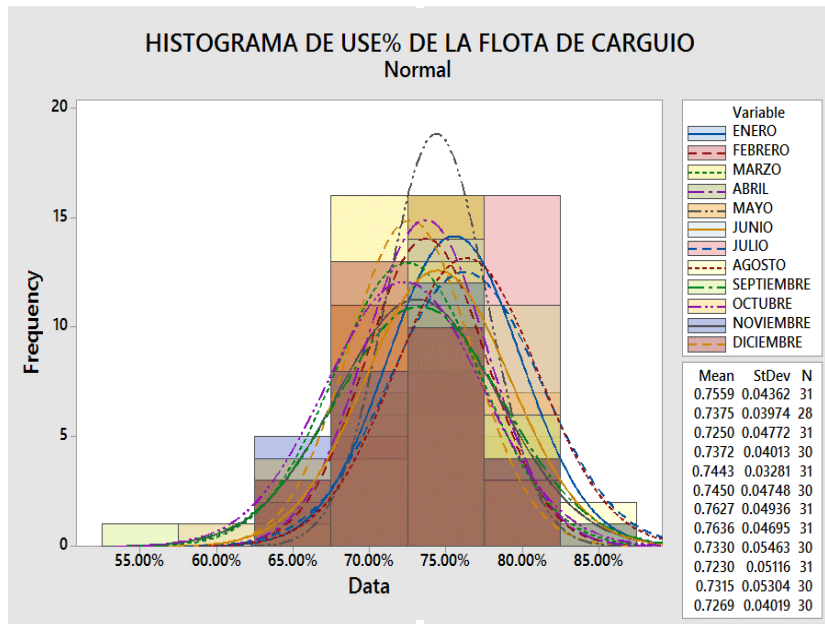


Figura 43. Histograma de Uso % mensual de la flota de carguío.

- UoA %

Tras la revisión de los datos de la flota, se aconseja utilizar la media ideal del 93% como objetivo de porcentaje de UoA para la flota de carga para 2020, ya que este valor se aproxima más al porcentaje de UoA mensual determinado en base a los valores óptimos alcanzados por ambas flotas (CAT390FL y CAT374DL) durante 2019. El gráfico y la tabla que lo acompañan se muestran a continuación.

ANALISIS MENSUAL					
	MEJOR VALOR	MENOR VALOR	PROMEDIO FLOTA	PROMEDIO OPTIMO	TARGET 2020
CAT374DL	94%	73%	83%	93%	93%
	Noviembre	Julio			
CAT390FL	92%	82%	89%		
	Junio	Septiembre			

Figura 44. Valores máximos y mínimos mensuales de la flota de carguío



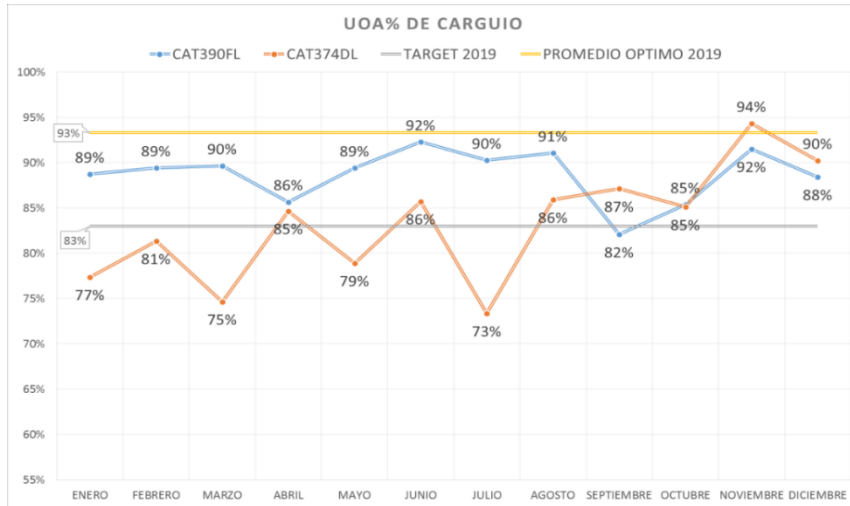


Figura 45. UoA% mensual de las flotas CAT390FL y CAT74DL

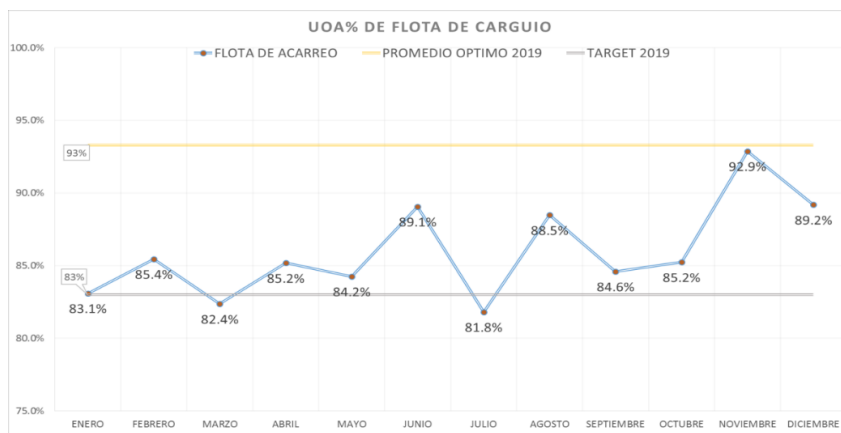


Figura 46. UoA% mensual de la flota de carguío.

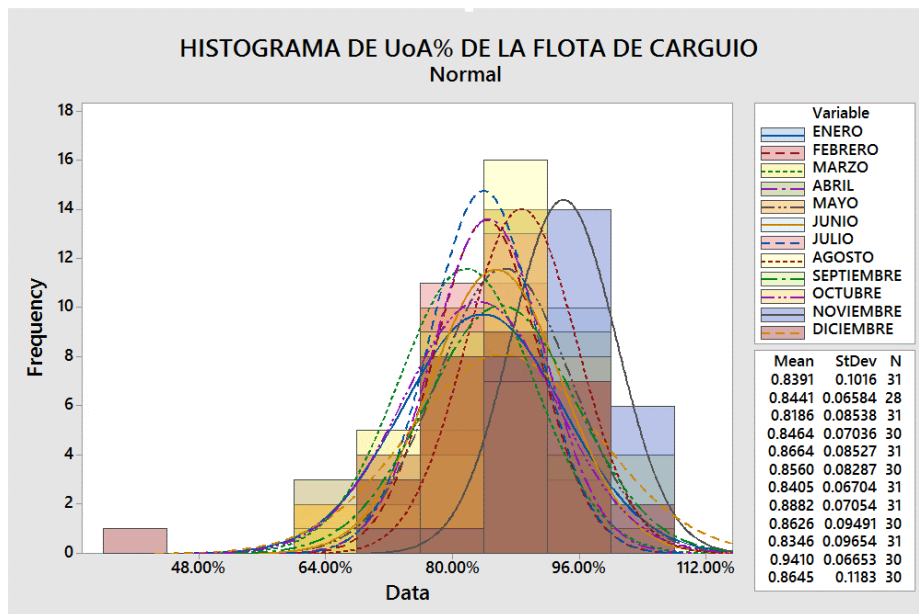


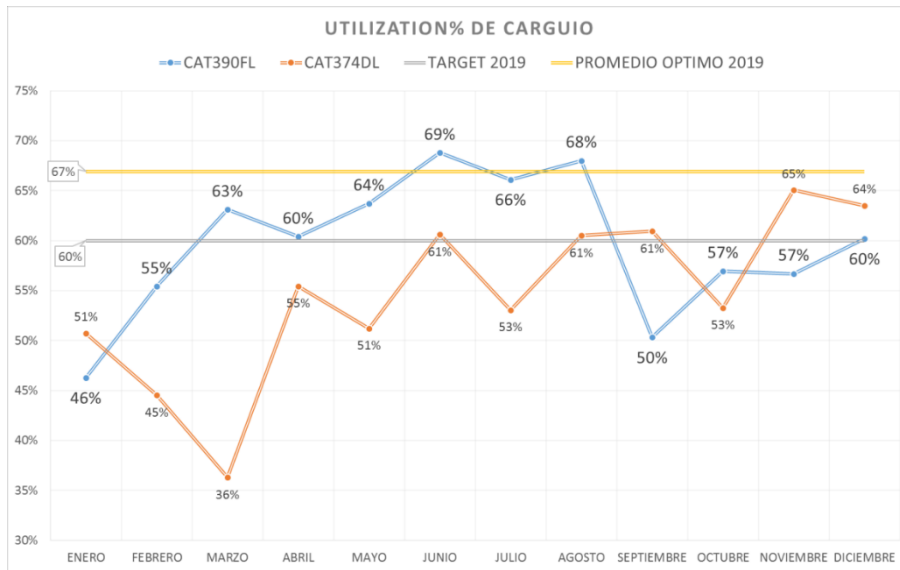
Figura 47. Histograma de UoA% mensual de la flota de carguío

**- Utilización %**

Una vez analizados los datos de la flota, se propone utilizar la media óptima del 67% como objetivo de porcentaje de utilización de la flota de carga para el año 2020, ya que este valor se acerca más al porcentaje de utilización mensual obtenido en base a los valores óptimos alcanzados por ambas flotas (CAT390FL y CAT374DL) durante el año 2019. A continuación se presenta el gráfico y la tabla.

ANALISIS MENSUAL					
	MEJOR VALOR	MENOR VALOR	PROMEDIO FLOTA	PROMEDIO OPTIMO	TARGET 2020
CAT374DL	65%	36%	55%	67%	67%
	Noviembre	Marzo			
CAT390FL	69%	46%	60%		
	Junio	Enero			

**Figura 48.** Valores máximos y mínimos mensuales de la flota de carguío



**Figura 49.** Utilización% mensual de las flotas CAT390FL y CAT74DL

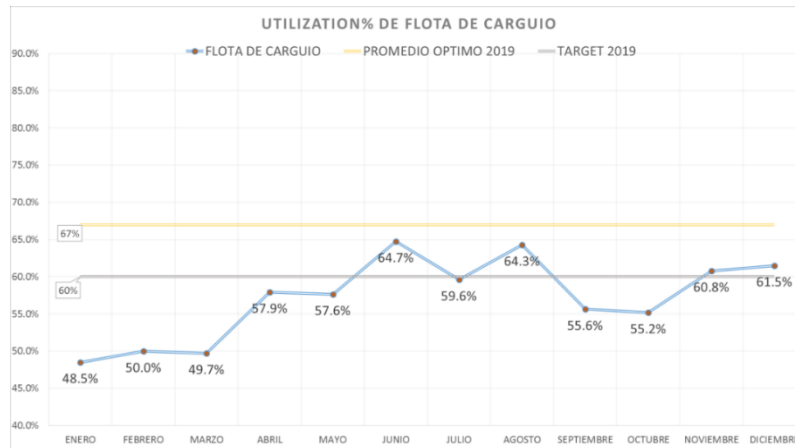


Figura 50. Utilización% mensual de la flota de carguío.

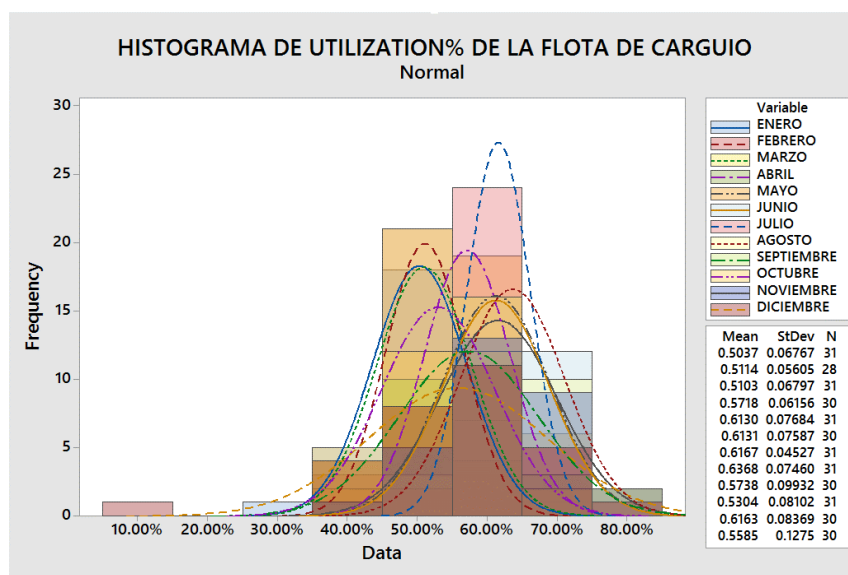


Figura 51. Histograma de Utilización % mensual de la flota de carguío

## b. Equipos de acarreo

### - Productividad de acarreo (t/h)

#### SCANIA 460

El objetivo del parámetro para 2019 era de 94 t/h; sin embargo, tras analizar los datos de la flota, se propone utilizar la media óptima de 87 t/h como objetivo de productividad de arrastre para la flota SCANIA 460 en 2020, ya que este valor se acerca más a la producción mensual obtenida en base a los valores óptimos de la flota en 2019. A continuación se muestra el gráfico y la tabla correspondiente.

ANALISIS MENSUAL				
	1° y 2° MEJOR VALOR	1° y 2° MENOR VALOR	PROMEDIO OPTIMO	TARGET 2020
SCANIA460	87	77	87	87
	Mayo	Octubre		
	87	78		
	Abril	Diciembre		

Figura 52. Valores máximos y mínimos mensuales de la flota SCANIA460.

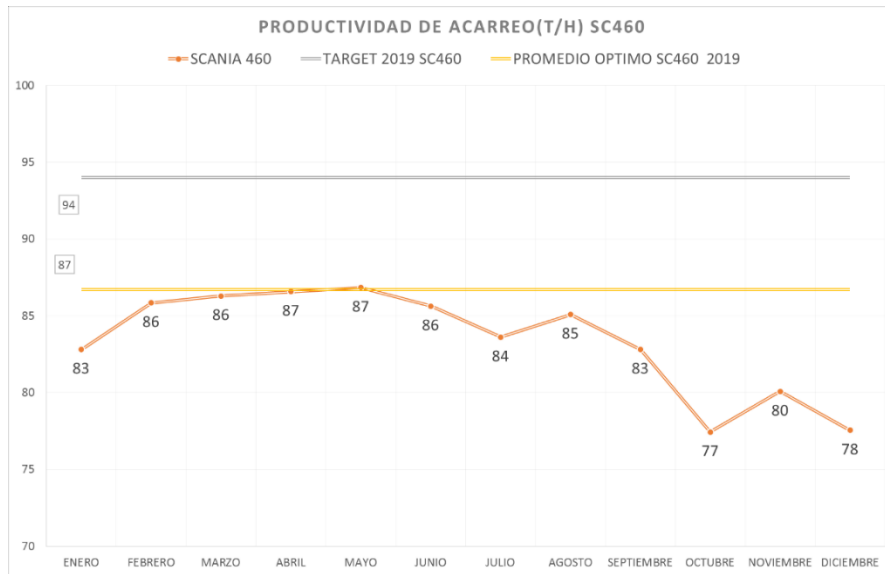


Figura 53. Productividad de acarreo (t/h) mensual de la flota SCANIA 460

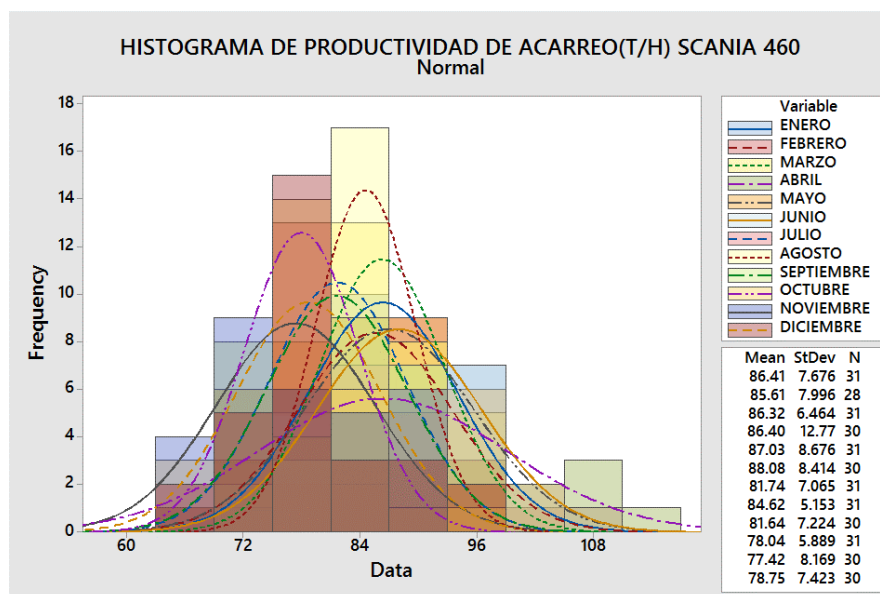


Figura 54. Histograma de Productividad de acarreo (t/h) mensual de la flota SCANIA 460.

## SCANIA 460 HT

Tras el análisis de las estadísticas de la flota, se aconseja utilizar la media óptima de 111 t/h como objetivo de productividad de arrastre para la flota SCANIA 460 para el año 2020, ya que este valor refleja una mayor cercanía a la producción mensual determinada en base a los valores ideales de la flota alcanzados durante el año 2019. El gráfico y la tabla se presentan a continuación.

ANALISIS MENSUAL				
	1° y 2° MEJOR VALOR	1° y 2° MENOR VALOR	PROMEDIO OPTIMO	TARGET 2020
SCANIA460 HT	112	91	111	111
	Septiembre	Diciembre		
	110	95		
	Agosto	Noviembre		

Figura 55. Valores máximos y mínimos mensuales de la flota SCANIA460.

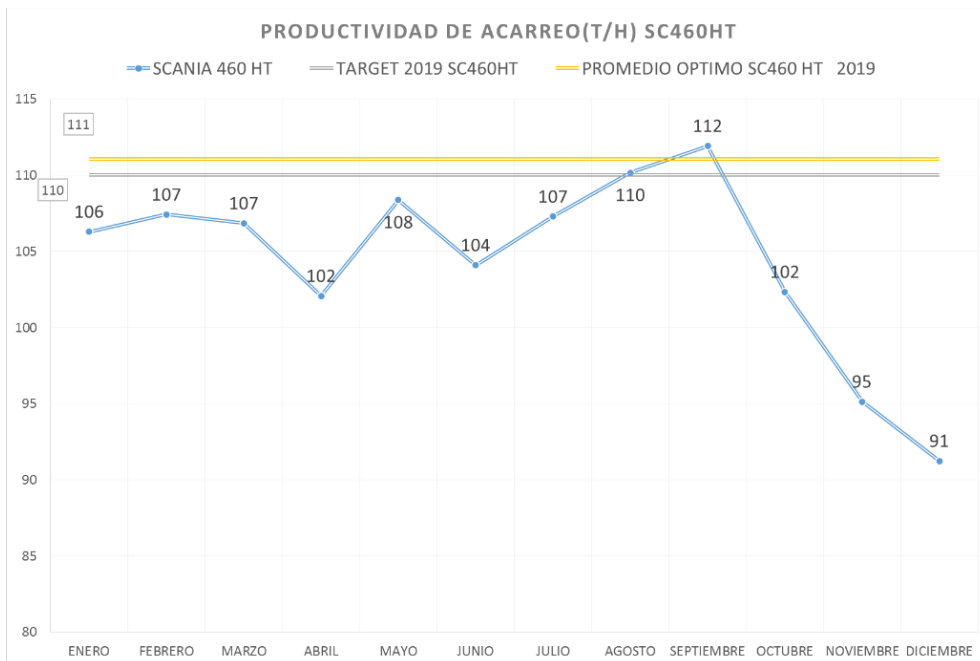


Figura 56. Productividad de acarreo (t/h) mensual de la flota SCANIA 460 HT.

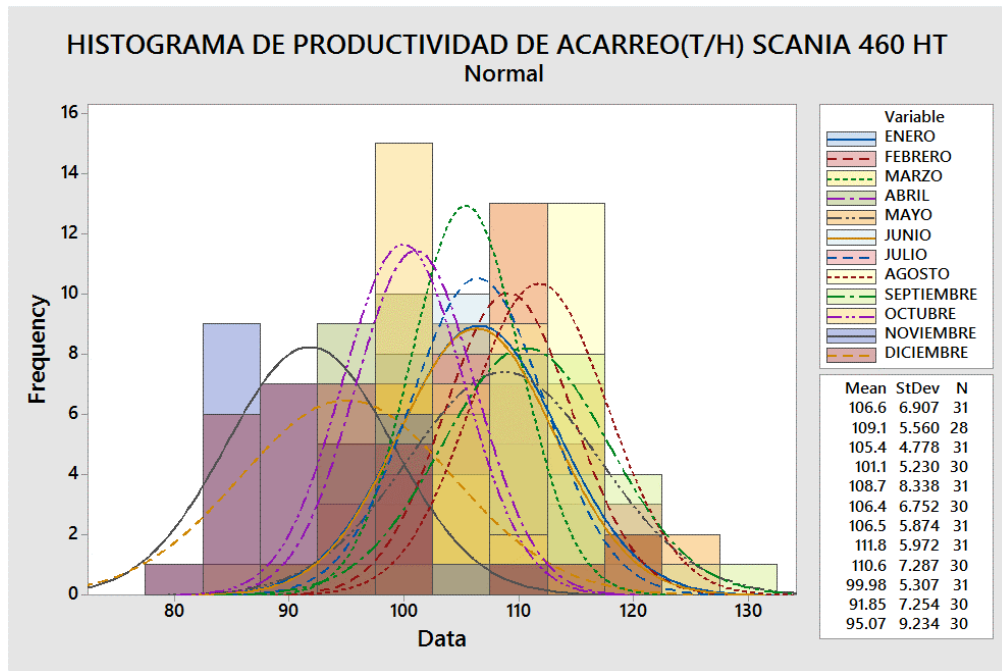


Figura 57. Histograma de Productividad de acarreo (t/h) mensual de la flota SCANIA 460 HT.

- **Queue%**

Una vez analizados los datos de la flota (filtrando los datos atípicos de los equipos que no disponían del sistema de flota SCANIA 460), se propone utilizar la media óptima del 3,6% como objetivo de porcentaje de cola para la flota de transporte para 2020, ya que este valor expresa una mayor proximidad al porcentaje de cola mensual obtenido a partir de los valores óptimos alcanzados por ambas flotas (SCANIA 460 y SCANIA 460 HT). El gráfico y la tabla que lo acompañan se muestran a continuación.

ANALISIS MENSUAL					
	MAYOR VALOR	MENOR VALOR	PROMEDIO FLOTA	PROMEDIO OPTIMO	TARGET 2020
FLOTA DE CARGUIO	23%	3%	11%	3.6%	3.6%
	Julio	Diciembre			
	22%	4%			
	Septiembre	Enero			

Figura 58. Valores máximos y mínimos mensuales de la flota de acarreo.

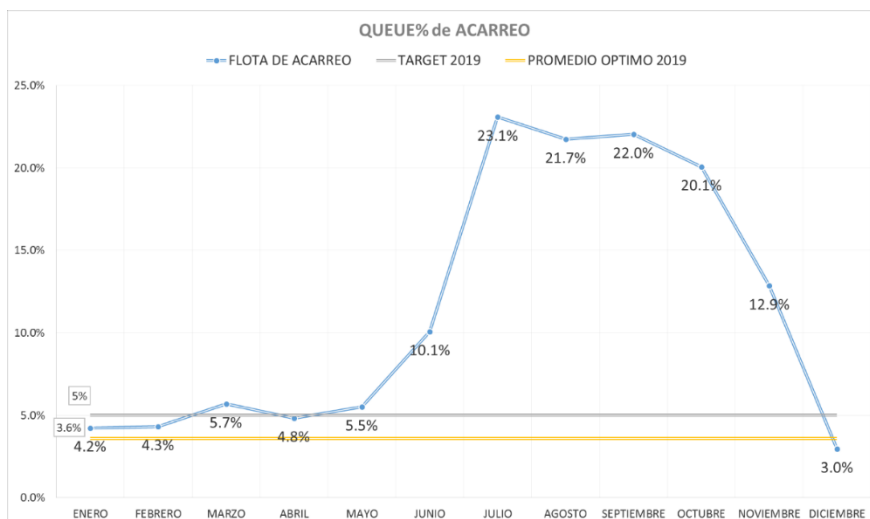


Figura 59. Queue% mensual de la flota de acarreo

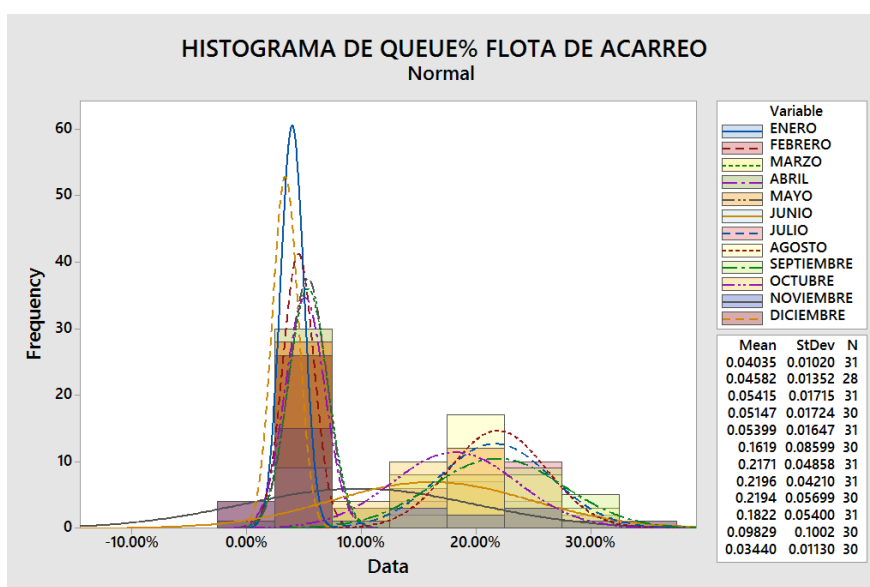


Figura 60. Histograma de Queue% mensual de la flota de acarreo.

- **Queue (min)**

Una vez analizados los datos de la flota (filtrando los datos atípicos de los equipos que no disponían del sistema de flota SCANIA 460), se propone utilizar la media óptima de 0,8 min como objetivo de Cola(min) para la flota de transporte en 2020, ya que este valor expresa una mayor proximidad a la Cola(min) mensual obtenida en base a los valores óptimos alcanzados por ambas flotas (SCANIA 460 y SCANIA 460 HT) durante 2019. A continuación se muestra el gráfico y la tabla correspondiente.

ANALISIS MENSUAL					
	MAYOR VALOR	MENOR VALOR	PROMEDIO FLOTA	PROMEDIO OPTIMO	TARGET 2020
FLOTA DE CARGUIO	4.80	0.67	2.41	0.8	0.8
	Julio	Diciembre			
	4.40	0.95			
	Agosto	Febrero			

Figura 61. Valores máximos y mínimos mensuales de la flota de acarreo.

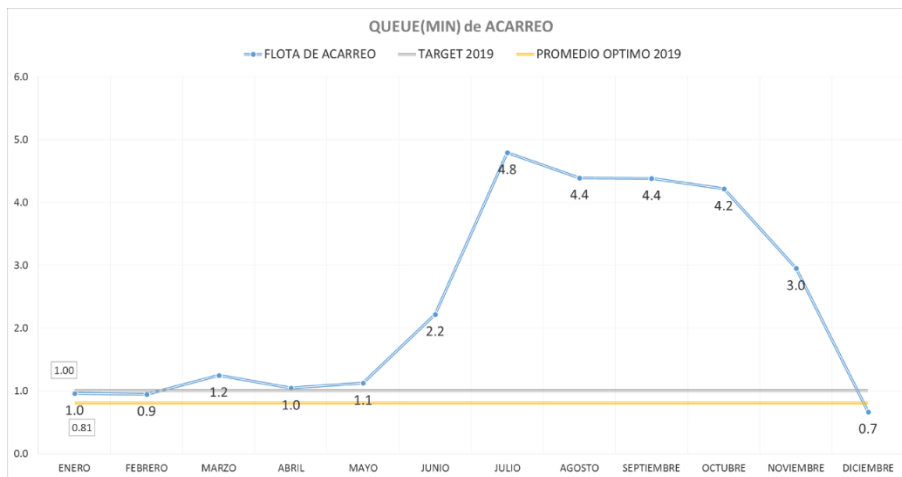


Figura 62. Queue (min) mensual de la flota de acarreo.

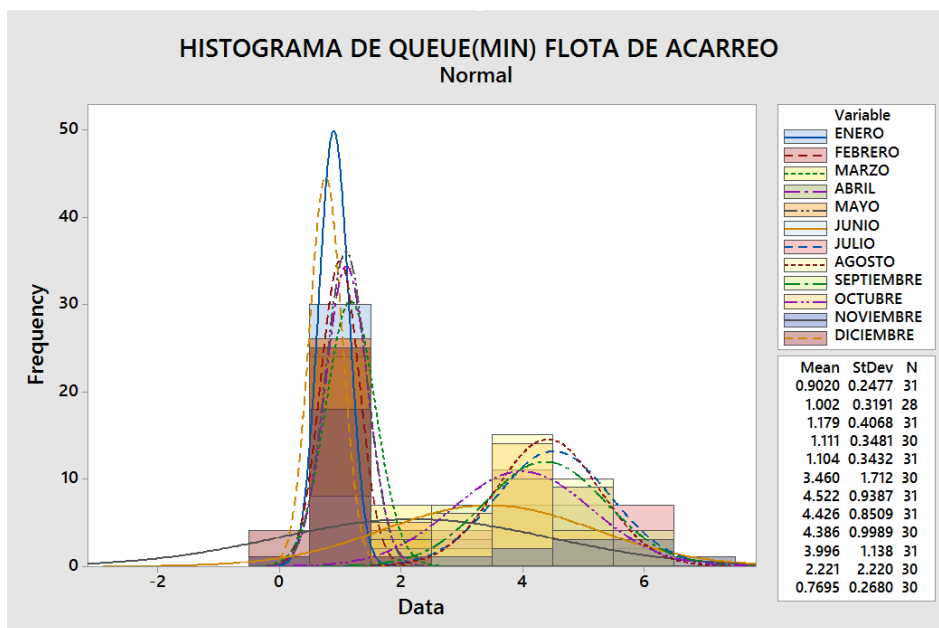


Figura 63. Histograma de Queue (min) mensual de la flota de acarreo.

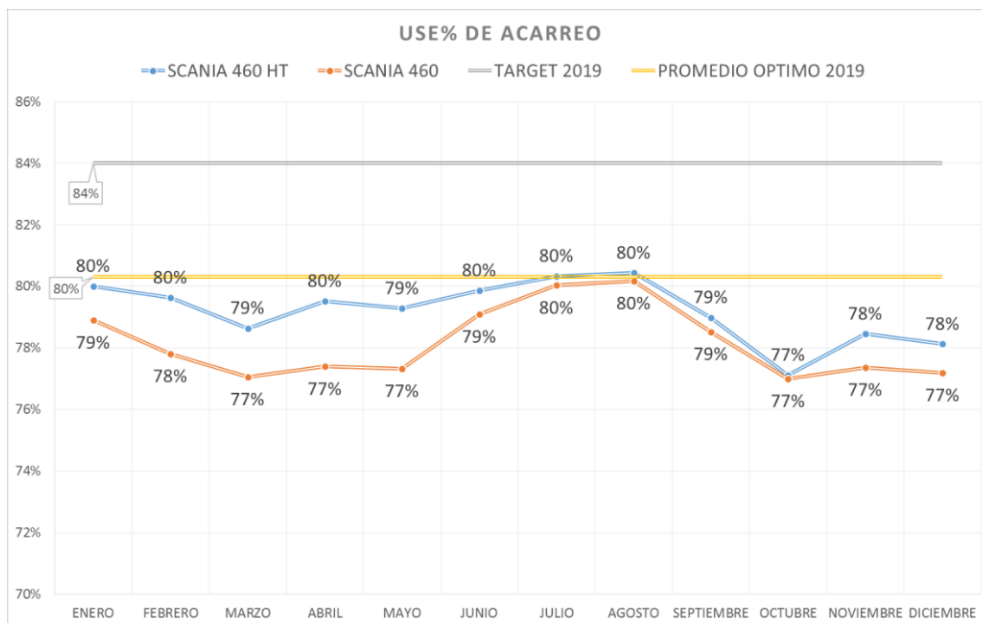


- **Uso%**

El objetivo del parámetro para el año 2019 era del 84 por ciento; sin embargo, tras analizar los datos de las flotas, se propone utilizar la media óptima del 80 por ciento como objetivo de porcentaje de uso de la flota de arrastre para el año 2020, ya que este valor se acerca más al porcentaje de uso mensual obtenido en base a los valores óptimos alcanzados por ambas flotas (SCANIA 460 y SCANIA 460 HT) durante el año 2019. A continuación se muestra el gráfico y la tabla que lo acompañan.

ANALISIS MENSUAL					
	MEJOR VALOR	MENOR VALOR	PROMEDIO FLOTA	PROMEDIO OPTIMO	TARGET 2020
SCANIA460	80%	77%	78%	80%	80%
	Agosto	Octubre			
SCANIA460HT	80%	77%	79%		
	Agosto	Octubre			

**Figura 64.** Valores máximos y mínimos mensuales de la flota de acarreo.



**Figura 65.** Uso% mensual de las flotas SCANIA 460 y SCANIA 460 HT

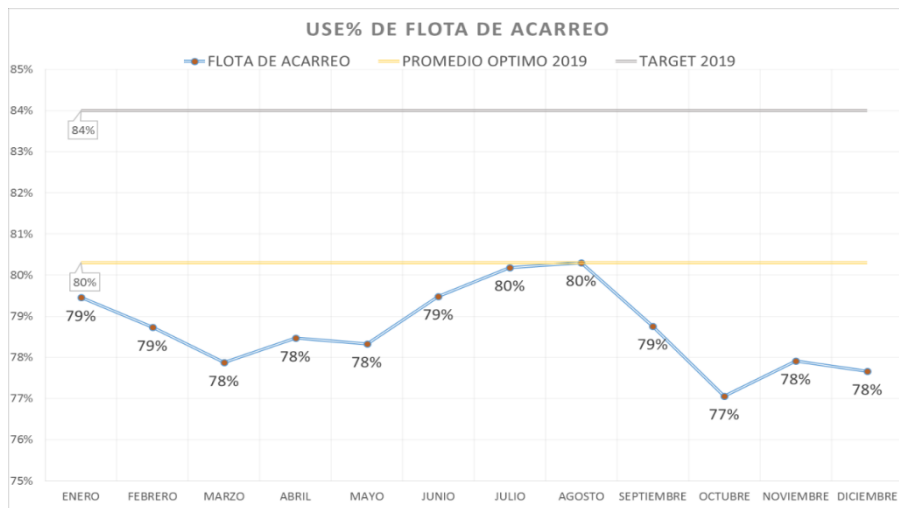


Figura 66. Uso% mensual de la flota de acarreo.

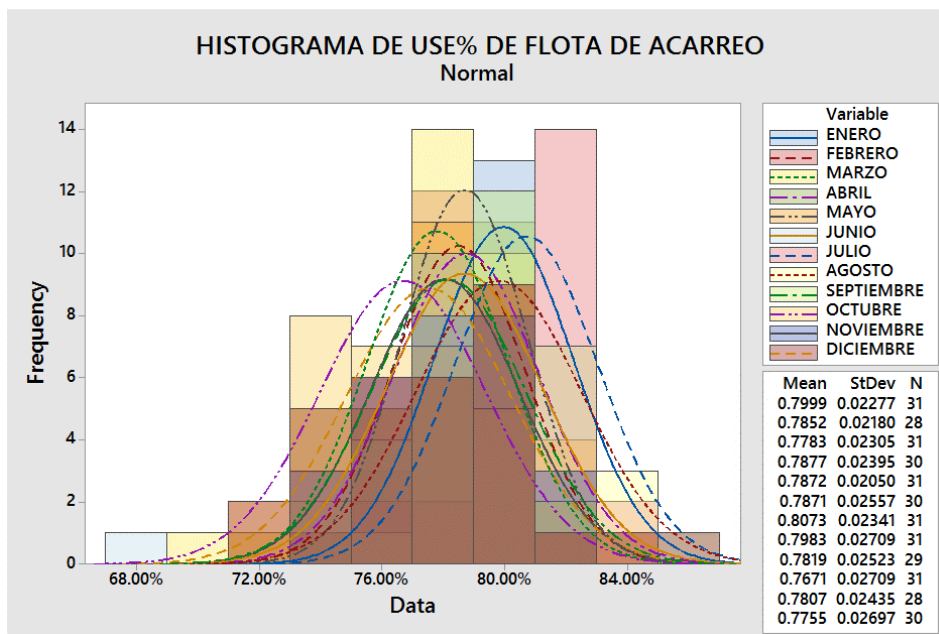


Figura 67. Histograma de Uso% mensual de la flota de acarreo.

- **UoA**

El objetivo del parámetro para 2019 era del 82%; sin embargo, tras analizar los datos de las flotas, se propone utilizar la media óptima del 87% como objetivo de porcentaje de UoA para la flota de arrastre para 2020, ya que este valor se aproxima más al porcentaje de UoA mensual obtenido a partir de los valores óptimos alcanzados por ambas flotas (SCANIA 460 y SCANIA 460 HT) durante 2019. El gráfico y la tabla que lo acompañan se muestran a continuación..

ANALISIS MENSUAL					
	MEJOR VALOR	MENOR VALOR	PROMEDIO FLOTA	PROMEDIO OPTIMO	TARGET 2020
SCANIA460	78% Noviembre	62% Mayo	72%	87%	87%
SCANIA460HT	95% Febrero	89% Septiembre	93%		

Figura 68. Valores máximos y mínimos mensuales de la flota de acarreo.

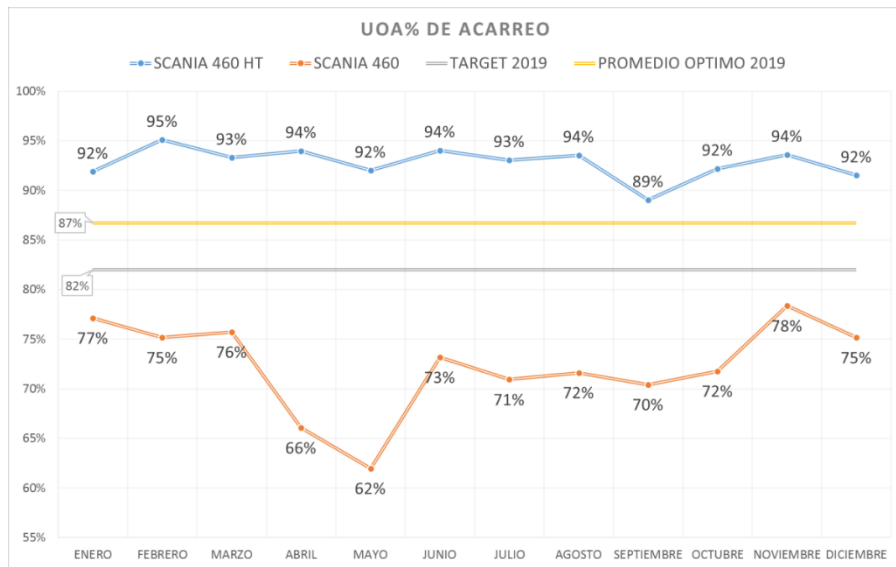


Figura 69. UoA% mensual de las flotas SCANIA 460 y SCANIA 460 HT

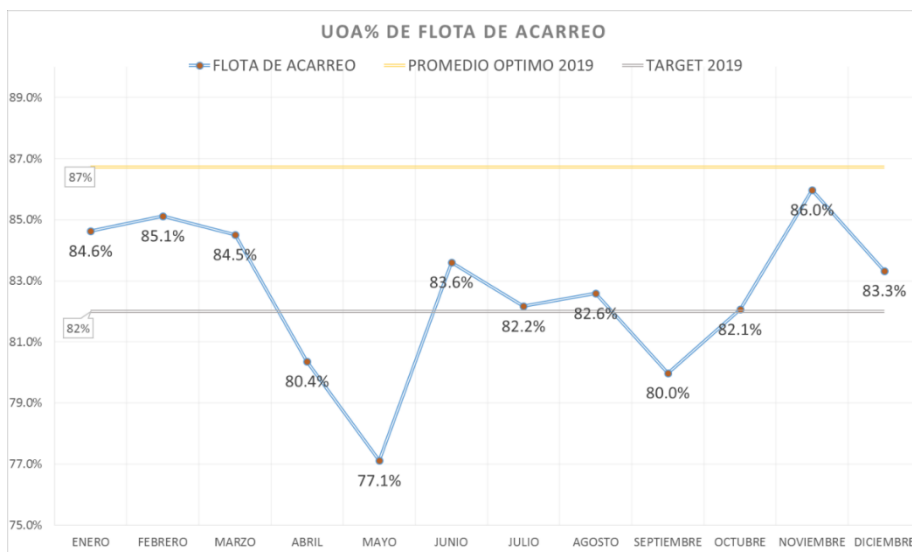


Figura 70. UoA% mensual de la flota de acarreo

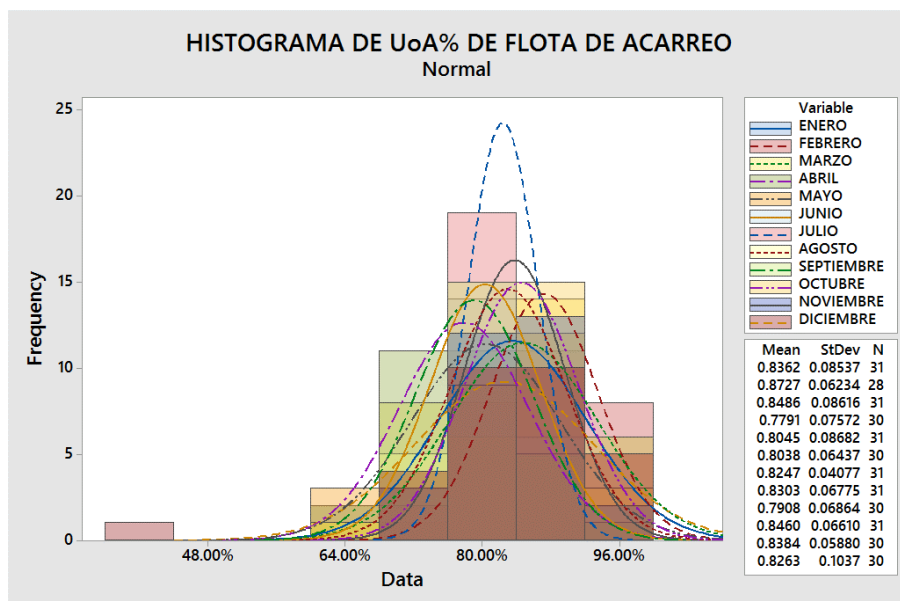


Figura 71. Histograma de UoA% mensual de la flota de acarreo.

#### - Utilización%

El parámetro tenía un objetivo del 67 por ciento para el año 2019, pero tras analizar los datos de las flotas, se propone utilizar la media óptima del 61 por ciento como objetivo de porcentaje de Utilización de la flota de arrastre para el año 2020, ya que este valor se aproxima más al porcentaje de Utilización mensual obtenido en base a los valores óptimos alcanzados por ambas flotas (SCANIA 460 y SCANIA 460 HT) en 2019. A continuación se muestra el gráfico y la tabla correspondientes.

ANALISIS MENSUAL					
	MEJOR VALOR	MENOR VALOR	PROMEDIO FLOTA	PROMEDIO OPTIMO	TARGET 2020
SCANIA460	53%	38%	46%	61%	61%
	Agosto	Abril			
SCANIA460HT	70%	60%	64%	61%	61%
	Agosto	Abril			

Figura 72. Valores máximos y mínimos mensuales de la flota de acarreo.

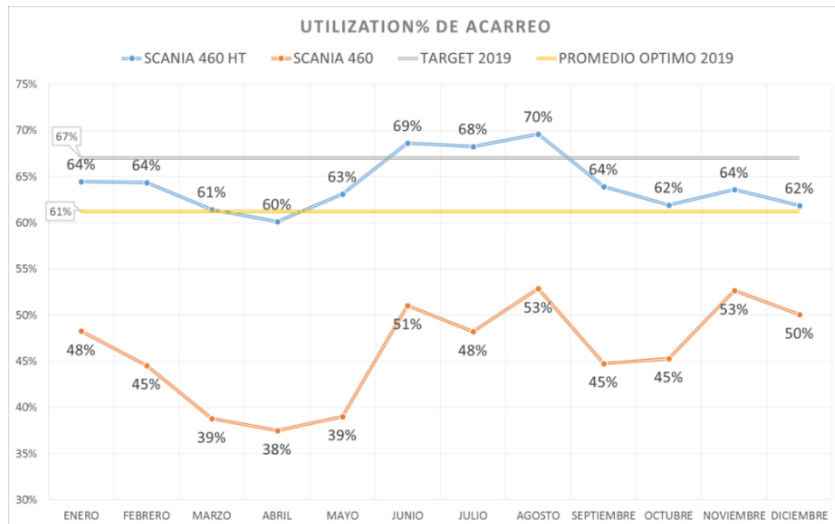


Figura 73. Utilización% mensual de las flotas SCANIA 460 y SCANIA 460 HT.

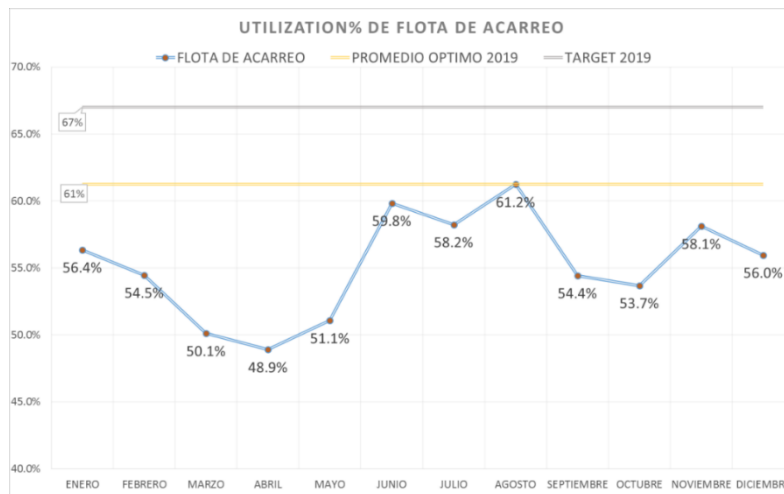


Figura 74. Utilización% mensual de la flota de acarreo.

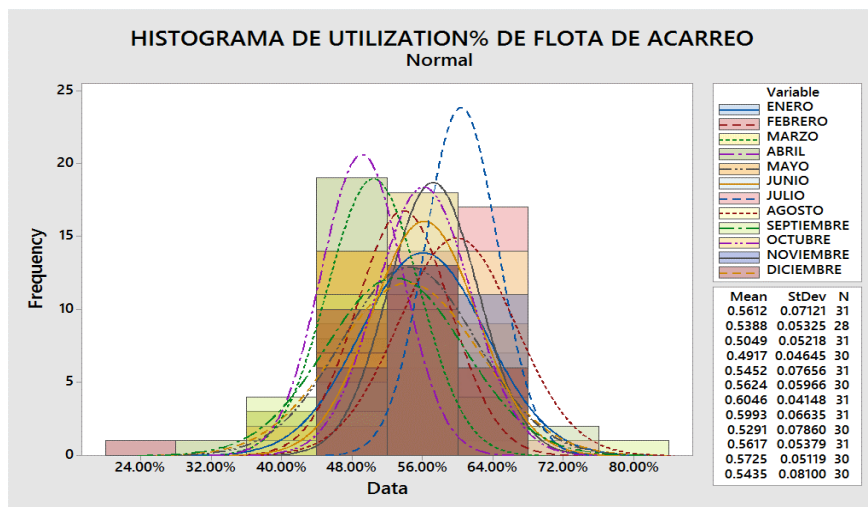


Figura 75. Histograma de Utilización% mensual de la flota de acarreo.

## 4.2 Implementación del sistema Control Sense en los equipos de carguío y acarreo

Control Sense es una herramienta que nos permite controlar y optimizar los ciclos de carguío y acarreo, mediante la apropiada utilización de los recursos de mina.

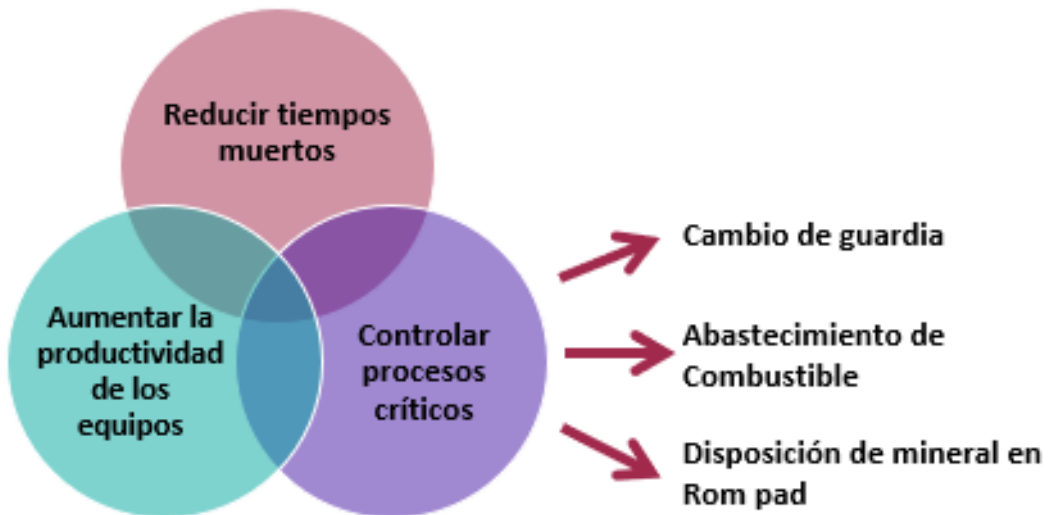


Figura 76. Esquema de trabajo ControlSense.



Figura 77. Monitoreo control Sense en dispatch.

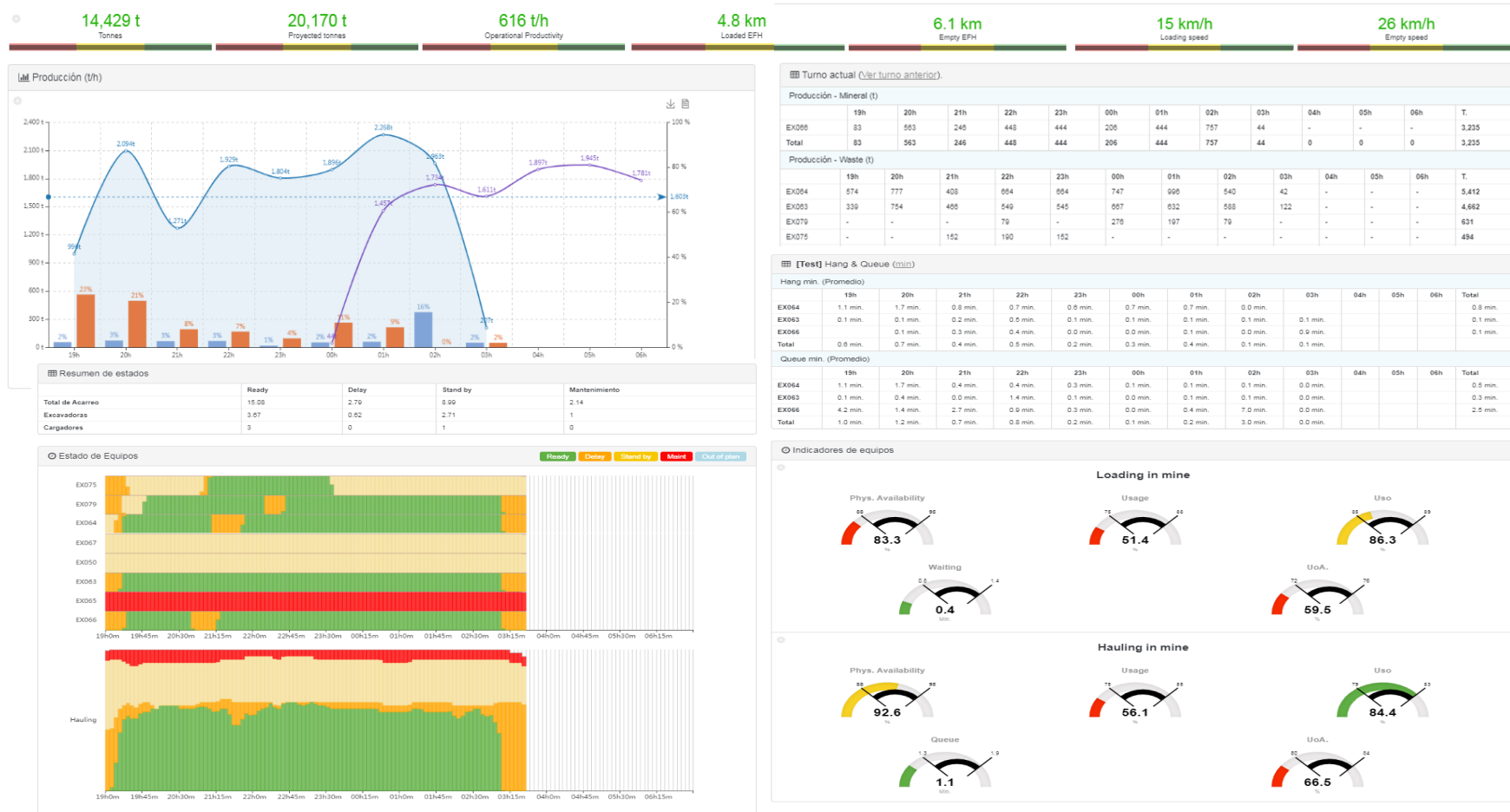


Figura 78. Sistema de monitoreo Control Sense

## 4.2.1 Estados de Equipos

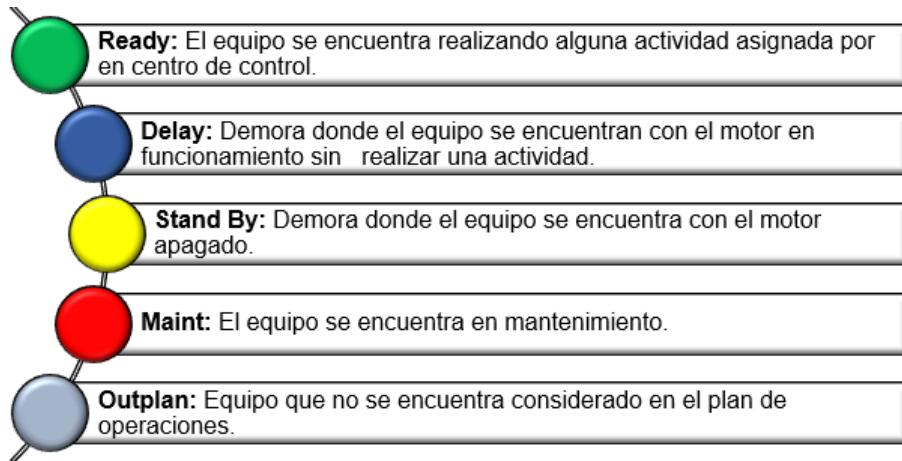


Figura 79. Estado de equipos

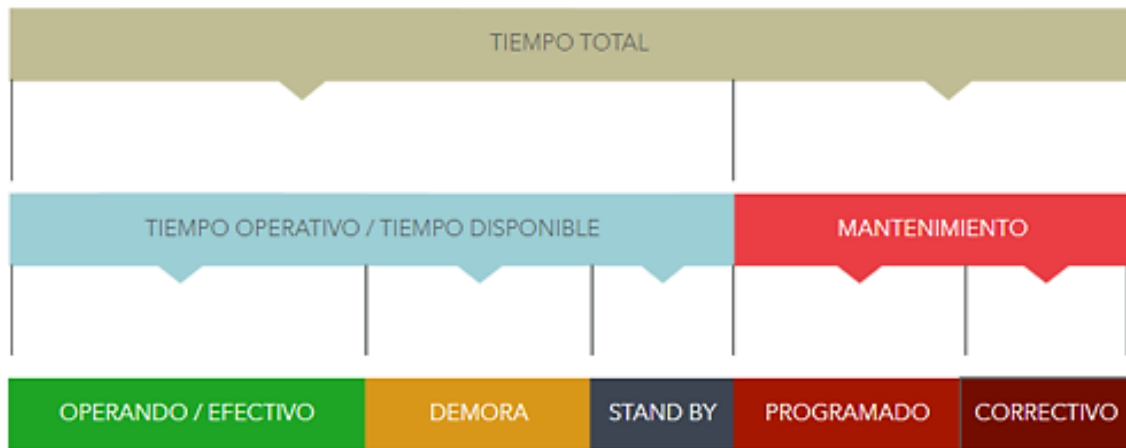


Figura 80. Tabla ASARCO

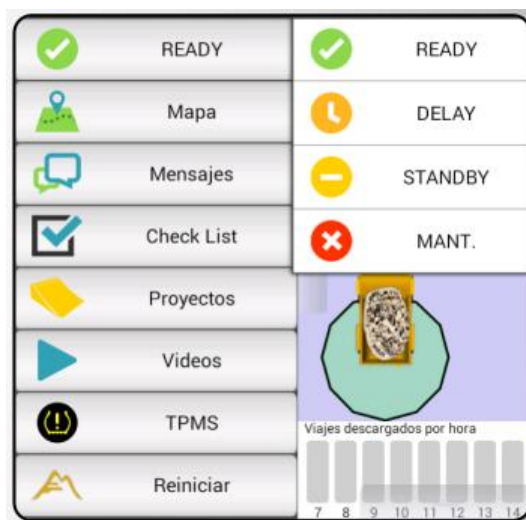


Figura 81. Comandos Control Sense





Figura 82. Estado de los equipos con control sense.

#### 4.2.2 Ciclo de acarreo propuesto



Figura 83. Ciclo de acarreo propuesto.

#### 4.2.3 Optimización con control sense



**Figura 84.** Optimización con control sense.

Optimizar es obtener mejores resultados con los mismos recursos o resultados similares con menores recursos, haciendo uso de una sucesión de algoritmos matemáticos en el sistema y la supervisión y monitoreo constante.

Se genera una simulación de ciclos y construyen numerosas posibilidades, de las que se selecciona la que posee un menor costo operativo, obteniendo un ciclo no convencional optimizado.

### **Beneficios de control sense**

Al ofrecer una asignación óptima de los equipos de transporte, la localización de los equipos mediante GPS, la supervisión del estado de los equipos, el seguimiento del mantenimiento, la mezcla, la producción, la elaboración de informes y mucho más, los sistemas de control de flotas impulsan la productividad y aumentan la eficiencia y optimización general de la flota.

Facilitan el seguimiento de cada acción en curso, con el objetivo de lograr mejoras en tiempo real en cada actividad de campo, a la vez que ayudan a la supervisión del mismo. La aplicabilidad de este sistema no es sólo para la industria minera, sino también para las demandas de otras industrias, y nos ayuda a identificar y replicar el plan de optimización, logrando la coordinación operativa y obteniendo las mayores ventajas en cada proceso..

Este método nos permite explorar más allá de la aplicación operacionalmente optimizada para encontrar cambios que ayuden a ahorrar recursos. El sistema guarda todos los datos registrados en una base de datos a la que se puede acceder en tiempo real y en el pasado para realizar informes y análisis, lo que puede ayudarnos a identificar posibilidades de mejora concentrándonos en los fallos. Estos pueden y deben solucionarse en el futuro. El proyecto del equipo interdisciplinar de gestión de inventarios ayudará a identificar las variedades de mineral de baja calidad que entran en cada pila, así como a ayudar en la extracción de este material de pila (almacenamiento), mejorando así la secuencia de reciclaje de estos materiales según convenga..

#### **4.2.4 Descripción General del sistema**

Trabaja bajo el método offline, ya que las zonas donde realiza sus operaciones, son zonas que no cuentan con una red Wireless a la que se pueda conectar, por ese motivo la aplicación descarga la data necesaria para tener un óptimo funcionamiento sin necesidad de conectarse a una red Wireless.

#### **4.2.5 Objetivo**

Proporcionar un resumen de alto nivel para describir las funcionalidades del sistema optimizador e identificar los componentes más importantes que ayudan a optimizar la secuencia de carguío y acarreo.

## **4.2.6 Datos analizados con Control Sense**

### **a. Tiempo del ciclo**

En la Tabla 01, se observa que el sistema Control Sense supervisa el tiempo del ciclo de carga y transporte; estos datos se utilizan para evaluar la disponibilidad del equipo, así como el tiempo del ciclo y el tiempo de los retrasos.

**Tabla 1.** *Análisis de tiempo de ciclo de los volquetes y cargadores.*

Etiquetas de fila	Cycle > Hauling (1): Time Traveling Empty (min)	Cycle > Hauling (2): Time Queue (min)	Cycle > Hauling (3): Time Spot (min)	Cycle > Hauling (4): Time Spotted (min)	Cycle > Hauling (5): Time Loading (min)	Cycle > Hauling (6): Time Traveling Loaded (min)	Cycle > Hauling (7): Time Waiting Dump (min)	Cycle > Hauling (8): Time Reversing (min)	Cycle > Hauling (9): Time Dumping (min)
2019	9,673,222.12	26,685.32	3,839.50	7,292.82	59,652.75	373,495.92	4,465.98	1,954,392.03	6,005.17
CAT980H	9,424,141.42	1,139.32	1,139.32	1,139.32	1,139.32	1,139.32	1,169.35	1,945,104.13	1,374.30
IVECO									
HHD9	20,476.78	2,699.33	688.18	324.07	4,392.42	30,123.25	275.52	322.55	478.37
MERCEDES									
444	91,366.60	8,721.52	1,250.28	3,563.72	19,134.35	133,477.97	1,544.82	1,287.73	2,901.67
VOLVO FM	30,748.22	2,295.37	5.78	48.88	8,414.52	40,983.92	6.18	5,734.22	4.08
VOLVO									
FMX 440	106,489.10	11,829.78	755.93	2,216.83	26,572.15	167,771.47	1,470.12	1,943.40	1,246.75

**b. Performance Truck Operator**

En la Tabla 02, se muestra el rendimiento de los operadores de los equipos de carguío y acarreo monitoreado por el sistema Control Sense.

**Tabla 2.** *Performance truck operator.*

<b>Etiquetas de fila</b>	<b>Production &gt; Total Dry Tonnes (t)</b>	<b>Loading &gt; Productivity (t/h)</b>	<b>Production &gt; Total Previous Rollback (t)</b>	<b>Production &gt; Total Payload Real (t)</b>
CAT336DL	2,041,567	764	0	315,638
DAVID JAVIER GONZALES ZABALA	55,696	256	0	54,703
NERIO GARCIA ORTIZ	20,859	305	0	20,877
CAT374DL	28,083,299	3,956	0	4,005,859
ALEX NOE NARVA SILVA	300,563	6,282	0	29,529
APOLINARIO FABIO CARHUACHIN VALVERDE	193,200	4,514	0	21,020
ELVER MARTIN VILLEGAS SEMINARIO	2,413,760	6,473	0	237,695
EVER JONAS ROMERO TRUJILLO	1,739,186	5,091	0	175,789
FELIPE CHALAN RAMIREZ	12,042	257	0	11,875
FILMIO EGUSQUIZA LLAMOCTANTA	314	204	0	310
FLAVIO TADEO CULQUI CHAVEZ	400,265	5,487	0	38,808
JOSE LUIS BRICEÑO MONDRAGON	1,254,498	6,035	0	124,110
JOSE MELANIO DIAZ MEGO	321,547	636	0	316,527
JOSE NEPTALI MENDOZA HUAMAN	1,629,375	5,297	0	157,556
Lino Gallardo vasquez	1,479,566	5,661	0	145,823
LUIS FRANCISCO CABRERA BRICEÑO	2,120,772	6,206	0	204,201
MANUEL DIAZ HUAMAN	2,370,432	5,628	0	233,489
MANUEL DIAZ HUAMAN	104,296	5,184	0	10,385
NICOLAS CESPEDES BARRETO	2,007,768	2,338	0	434,551
ORLANDO DIAZ BARBOZA	308,372	574	0	303,918
SEGUNDO NOLBERTO AREVALO TARRILLO	1,874,995	5,689	0	183,445
VICTOR MANUEL CIEZA MEJIA	2,432,161	6,218	0	238,449
VICTOR RENE CASTILLO MARIÑOS	2,313,749	5,485	0	250,670

CAT390FL	8,219,845	4,236	0	1,296,551
ALEX NOE NARVA SILVA	889,032	6,358	0	87,331
APOLINARIO FABIO CARHUACHIN VALVERDE	2,329,647	6,832	0	230,517
CESAR ELI GALVEZ RODRIGUEZ	298,929	702	0	293,841
FLAVIO TADEO CULQUI CHAVEZ	2,444,806	7,021	0	241,535
JOSE LUIS BRICEÑO MONDRAGON	380,919	6,505	0	37,586
Lino Gallardo vasquez	236,184	7,138	0	23,517
LUIS FRANCISCO CABRERA BRICEÑO	56,590	8,023	0	5,635
NICOLAS CESPEDES BARRETO	128,550	7,760	0	12,618
SEGUNDO NOLBERTO AREVALO TARRILLO	826,305	6,644	0	82,013
VICTOR MANUEL CIEZA MEJIA	78,454	6,969	0	7,728
VICTOR RENE CASTILLO MARIÑOS	126,354	5,735	0	12,581
CAT966H	1,676	986	0	165
CAT980H	24,729,543	64	0	3,763,278
ABELINO VASQUEZ DIAZ	1,262,167	133	0	128,811
ADOLFO CARRASCO VILLANUEVA	325,154	7	0	320,033
DANIEL TOLEDO ISPILCO	2,252,417	1,213	0	222,119
DAVID FERMIN SALINAS WENDOR	1,396,732	632	0	137,751
EBER MOISES CASTAÑEDA VILLAVICENCIO	872,177	1,782	0	86,041
EVER JONAS ROMERO TRUJILLO	73,213	928	0	7,191
FELIPE SANCHEZ BALCAZAR	2,042,873	638	0	201,428
FILMIO EGUSQUIZA LLAMOCTANTA	556,738	838	0	54,749
GUSTAVO JAVIER CHAVEZ QUIROZ	1,043,265	854	0	102,960
JOSE DARIO CARRANZA HOYOS	231,542	6	0	227,958
JULIO CESAR QUISPE GONZALES	2,509,936	277	0	248,205
LORENZO ELMER SAENZ AREVALO	1,498,816	635	0	147,835
MIGUEL ANGEL BAUTISTA CAMPOS	1,178,040	773	0	115,980

NILTON CESAR TERAN VASQUEZ	1,872,059	702	0	184,470
SEGUNDO NOLBERTO AREVALO TARRILLO	102,067	5	0	100,159
VICTOR RENE CASTILLO MARIÑOS	287,460	7	0	282,911
WILIAN VILLEGAS MENDOZA	2,241,045	1,051	0	221,270
KOMPC350	15,494	320	0	15,286
LUIS ANTONIO GUEVARA SAAVEDRA	15,494	320	0	15,286

**c. KPI Operator Cycle**

En la Tabla 03, se muestra el KPI ciclo de los operadores de los equipos de carguío y acarreo monitoreado por el sistema Control Sense.



**Tabla 3. KPI de los ciclos por operador del Equipo CAT374**

etiquetas de fila	Disponibilidad física (%)	Uso %	Usaje %	Utilización efectiva %	Uso de disponibilidad %	Utilización %	Eficiencia operativa %
CAT374	89.86%	98.50%	88.05%	79.12%	89.39%	80.33%	98.50%
ABELINO VASQUEZ DIAZ	97.82%	97.18%	79.45%	77.71%	81.75%	79.97%	97.18%
ADOLFO CARRASCO VILLANUEVA	98.91%	95.83%	93.40%	92.38%	97.47%	96.41%	95.82%
DANIEL TOLEDO ISPILCO	94.96%	97.36%	57.13%	54.25%	58.67%	55.71%	97.37%
DAVID FERMIN SALINAS WENDOR	27.11%	95.71%	41.72%	11.31%	43.59%	11.82%	95.71%
EBER MOISES CASTAÑEDA VILLAVICENCIO	76.02%	82.51%	53.81%	40.91%	65.22%	49.58%	82.51%
EVER JONAS ROMERO TRUJILLO	100.00%	99.00%	74.76%	74.76%	75.51%	75.51%	99.01%
FELIPE SANCHEZ BALCAZAR	94.99%	96.10%	61.03%	57.97%	63.51%	60.33%	96.09%
FILMIO EGUSQUIZA LAMOCTANTA	98.93%	86.40%	66.24%	65.54%	76.67%	75.85%	86.41%
GUSTAVO JAVIER CHAVEZ QUIROZ	99.70%	99.60%	55.85%	55.68%	56.07%	55.90%	99.60%
JOSE DARIO CARRANZA HOYOS	84.74%	99.59%	94.23%	79.85%	94.61%	80.17%	99.60%
JULIO CESAR QUISPE GONZALES	98.95%	93.53%	62.68%	62.02%	67.02%	66.32%	93.52%
LORENZO ELMER SAENZ AREVALO	97.50%	98.91%	71.59%	69.80%	72.38%	70.57%	98.91%
MIGUEL ANGEL BAUTISTA CAMPOS	99.67%	93.36%	50.99%	50.82%	54.62%	54.44%	93.35%
NILTON CESAR TERAN VASQUEZ	86.10%	95.41%	57.23%	49.27%	59.98%	51.64%	95.41%
SEGUNDO NOLBERTO AREVALO TARRILLO	100.00%	100.00%	92.35%	92.35%	92.35%	92.35%	100.00%
VICTOR RENE CASTILLO MARIÑOS	96.94%	97.71%	93.62%	90.75%	95.82%	92.89%	97.70%
WILIAN VILLEGAS MENDOZA	86.18%	96.84%	53.61%	46.20%	55.36%	47.71%	96.84%
						<b>Promedio (%e)</b>	<b>95.75%</b>
						<b>V. Mínimo (%e)</b>	<b>82.51%</b>
						<b>V. Máximo (%e)</b>	<b>100.00%</b>

**a. Performance Truck Operator**

En la Tabla 04, se muestra el KPI el rendimiento de la operación de los equipos de carguío y acarreo monitoreado por el sistema Control Sense.

**Tabla 4.** KPI de los ciclos por operador del Equipo CAT390.

etiquetas de fila	Disponibilidad física (%)	Uso %	Usaje %	Utilización efectiva %	Uso de disponibilidad %	Utilización %	Eficiencia operativa %
CAT 390	100.00%	90.48%	8.55%	8.55%	9.45%	9.45%	90.48%
CAT 390	94.12%	82.96%	64.20%	60.42%	77.38%	72.83%	82.96%
ADOLFO CARRASCO VILLANUEVA	100.00%	88.21%	88.21%	88.21%	100.00%	100.00%	88.21%
ALINDOR RODRIGUEZ AGUILAR	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
CARLOS ALBERTO IZQUIERDO GALVEZ	100.00%	77.08%	66.66%	66.66%	86.48%	86.48%	77.08%
CODY TINKER REVILLA CHOMBA	100.00%	96.49%	96.49%	96.49%	100.00%	100.00%	96.49%
ELI MOISES DIAZ SANCHEZ	100.00%	87.71%	86.74%	86.74%	98.90%	98.90%	87.70%
ELMER REMIGIO GIL BAZAN	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
FELIX OCAS CHUCCHUCAN	98.09%	78.70%	77.68%	76.20%	98.71%	96.82%	78.70%
FRANKLIN ALEXANDER TORRES IZQUIERDO	74.44%	80.18%	30.85%	22.97%	38.48%	28.64%	80.19%
GASPAR RODRIGUEZ HUAMAN	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
GILBER HERNAN TRIGOSO CHACON	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
GREGORIO ENRIQUE VILLANUEVA CUBAS	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
GRIMANIEL ACUÑA URRUTIA	100.00%	85.05%	50.90%	50.90%	59.85%	59.85%	85.05%
HILARIO GUTIERREZ ESTACIO	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
JAIME LIBERATO ESPINOZA ROJAS	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
JESUS MANUEL POMATANTA CASTAÑEDA	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%

JOEL UBELZER IDROGO CUBAS	97.11%	88.23%	68.00%	66.04%	77.07%	74.84%	88.24%
JORGE ALBERTO CRUZADO ORTIZ	100.00%	75.11%	73.89%	73.89%	98.37%	98.37%	75.11%
JORGE FERNANDO IDROGO HERRERA	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
JOSE VASQUEZ GALLARDO	100.00%	83.47%	81.07%	81.07%	97.13%	97.13%	83.47%
JOSE MAIMILER CHUQUILIN RAMOS	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
JOSE NATIVIDAD TUCTO CACHI	93.74%	84.74%	79.41%	74.44%	93.71%	87.84%	84.74%
JOSE WILLIAMS CABANILLAS RAICO	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
JUAN EDUARDO GUTIERREZ USQUIZA	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
JUAN SAUL VASQUEZ AREVALO	98.98%	80.50%	77.57%	76.78%	96.36%	95.38%	80.50%
JULIO ROLANDO LIÑAN VELASQUEZ	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
LEONCIO MEDINA NARVA	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
LUIS ANTONIO GUEVARA SAAVEDRA	100.00%	67.44%	67.44%	67.44%	100.00%	100.00%	67.44%
MANUEL ROJAS GUEVARA	100.00%	74.69%	30.36%	30.36%	40.64%	40.64%	74.70%
MARIANO HUAMAN VALLEJOS	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
MARINO OCTAVIO GARCIA COTRINA	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
MARTIN DUEÑAS LUPACA	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
NAZARIO GOICOCHEA GALLARDO	100.00%	81.41%	69.59%	69.59%	85.48%	85.48%	81.41%
NERIO GARCIA ORTIZ	100.00%	82.99%	82.99%	82.99%	100.00%	100.00%	82.99%
NILTON CESAR PERALTA DIAZ	100.00%	43.57%	43.57%	43.57%	100.00%	100.00%	43.57%
PABLO SANTOS MENDOZA DAVILA	100.00%	56.61%	45.34%	45.34%	80.08%	80.08%	56.62%
PORFIRIO VASQUEZ DIAZ	95.01%	84.64%	80.25%	76.24%	94.81%	90.08%	84.64%
ROBERTO ANIBAL COTRINA BECERRA	100.00%	42.88%	42.88%	42.88%	100.00%	100.00%	42.88%
ROGER MALAVER CARRION	100.00%	82.27%	82.27%	82.27%	100.00%	100.00%	82.27%
SAMUEL ALFREDO QUIROZ VASQUEZ	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
SERAPIO GOICOCHEA BURGA	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%

VICTOR RUITON TINGAL	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	
VICTOR RIVELINO PRADO COLLANTES	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	
WILBERTO GALLARDO GALLARDO	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	
WILSON GUIDO TARRILLO GIL	73.04%	100.00%	67.11%	49.01%	67.11%	49.02%	99.99%	
							<b>Promedio (%e)</b>	<b>84.25%</b>
							<b>V. Mínimo (%e)</b>	<b>42.88%</b>
							<b>V. Máximo (%e)</b>	<b>100.00%</b>

**Tabla 5. KPI de los ciclos por operador del Equipo SCANIA 460**

Etiquetas de fila	Disponibilidad física (%)	Uso %	Usaje %	Utilización efectiva %	Uso de disponibilidad %	Utilización %	Eficiencia operativa %
SCANIA 460	93.47%	78.69%	54.15%	50.62%	68.82%	64.33%	78.69%
ADOLFO CARRASCO VILLANUEVA	100.00%	84.38%	83.60%	83.60%	99.08%	99.08%	84.38%
ALEJANDRO MEGO LOPEZ	100.00%	82.20%	53.25%	53.25%	64.79%	64.79%	82.19%
ALEX NOE NARVA SILVA	100.00%	81.58%	55.90%	55.90%	68.51%	68.51%	81.59%
ALINDOR RODRIGUEZ AGUILAR	100.00%	74.57%	25.11%	25.11%	33.68%	33.68%	74.55%
ANGEL ALBERTO TAFUR RODRIGUEZ	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
ANTERO HERRERA MONDRAGON	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
CARLOS ACUÑA CAMPOS	96.32%	76.25%	53.19%	51.23%	69.75%	67.18%	76.25%
CARLOS ALBERTO IZQUIERDO GALVEZ	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
CESAR ELI GALVEZ RODRIGUEZ	100.00%	63.58%	63.58%	63.58%	100.00%	100.00%	63.58%
CODY TINKER REVILLA CHOMBA	100.00%	69.45%	69.45%	69.45%	100.00%	100.00%	69.45%
CRISTIAN TERRONES RAMIREZ	97.61%	80.41%	52.08%	50.84%	64.77%	63.22%	80.42%
DANY DANIEL GIL MARRUFO	100.00%	78.79%	68.94%	68.94%	87.50%	87.50%	78.79%
DAVID JAVIER GONZALES ZABALA	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
EDINSON HUMBERTO PUERTA CHAVEZ	100.00%	83.40%	66.39%	66.39%	79.60%	79.60%	83.40%
ELI MOISES DIAZ SANCHEZ	100.00%	84.22%	84.22%	84.22%	100.00%	100.00%	84.22%
ELMER LOZANO CERNA	100.00%	72.80%	63.44%	63.44%	87.14%	87.14%	72.80%
ELMER REMIGIO GIL BAZAN	100.00%	83.57%	76.45%	76.45%	91.47%	91.47%	83.58%
FELIPE CHALAN RAMIREZ	91.25%	77.60%	56.44%	51.51%	72.74%	66.38%	77.60%
FELIPE SANCHEZ BALCAZAR	98.72%	79.79%	50.53%	49.88%	63.33%	62.52%	79.78%
FELIX GARCIA GOICOCHEA	100.00%	85.19%	56.96%	56.96%	66.86%	66.86%	85.19%
FELIX OCAS CHUCCHUCAN	98.79%	82.76%	64.87%	64.09%	78.39%	77.44%	82.76%
FRANKLIN ALEXANDER TORRES IZQUIERDO	100.00%	74.05%	63.43%	63.43%	85.65%	85.65%	74.06%
GASPAR RODRIGUEZ HUAMAN	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%

GERARDO GUERRERO ORTIZ	100.00%	80.86%	80.86%	80.86%	100.00%	100.00%	80.86%
GILBER HERNAN TRIGOSO CHACON	99.31%	74.70%	59.87%	59.45%	80.15%	79.60%	74.69%
GREGORIO ENRIQUE VILLANUEVA CUBAS	100.00%	74.79%	73.85%	73.85%	98.74%	98.74%	74.79%
GRIMANIEL ACUÑA URRUTIA	100.00%	72.83%	52.73%	52.73%	72.40%	72.40%	72.83%
HILARIO GUTIERREZ ESTACIO	77.20%	56.01%	45.27%	34.95%	80.83%	62.40%	56.01%
HUMBERTO CHUQUILIN LOZANO	98.10%	89.65%	69.68%	68.36%	77.72%	76.24%	89.66%
JAIME SANCHEZ RODRIGUEZ	42.46%	78.06%	50.08%	21.27%	64.16%	27.24%	78.08%
JAIME ALEXANDER MINAYA CORDOVA	98.76%	82.66%	42.04%	41.51%	50.85%	50.22%	82.66%
JAIME LIBERATO ESPINOZA ROJAS	100.00%	80.07%	48.94%	48.94%	61.11%	61.11%	80.09%
JESUS MANUEL POMATANTA CASTAÑEDA	98.91%	86.11%	75.91%	75.08%	88.16%	87.20%	86.10%
JOEL UBELZER IDROGO CUBAS	100.00%	81.81%	81.81%	81.81%	100.00%	100.00%	81.81%
JORGE ALBERTO CRUZADO ORTIZ	100.00%	68.90%	37.15%	37.15%	53.91%	53.91%	68.91%
JORGE FERNANDO IDROGO HERRERA	100.00%	82.49%	57.82%	57.82%	70.09%	70.09%	82.49%
JORGE LUIS LLANOS HUAMAN	78.77%	83.63%	52.27%	41.17%	62.50%	49.23%	83.63%
JOSE VASQUEZ GALLARDO	100.00%	80.62%	38.05%	38.05%	47.20%	47.20%	80.61%
JOSE DARIO CARRANZA HOYOS	99.75%	85.88%	64.31%	64.14%	74.88%	74.69%	85.87%
JOSE HUMBERTO LLANOS CERDAN	46.90%	69.06%	58.21%	27.30%	84.29%	39.53%	69.06%
JOSE MAIMILER CHUQUILIN RAMOS	100.00%	80.42%	45.53%	45.53%	56.61%	56.61%	80.43%
JOSE MANUEL COLLANTES GOICOCHEA	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
JOSE MELANIO DIAZ MEGO	100.00%	81.01%	66.14%	66.14%	81.64%	81.64%	81.01%
JOSE NATIVIDAD TUCTO CACHI	100.00%	74.76%	44.60%	44.60%	59.66%	59.66%	74.76%
JOSE ORLANDO COTRINA MENDOZA	100.00%	72.45%	57.95%	57.95%	79.98%	79.98%	72.46%
JOSE OSCAR MEDINA AYAY	89.09%	68.40%	43.72%	38.95%	63.92%	56.95%	68.40%
JOSE WILLIAMS CABANILLAS RAICO	89.82%	77.82%	75.01%	67.37%	96.38%	86.57%	77.82%
JUAN EDUARDO GUTIERREZ USQUIZA	100.00%	81.77%	65.38%	65.38%	79.96%	79.96%	81.77%
JUAN ELMER MEDINA AYAY	94.69%	81.35%	72.01%	68.19%	88.52%	83.82%	81.35%
JUAN LORENZO ZAMORA CERNA	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%

JUAN LUIS ESTACIO QUISPE	92.32%	81.08%	70.69%	65.27%	87.19%	80.49%	81.09%
JULIO ROLANDO LIÑAN VELASQUEZ	100.00%	22.44%	12.69%	12.69%	56.55%	56.55%	22.44%
LEONCIO MEDINA COTRINA	100.00%	75.67%	68.66%	68.66%	90.73%	90.73%	75.68%
LEONCIO MEDINA NARVA	100.00%	80.58%	64.63%	64.63%	80.21%	80.21%	80.58%
LORENZO ELMER SAENZ AREVALO	100.00%	80.49%	65.67%	65.67%	81.59%	81.59%	80.49%
LUIS ANTONIO GUEVARA SAAVEDRA	95.35%	72.94%	45.46%	43.34%	62.32%	59.42%	72.94%
LUIS ENRIQUE NOLASCO LOZANO	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
MANUEL ROJAS GUEVARA	100.00%	80.88%	75.61%	75.61%	93.48%	93.48%	80.88%
MARCOS ACUÑA CAMPOS	100.00%	92.86%	69.16%	69.16%	74.48%	74.48%	92.86%
MARIANO HUAMAN VALLEJOS	86.98%	84.62%	66.25%	57.63%	78.29%	68.10%	84.63%
MARINO OCTAVIO GARCIA COTRINA	100.00%	99.12%	99.12%	99.12%	100.00%	100.00%	99.12%
MARTIN DUEÑAS LUPACA	100.00%	57.47%	57.47%	57.47%	100.00%	100.00%	57.47%
NAZARIO GOICOCHEA GALLARDO	100.00%	82.77%	82.77%	82.77%	100.00%	100.00%	82.77%
NERIO GARCIA ORTIZ	52.96%	67.68%	43.73%	23.16%	64.61%	34.22%	67.68%
NERIO EDMUNDO TAFUR RODRIGUEZ	100.00%	80.11%	49.24%	49.24%	61.47%	61.47%	80.10%
NILTON CESAR PERALTA DIAZ	100.00%	72.17%	28.86%	28.86%	39.99%	39.99%	72.17%
ORESTES REQUEJO DIAZ	92.62%	69.65%	55.57%	51.46%	79.78%	73.89%	69.64%
PABLO SANTOS MENDOZA DAVILA	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
PEDRO HERNANDEZ CAMPOS	100.00%	82.19%	82.19%	82.19%	100.00%	100.00%	82.19%
PEDRO ANTONIO ARRIVASPLATA SILVA	97.43%	77.09%	67.78%	66.04%	87.92%	85.66%	77.10%
PORFIRIO VASQUEZ DIAZ	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
RICHAR HUGO MEDINA VALLEJOS	100.00%	66.83%	20.50%	20.50%	30.68%	30.68%	66.82%
ROBERTO ANIBAL COTRINA BECERRA	100.00%	83.21%	82.11%	82.11%	98.68%	98.68%	83.21%
ROGER MALAVER CARRION	100.00%	100.00%	56.22%	56.22%	56.22%	56.22%	100.00%
SAMUEL ALFREDO QUIROZ VASQUEZ	100.00%	49.26%	49.26%	49.26%	100.00%	100.00%	49.26%
SANTOS FRANCISCO LEIVA PAREDES	100.00%	71.28%	71.28%	71.28%	100.00%	100.00%	71.28%
SEGUNDO EDGAR HERNANDEZ MEDINA	100.00%	79.79%	79.79%	79.79%	100.00%	100.00%	79.79%

SEGUNDO LEODEGARDO VASQUEZ MENDOZA	100.00%	87.27%	67.12%	67.12%	76.92%	76.92%	87.26%	
SEGUNDO ORLANDO GUTIERREZ USQUIZA	97.04%	76.24%	55.08%	53.45%	72.25%	70.11%	76.24%	
SEGUNDO ROGELIO SAUCEDO SANCHEZ	100.00%	80.31%	72.27%	72.27%	89.99%	89.99%	80.31%	
SERAPIO GOICOCHEA BURGA	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	
TITO FERNANDO ORTIZ ANTICONA	100.00%	89.30%	89.30%	89.30%	100.00%	100.00%	89.30%	
VICTOR RUITON TINGAL	100.00%	85.01%	85.01%	85.01%	100.00%	100.00%	85.01%	
VICTOR RIVELINO PRADO COLLANTES	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	
WALBERTO ORLANDO MUÑOZ TERAN	98.79%	77.41%	67.89%	67.07%	87.71%	86.65%	77.40%	
WILBERTO GALLARDO GALLARDO	97.55%	75.58%	39.62%	38.65%	52.42%	51.14%	75.58%	
WILMER JULCA CHILON	94.28%	73.71%	38.56%	36.35%	52.31%	49.32%	73.71%	
WILSON CHALY GUTIERREZ GONZALES	99.11%	83.32%	59.24%	58.71%	71.10%	70.47%	83.32%	
WILSON GUIDO TARRILLO GIL	100.00%	100.00%	46.13%	46.13%	46.13%	46.13%	100.00%	
							<b>Promedio (%E)</b>	<b>82.14%</b>
							<b>V. Mínimo (%E)</b>	<b>49.26%</b>
							<b>V. Máximo (%E)</b>	<b>100.00%</b>

**Tabla 6. KPI de los ciclos por operador del Equipo SCANIA 460HT**

Etiquetas de fila	DISPONIBILIDAD FÍSICA (%)	USO %	USAJE %	UTILIZACIÓN EFECTIVA %	USO DE DISPONIBILIDAD %	UTILIZACIÓN %	EFICIENCIA OPERATIVA %	
SCANIA 460HT	98.97%	83.29%	3.82%	3.78%	4.59%	4.54%	83.21%	
MARIO MAURO YAMUNAQUE LOYOLA	100.00%	99.89%	4.81%	4.81%	4.82%	4.82%	99.79%	
							<b>PROMEDIO (%E)</b>	<b>91.50%</b>
							<b>V.MÍNIMO (%E)</b>	<b>83.21%</b>
							<b>V.MÁXIMO (%E)</b>	<b>99.79%</b>



**Tabla 7. KPI de los ciclos por operador del Equipo CAT785**

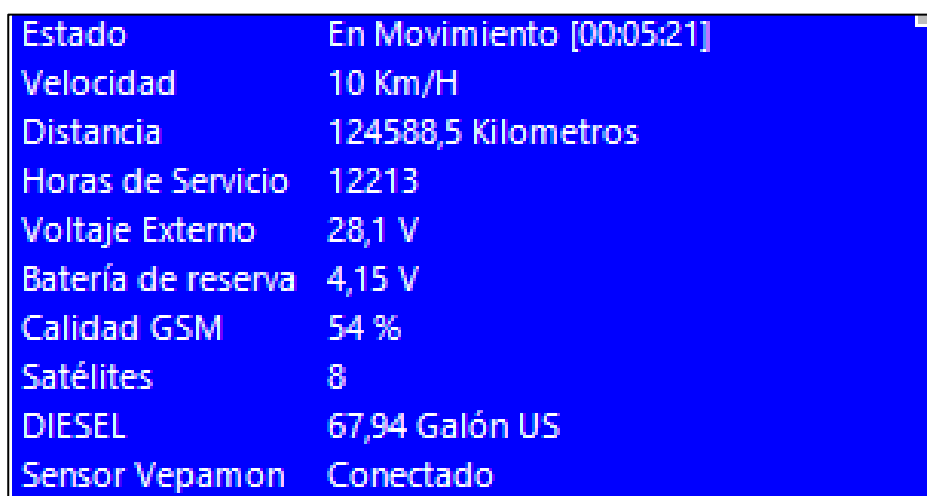
etiquetas de fila	Disponibilidad física (%)	Uso %	Usaje %	Utilización efectiva %	Uso de disponibilidad %	Utilización %	Eficiencia operativa %
CAT 785	92.83%	79.13%	53.11%	49.31%	67.13%	62.32%	79.13%
ADOLFO CARRASCO VILLANUEVA	97.90%	76.88%	61.19%	59.91%	79.59%	77.92%	76.89%
ALINDOR RODRIGUEZ AGUILAR	100.00%	79.75%	56.05%	56.05%	70.29%	70.29%	79.74%
ALVARO ALARCON ZEGARRA	93.53%	80.29%	62.51%	58.46%	77.86%	72.82%	80.28%
ANGEL ALBERTO TAFUR RODRIGUEZ	99.91%	80.63%	56.96%	56.91%	70.64%	70.58%	80.64%
ANTERO HERRERA MONDRAGON	98.90%	75.20%	39.26%	38.83%	52.21%	51.64%	75.20%
BENITO JOSE LOPEZ ZEVALLOS	99.05%	75.96%	42.59%	42.18%	56.07%	55.54%	75.95%
CAMILO JHONY GARCIA COTRINA	99.84%	81.75%	72.35%	72.23%	88.50%	88.36%	81.75%
CARLOS ACUÑA CAMPOS	100.00%	72.13%	72.13%	72.13%	100.00%	100.00%	72.13%
CARLOS ALBERTO IZQUIERDO GALVEZ	98.12%	80.17%	53.41%	52.40%	66.62%	65.37%	80.16%
CESAR ELI GALVEZ RODRIGUEZ	100.00%	75.97%	63.94%	63.94%	84.17%	84.17%	75.97%
CODY TINKER REVILLA CHOMBA	100.00%	86.05%	48.65%	48.65%	56.54%	56.54%	86.05%
CRISTIAN TERRONES RAMIREZ	100.00%	78.48%	57.05%	57.05%	72.70%	72.70%	78.47%
DANY DANIEL GIL MARRUFO	100.00%	68.41%	50.30%	50.30%	73.53%	73.53%	68.41%
DAVID JAVIER GONZALES ZABALA	70.22%	79.18%	70.89%	49.78%	89.54%	62.87%	79.17%
EDINSON HUMBERTO PUERTA CHAVEZ	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
ELI MOISES DIAZ SANCHEZ	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
ELMER LOZANO CERNA	98.43%	82.92%	51.33%	50.52%	61.90%	60.93%	82.92%
ELMER REMIGIO GIL BAZAN	100.00%	76.40%	76.40%	76.40%	100.00%	100.00%	76.40%
FELIPE CHALAN RAMIREZ	100.00%	61.26%	61.26%	61.26%	100.00%	100.00%	61.26%
FELIX OCAS CHUCCHUCAN	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
FRANKLIN ALEXANDER TORRES IZQUIERDO	100.00%	74.34%	74.34%	74.34%	100.00%	100.00%	74.34%
GASPAR RODRIGUEZ HUAMAN	88.75%	82.82%	64.92%	57.61%	78.39%	69.57%	82.81%
GEIMER VASQUEZ CABRERA	43.05%	79.37%	71.53%	30.79%	90.13%	38.80%	79.35%

GERARDO GUERRERO ORTIZ	100.00%	82.97%	64.58%	64.58%	77.83%	77.83%	82.98%
GILBER HERNAN TRIGOSO CHACON	100.00%	67.05%	67.05%	67.05%	100.00%	100.00%	67.05%
GREGORIO ENRIQUE VILLANUEVA CUBAS	100.00%	68.48%	68.48%	68.48%	100.00%	100.00%	68.48%
GRIMANIEL ACUÑA URRUTIA	99.75%	72.70%	62.95%	62.79%	86.58%	86.36%	72.70%
HILARIO GUTIERREZ ESTACIO	98.20%	78.62%	49.54%	48.65%	63.01%	61.88%	78.63%
HUMBERTO CHUQUILIN LOZANO	100.00%	93.29%	88.79%	88.79%	95.18%	95.18%	93.29%
JAIME SANCHEZ RODRIGUEZ	100.00%	70.31%	58.24%	58.24%	82.84%	82.84%	70.30%
JAIME ALEXANDER MINAYA CORDOVA	100.00%	86.76%	66.95%	66.95%	77.17%	77.17%	86.76%
JAIME LIBERATO ESPINOZA ROJAS	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
JOEL UBELZER IDROGO CUBAS	100.00%	76.57%	76.57%	76.57%	100.00%	100.00%	76.57%
JORGE ALBERTO CRUZADO ORTIZ	100.00%	70.30%	70.30%	70.30%	100.00%	100.00%	70.30%
JORGE FERNANDO IDROGO HERRERA	100.00%	80.72%	77.71%	77.71%	96.27%	96.27%	80.72%
JORGE LUIS LLANOS HUAMAN	98.78%	76.81%	57.82%	57.12%	75.27%	74.35%	76.82%
JOSE VASQUEZ GALLARDO	99.90%	83.11%	48.93%	48.88%	58.87%	58.81%	83.11%
JOSE DARIO CARRANZA HOYOS	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
JOSE MAIMILER CHUQUILIN RAMOS	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
JOSE MANUEL COLLANTES GOICOCHEA	100.00%	84.68%	84.68%	84.68%	100.00%	100.00%	84.68%
JOSE MELANIO DIAZ MEGO	87.70%	82.80%	81.70%	71.65%	98.68%	86.54%	82.79%
JOSE NATIVIDAD TUCTO CACHI	100.00%	80.59%	63.39%	63.39%	78.66%	78.66%	80.59%
JOSE OSCAR MEDINA AYAY	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
JOSE WILLIAMS CABANILLAS RAICO	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
JUAN EDUARDO GUTIERREZ USQUIZA	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
JUAN ELMER MEDINA AYAY	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
JUAN LORENZO ZAMORA CERNA	92.70%	75.52%	53.03%	49.16%	70.22%	65.09%	75.52%
JUAN LUIS ESTACIO QUISPE	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
JUAN SAUL VASQUEZ AREVALO	94.07%	72.96%	26.49%	24.92%	36.31%	34.16%	72.96%
JULIO ROLANDO LIÑAN VELASQUEZ	70.01%	84.03%	38.83%	27.19%	46.21%	32.35%	84.05%

LEONCIO MEDINA COTRINA	98.65%	75.70%	29.53%	29.14%	39.01%	38.48%	75.72%
LEONCIO MEDINA NARVA	100.00%	76.67%	59.71%	59.71%	77.88%	77.88%	76.67%
LUIS ANTONIO GUEVARA SAAVEDRA	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
LUIS ENRIQUE NOLASCO LOZANO	59.84%	84.34%	56.93%	34.07%	67.50%	40.39%	84.35%
MANUEL ROJAS GUEVARA	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
MARCOS ACUÑA CAMPOS	100.00%	86.77%	86.77%	86.77%	100.00%	100.00%	86.77%
MARIANO HUAMAN VALLEJOS	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
MARINO OCTAVIO GARCIA COTRINA	100.00%	82.14%	57.46%	57.46%	69.95%	69.95%	82.14%
MARIO MAURO YAMUNAUQUE LOYOLA	100.00%	78.85%	75.68%	75.68%	95.98%	95.98%	78.85%
MARTIN DUEÑAS LUPACA	59.18%	74.81%	67.48%	39.93%	90.20%	53.38%	74.80%
NAZARIO GOICOICHEA GALLARDO	97.96%	83.33%	60.81%	59.57%	72.97%	71.48%	83.34%
NERIO GARCIA ORTIZ	100.00%	78.72%	37.45%	37.45%	47.57%	47.57%	78.73%
NERIO EDMUNDO TAFUR RODRIGUEZ	100.00%	83.30%	52.46%	52.46%	62.98%	62.98%	83.30%
NILTON CESAR PERALTA DIAZ	83.57%	74.83%	56.38%	47.12%	75.34%	62.96%	74.84%
ORESTES REQUEJO DIAZ	100.00%	81.14%	75.85%	75.85%	93.48%	93.48%	81.14%
ORLANDO DIAZ BARBOZA	98.52%	77.93%	52.71%	51.93%	67.64%	66.64%	77.93%
PABLO SANTOS MENDOZA DAVILA	100.00%	84.53%	57.40%	57.40%	67.91%	67.91%	84.52%
PEDRO HERNANDEZ CAMPOS	100.00%	86.20%	66.82%	66.82%	77.52%	77.52%	86.20%
PEDRO ANTONIO ARRIVASPLATA SILVA	100.00%	77.20%	77.20%	77.20%	100.00%	100.00%	77.20%
PORFIRIO VASQUEZ DIAZ	100.00%	71.92%	71.53%	71.53%	99.45%	99.45%	71.93%
RICHAR HUGO MEDINA VALLEJOS	99.28%	82.82%	62.23%	61.78%	75.14%	74.60%	82.82%
ROBERTO ANIBAL COTRINA BECERRA	100.00%	69.30%	69.30%	69.30%	100.00%	100.00%	69.30%
ROGER MALAVER CARRION	98.95%	75.09%	37.49%	37.10%	49.93%	49.41%	75.09%
SAMUEL ALFREDO QUIROZ VASQUEZ	98.71%	76.05%	64.69%	63.86%	85.06%	83.96%	76.06%
SANTOS FRANCISCO LEIVA PAREDES	37.38%	93.31%	65.50%	24.48%	70.20%	26.24%	93.29%
SEGUNDO EDGAR HERNANDEZ MEDINA	100.00%	82.97%	82.97%	82.97%	100.00%	100.00%	82.97%
SEGUNDO LEODEGARDO VASQUEZ MENDOZA	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%

SEGUNDO ORLANDO GUTIERREZ USQUIZA	100.00%	93.91%	88.94%	88.94%	94.71%	94.71%	93.91%
SEGUNDO ROGELIO SAUCEDO SANCHEZ	100.00%	72.27%	51.89%	51.89%	71.81%	71.81%	72.26%
SERAPIO GOICOCHEA BURGA	100.00%	77.07%	75.18%	75.18%	97.54%	97.54%	77.08%
TITO FERNANDO ORTIZ ANTICONA	100.00%	57.65%	52.97%	52.97%	91.88%	91.88%	57.65%
VICTOR RUITON TINGAL	100.00%	91.47%	79.70%	79.70%	87.13%	87.13%	91.47%
VICTOR RIVELINO PRADO COLLANTES	99.94%	73.37%	73.37%	73.33%	100.00%	99.94%	73.37%
WALBERTO ORLANDO MUÑOZ TERAN	94.70%	74.08%	40.82%	38.65%	55.10%	52.18%	74.07%
WILBERTO GALLARDO GALLARDO	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
WILMER JULCA CHILON	100.00%	70.55%	59.70%	59.70%	84.62%	84.62%	70.55%
WILSON CHALY GUTIERREZ GONZALES	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
WILSON GUIDO TARRILLO GIL	100.00%	95.75%	95.71%	95.71%	99.96%	99.96%	95.75%
CAT 785	96.30%	79.99%	65.79%	63.36%	82.25%	79.21%	79.99%
						<b>PROMEDIO (%E)</b>	<b>82.38%</b>
						<b>V.MÍNIMO (%E)</b>	<b>57.65%</b>
						<b>V.MÁXIMO (%E)</b>	<b>100.00%</b>

#### 4.2.7 Diseño del Dispatch



Estado	En Movimiento [00:05:21]
Velocidad	10 Km/H
Distancia	124588,5 Kilometros
Horas de Servicio	12213
Voltaje Externo	28,1 V
Batería de reserva	4,15 V
Calidad GSM	54 %
Satélites	8
DIESEL	67,94 Galón US
Sensor Vepamon	Conectado

**Figura 85.** Monitoreo de equipos control sense

En la figura 85, se muestra el pantallazo del sistema controlSense en el monitor de un Volquete Mercedes de 35 toneladas, en ella se detalla el estado del equipo, la velocidad a la que va y la distancia que ha recorrido.

##### **a. Ubicación del equipo**

Con la implementación de Control Sense, en el monitor nos brinda la ubicación de cada equipo monitoreado, y lo localiza de acuerdo al mapa de producción y sus coordenadas. En la Tabla 26, se muestra un reporte dispatch emitido por el programa Control Sense de la ubicación de los equipos.

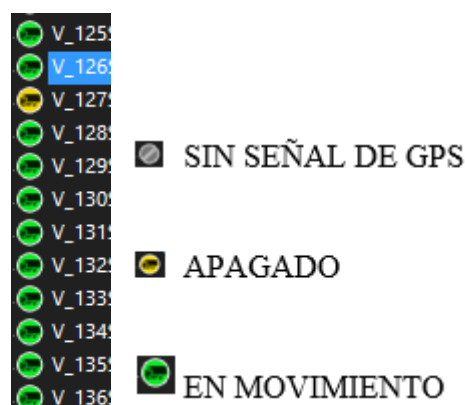
Nombre de la unidad	Fecha	Hora	Ubicación del volquete
V_125	28/08/2020	11:18:44 a.m.	Zona de carguío tajo - Banco 3336
V_126	28/08/2020	11:19:44 a.m.	Botadero
V_127	28/08/2020	11:18:00 a.m.	Pad dinámico 1
V_128	28/08/2020	11:17:14 a.m.	Zona de carguío - Banco 3336
V_129	28/08/2020	11:18:12 a.m.	Botadero Norte
V_130	28/08/2020	11:10:04 a.m.	Pad dinámico 5
V_131	28/08/2020	11:18:14 a.m.	Zona de carguío tajo
V_132	28/08/2020	11:18:08 a.m.	Botadero
V_133	28/08/2020	11:17:20 a.m.	Botadero
V_134	28/08/2020	11:17:50 a.m.	Dique del botadero norte
V_135	28/08/2020	11:17:00 a.m.	zona de carguío tajo
V_136	28/08/2020	11:17:48 a.m.	Botadero Norte

**Figura 86.** Ubicación de equipos

El operador de control sense puede visualizar en su computadora la ubicación del equipo en tiempo real, esta información es importante para la supervisión de operaciones y para mantenimiento, cualquiera ellos necesitan ubicar dicho equipo por diferentes motivos el operador de DISPATCH les ayudaría con esto.

**b. Monitoreo del estado del volquete (encendido, apagado, movimiento)**

El sistema Control Sense monitorea constantemente el motor de los equipos mediante sensores vibracionales, con ellos determina si este encendido, apagado o sin señal como se muestra en la figura 87.



**Figura 87.** Estado del volquete (figura tal como se muestra en el dispatch).

Este grafico nos muestra el estado de volquete de toda la flota, en 3 colores. Se visualiza toda flota el estado de cada uno de los volquetes en tiempo real.

### c. Velocidad del Volquete

En el sistema Control Sense tanto el operador del equipo como el del sistema pueden acceder a los datos de velocidad a la que está yendo el equipo, en la Figura 59, se muestra un pantallazo en el equipo monitoreado.



Figura 88. Tablero de control (como lo muestra dispatch).

### d. Monitoreo de combustible

Es una del más importante monitoreo que se realizar con finalidad de detectar que operadores de volquete no están realizando una mala operación.



**Figura 89.** Tablero de control de Combustible (como lo muestra dispatch).

La Figura 89, muestra el consumo de combustible es de una guardia completa de trabajo y muestra exceso consumo de combustible, el consumo optimo es de 4 galones por hora, se considera una tolerancia de  $\frac{1}{2}$  galón que seria 4.5 galones por hora, el conductor se lo capacitaría por primera vez, si vuelve a cometer por segunda vez lo mismo se lo retiraría de la empresa.

**Tabla 8.** Consumo de combustible por unidad.

Nombre de la unidad	Hora	Nombre del evento	Galones
V_125	30/06/2020 16:52	Recarga de combustible	53.80
V_125	30/06/2020 04:40	Recarga de combustible	57.90
V_125	30/06/2020 16:27	Recarga de combustible	72.60
V_125	30/06/2020 04:29	Recarga de combustible	57.20
V_125	30/06/2020 16:46	Recarga de combustible	63.60
V_125	30/06/2020 05:07	Recarga de combustible	59.70
V_125	30/06/2020 16:09	Recarga de combustible	60.00
V_125	30/06/2020 04:40	Recarga de combustible	62.00
V_125	30/06/2020 16:30	Recarga de combustible	39.60
V_125	30/06/2020 04:45	Recarga de combustible	52.30
V_125	30/06/2020 00:08	Recarga de combustible	79.20
V_125	30/06/2020 16:16	Recarga de combustible	43.70



V_125	30/06/2020 04:34	Recarga de combustible	65.10
V_125	30/06/2020 15:54	Recarga de combustible	58.90
V_125	30/06/2020 04:48	Recarga de combustible	48.20
V_125	30/06/2020 04:31	Recarga de combustible	65.00
V_125	30/06/2020 00:11	Recarga de combustible	77.10
V_125	30/06/2020 16:32	Recarga de combustible	59.00
V_125	30/06/2020 04:37	Recarga de combustible	47.10
V_125	30/06/2020 16:25	Recarga de combustible	28.80

#### 4.2.8 Optimización del trabajo de los equipos de carguío y acarreo

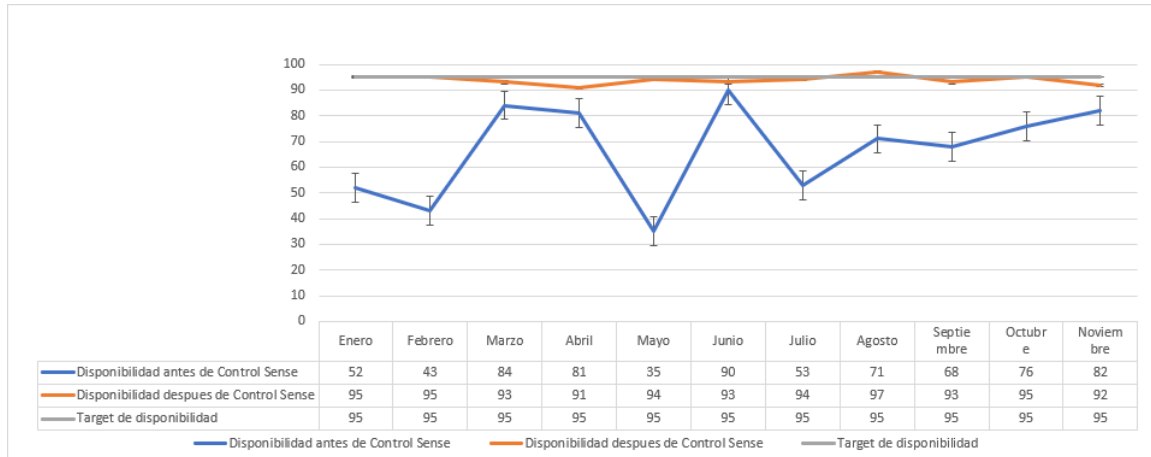
Tabla 9. Mejora de la productividad.

<b>Mes</b>	<b>Productividad Sin Control Sense</b>	<b>Con Control Sense</b>	<b>Incremento con mejora</b>
Junio	122 000 toneladas	123 120 toneladas	1120 toneladas
Julio	120 000 toneladas	120 211 toneladas	211 toneladas
Agosto	120 000 toneladas	121 098 toneladas	1098 toneladas
Setiembre	121 000 toneladas	122 098 toneladas	1098 toneladas
Octubre	118 000 toneladas	120 005 toneladas	2005 toneladas
Noviembre	124 000 toneladas	125 110 toneladas	1110 toneladas
Diciembre	115 000 toneladas	116 123 toneladas	1123 toneladas

La tabla 09, muestra el incremento de la productividad en el carguío y acarreo que va desde 211 toneladas de material movido a 2005, esto dependiendo de múltiples factores como el clima, dureza de la roca, actividades de voladura y programaciones de minado.

#### 4.2.9. Eficiencia operacional de los equipos de carguío y acareo con el software Control Sense en la compañía Minera Milpo S.A.A.

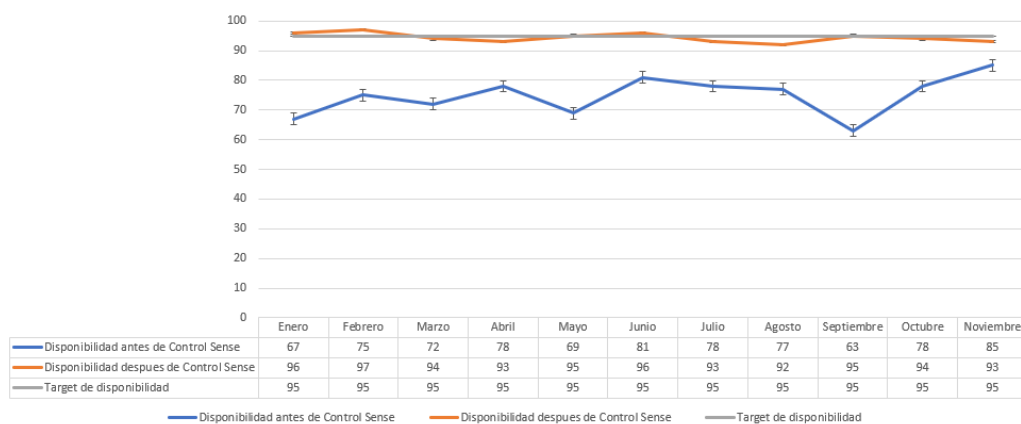
##### - Optimización de la disponibilidad de los equipos de carguío CAT374



**Figura 90.** Comparativo de la disponibilidad de los equipos de carguío CAT374.

Como apreciamos en la figura 90, se muestran mejoras considerables de la disponibilidad de este equipo, en promedio se incrementó en 32% la disponibilidad, siendo cercano al target.

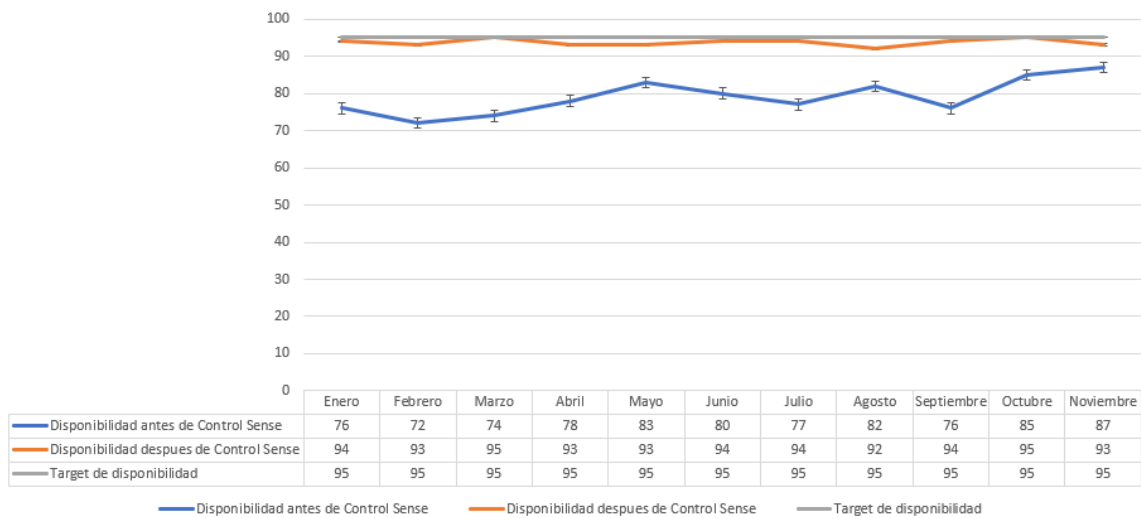
##### - Optimización de la disponibilidad de la excavadora CAT390



**Figura 91.** Mejora de la disponibilidad de la excavadora CAT 390.

Como apreciamos en la figura 91, la disponibilidad de la excavadora CAT390 se incrementó en promedio 27%, y en el mes de agosto superó el target.

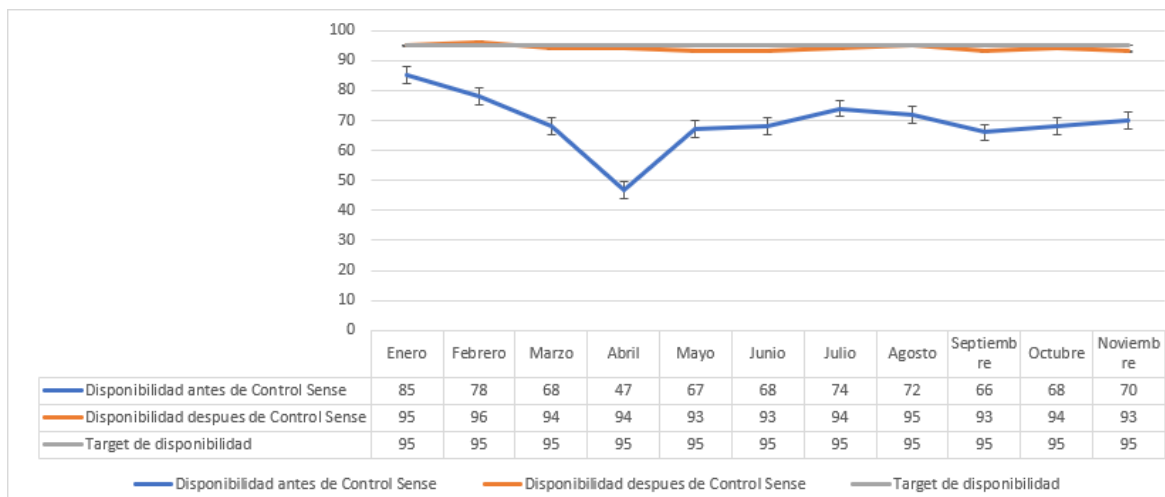
- **Optimización de la disponibilidad de los volquetes SCANIA 460**



**Figura 92.** Mejora de la disponibilidad de los volquetes SCANIA460.

En la figura 92, la disponibilidad de los camiones SCANIA 460 se incrementó en promedio 20%, con la implementación de controlsense, acercándose y superando cada vez más al target.

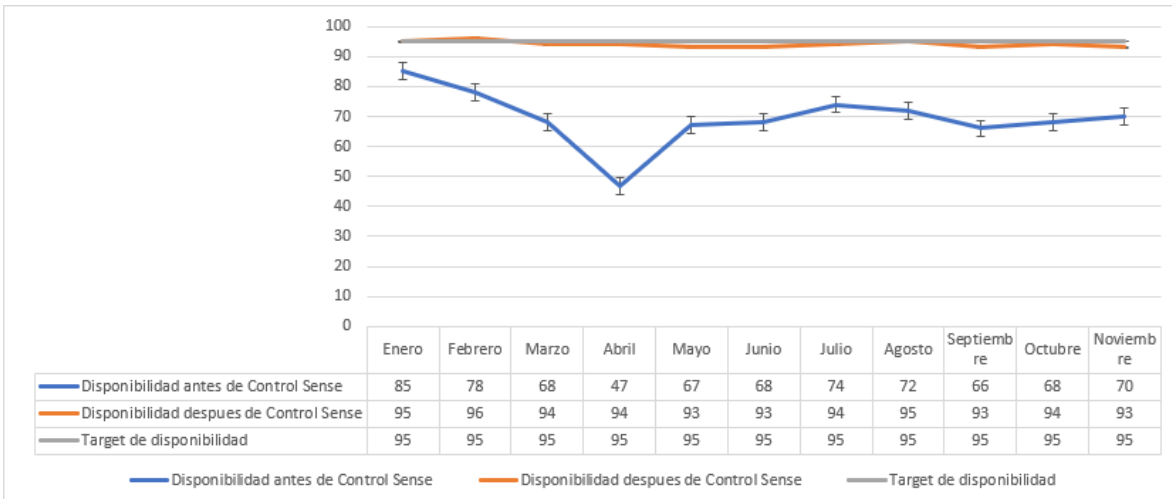
- **Optimización de la disponibilidad de los volquetes SCANIA 460HT**



**Figura 93.** Mejora de la disponibilidad de los volquetes SCANIA460HT.

En la figura 93, la disponibilidad de los volquetes SCANIA 460HT se incrementó en promedio 15%, acercándose cada vez más al target.

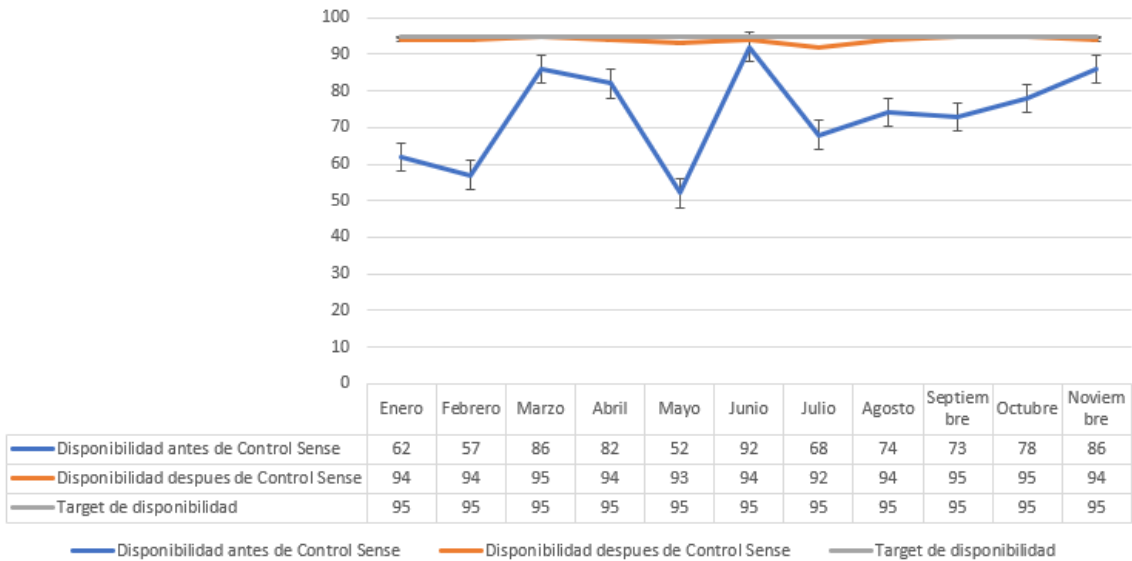
- Optimización del rendimiento de la excavadora CAT374



**Figura 94.** Mejora del rendimiento de la excavadora CAT374.

En la figura 94, el rendimiento de la excavadora CAT374, se incrementó en promedio 25%, siendo cada vez más cercano al target.

- Optimización del rendimiento de la excavadora CAT390



**Figura 95.** Mejora del rendimiento de la excavadora CAT390.

En la figura 95, el rendimiento de la excavadora CAT390, se incrementó en promedio 20%.

- **Optimización del rendimiento de los volquetes SCANIA 460**

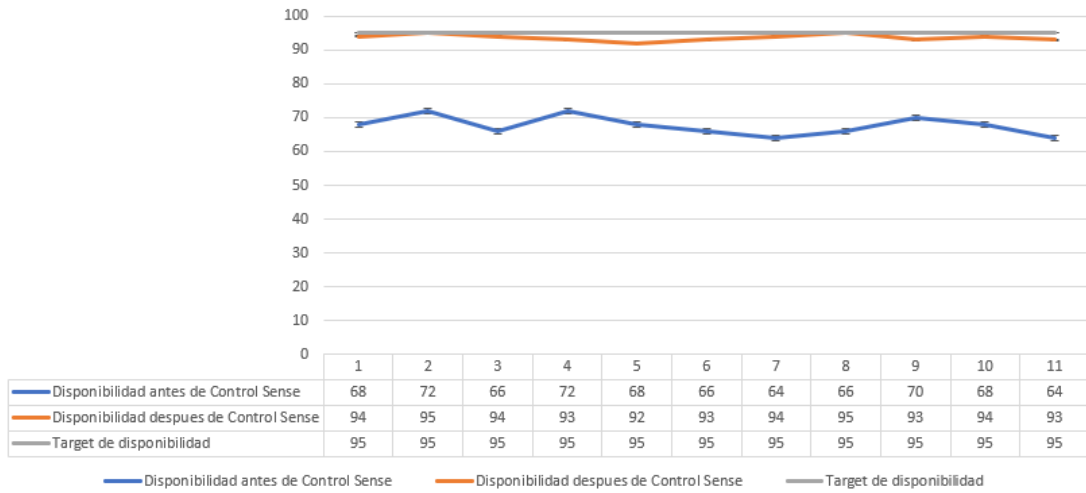


Figura 96. Mejora del rendimiento de los volquetes SCANIA 460.

En la figura 96, el rendimiento de los camiones CAT785, se incrementó en promedio 26%.

- **Optimización del rendimiento de los volquetes SCANIA 460HT**

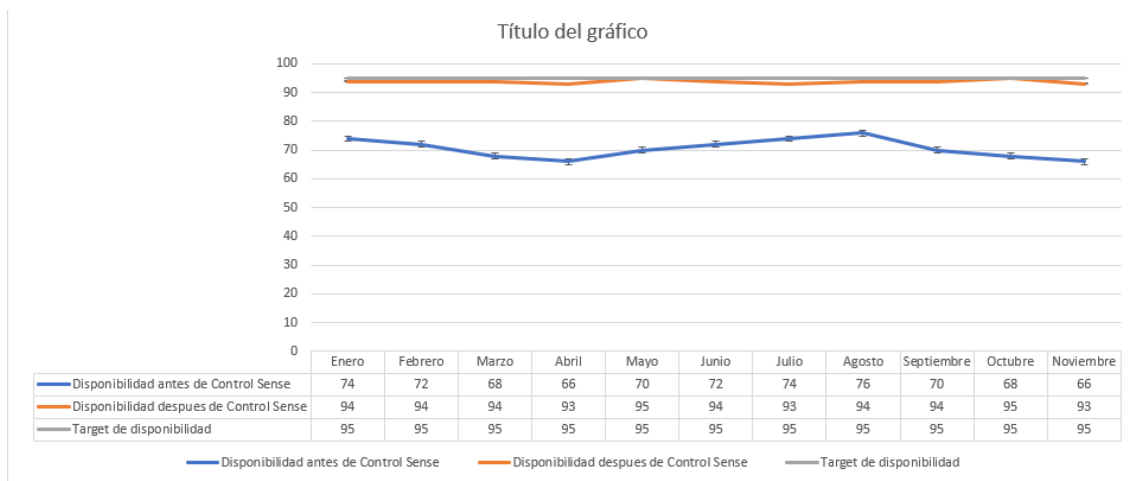


Figura 97. Mejora del rendimiento de los volquetes SCANIA 460HT.

En la figura 97, el rendimiento de los volquetes SCANIA 460HT, se incrementó en promedio 23%.

- Optimización del OEE por equipo

**Tabla 10.** OEE de los equipos de carguío y acarreo de la empresa Milpo con Control Sense.

Equipo	Disponibilidad promedio	Rendimiento promedio	Calidad (el área de mantenimiento ha establecido la calidad en 95%)	OEE Después	OEE antes	Mejora del OEE
Excavadora CAT 174	93	94	95	83.049	40.90	42.149
Excavadora CAT390	94	94	95	83.942	56.24	27.702
Volquetes SCANIA 460	92	93	95	81.282	53.28	28.002
Volquetes SCANIA 460HT	94	94	95	83.942	48.45	35.492

En la tabla 10, se muestra que el OEE después del control sense de los equipos de carguío y acarreo varían de 81.282% a 83.942%, acercándose al estándar de la empresa que es 95%, por lo tanto, se el OEE en promedio se incrementó en 33%.

## V. DISCUSIÓN

El estudio ha puesto de manifiesto varias ideas o métodos de los escritores para mejorar con el despliegue del control de los sentidos, tal y como se expuso en el capítulo 1, sobre todo en situaciones de desafío a la realidad.

De esta tesis se desprende que el despliegue del sistema de control sense aumente la producción del área, así como la eficiencia operativa del equipo, que se ha evaluado multiplicando la disponibilidad, el rendimiento y la calidad. Es importante destacar que el sistema de control de sentido reduce el uso de combustible, a la vez que reduce el número de horas de retrasos o paradas. Sin embargo, según Soto (2016), el sistema de despacho tiene un impacto directo en los principales KPI de la operación y disminuye los costes de mantenimiento en un 5%. Desde que su mantenimiento se planifica en el despacho, y se minimizan las reparaciones de componentes importantes, la disponibilidad de los equipos ha aumentado un 3%. Esta disponibilidad se calcula dividiendo el tiempo disponible para producir por el tiempo total de inactividad. Soto (2016) calculó el tiempo disponible restando del tiempo total, el tiempo de las pausas de mantenimiento planificadas y el tiempo de las paradas no programadas. Se redujeron los fallos catastróficos, se mejoró el mantenimiento no programado y se redujeron los inventarios de repuestos y los retrasos logísticos como resultado de esta mejora. Tanto el autor Soto como los tesisistas están de acuerdo en que la aplicación de la disptach reduce los gastos de carga y transporte; no obstante, el énfasis de este estudio se ha puesto en el ahorro de tiempo.

Bahamóndez (2017), por ejemplo, utilizó el sistema Management Sense para mejorar el funcionamiento de los equipos de perforación y recogió datos en tiempo real conectados a la información geológica y geotécnica, lo que dio lugar a un control de tiempos y costes y a una comparación con la perforación convencional. El ahorro de tiempo y de costes está representado en la optimización de la perforación; según las tablas de comparación generadas, el ahorro de tiempo es del 70% y el de costes es inferior a 200 dólares. A diferencia de la última investigación, ésta se centró en los equipos de carga y transporte, las excavadoras

y los volquetes, aunque se observaron ganancias de eficiencia operativa en ambas situaciones.

Bonzi (2016) quien al realizar la optimización de la productividad de los equipos de carga y arrastre, se descubrió que los retrasos operativos más significativos eran las horas de refrigerio-descanso y el cambio de turno, que representaban el 52,1% y el 38,4% de los retrasos totales, respectivamente, gracias a una adecuada programación de la actividad. Se estableció un objetivo de 60 minutos para el refrigerio-descanso y de 20 minutos para el cambio de turno, lo que permitió cuantificar las toneladas que no se transportaron por retrasos superiores al objetivo, que ascendieron a 426, 284 toneladas de mineral y 475, 843 toneladas de basura, valoradas en 13, 445, 975 dólares. Sin embargo, en este estudio se han disminuido los tiempos operativos, como la espera para la carga y la espera para la descarga, gracias a la correcta asignación de los volquetes a los equipos de carga.

Castillo (2016) determinó que, con un cálculo de  $t = 2,4$  y  $t_c = +/- 1,04$ , se estableció que el uso de un sistema de control computarizado para el despacho de camiones de volteo (Mine Sense) mejora las operaciones de carga y acarreo de unidades en un 75%, lo que resulta en una alta productividad y una gestión eficiente de las operaciones de la mina. Del mismo modo, la regulación adecuada de elementos como la "reja", el "cuelgue" y la "cola", tal y como se establece en este estudio, mejora considerablemente la eficiencia de las operaciones de carga y transporte de unidades en un 47%. Tanto la historia como los resultados de esta investigación demuestran que los expedidores y los gestores deben recibir una formación continua para mantener un funcionamiento adecuado del sistema. Además, para evitar retrasos y situaciones que nos afectan directamente, hay que establecer una cultura de seguridad basada en las directrices. Gracias a estas mejoras hemos aumentado la disponibilidad de los equipos y, en consecuencia, su eficacia operativa. También se comparó Control Sense con Zon Control Pro, y aunque hay mejoras con Zon Control Pro, no son tan significativas como con Control Sense.

Martínez (2015) manifestó que, para mantener la producción, se controló adecuadamente un número determinado de equipos de transporte, auxiliares y de



carga en la mina. Con el despliegue del sistema Control Sense, las operaciones de carga y acarreo en circunstancias meteorológicas adversas aumentaron de 61.846.267 toneladas anuales a 70.279.849,00 toneladas anuales. No existía una flota de acarreo óptima antes de la monitorización de Control Sense; sin embargo, tras la implantación del sistema Control Sense, la adquisición del equipo de carga y las palas hidráulicas, y una producción de material para el movimiento de tierras hasta la presa de relaves de la TMF de 650 MT/h, un coste unitario de 0,305 US\$/MT (acarreo) y una eficiencia operativa potencial del 97. 00 por ciento, el coste unitario óptimo de carga y acarreo bajó de 0,07666 US\$/ (con un óptimo de 25 camiones)..

A diferencia de esta investigación, en el antecedente teórico se llevaron a cabo mejoras en el mantenimiento de las carreteras, y el estado ideal de las vías del proyecto se tradujo en una mayor seguridad para los trabajadores de las operaciones mineras. Además, al igual que en este estudio, se maximizó el uso de los camiones mineros CAT 793F e Hitachi EH4000; sin embargo, en esta tesis se emplearon excavadoras CAT390 y volquetes Scania 460, que resultaron ser más eficientes debido a la velocidad, la capacidad y otros factores. Ambos estudios muestran que una técnica de trabajo adecuada, combinada con los recursos humanos de la operación, fue suficiente para cumplir el objetivo mensual a pesar del mal tiempo. A diferencia de este estudio, que incluyó una gran cantidad de equipos auxiliares que ayudan al buen desempeño de las operaciones, como motoniveladoras, tractores de ruedas y de oruga, que, si son bien manejados por el supervisor del área, pueden ser casi 100% efectivos, este estudio se centró únicamente en los equipos de carga y arrastre. Además del sistema de control de la detección, la formación de partículas en suspensión en las vías se redujo en este caso gracias a la correcta disposición de los depósitos de mitigación de polvo disponibles. Ambas investigaciones están pensadas para que los operarios sientan pasión por su profesión y deseen destacar entre sus compañeros.

Silvestre (2015) en su investigación obtuvo una variación de menos 16% en el indicador típico de consumo (gal/hr), en el indicador que relaciona las toneladas movidas de material por galón de combustible consumido (ton/gal) se obtiene una

variación de más 22% y en el tercer indicador que correlaciona del indicador típico de acarreo y la cantidad de galones consumidos ((ton\*km\_eq/hr)/gal) se tiene una variación positiva del 9%, en esta investigación no se ha considerado la optimización del combustible. Como mejora complementaria, en este antecedente se aplicó el aditivo sintético TPx HD al combustible suministrado a los equipos de acarreo, se obtienen los siguientes valores: para el indicador típico de consumo es de 7.24 gal/hr, el indicador que relaciona las toneladas movidas de material por galón de combustible consumido es de 13.95 ton/gal, y el indicador típico de acarreo en correlación a la cantidad de galones consumidos es de 113.58 (ton\*km\_eq/hr)/gal, con ello concluyó que aplicando aditivo sintético TPx HD se ha logrado ahorrar para el año 2015, 627,280 galones de combustible, en cálculo teórico para la proyección desde el año 2018 hasta el 2022 se provee ahorrar 4'617,447 galones en el rango de cinco años.

Córdova (2017) explica que la implementación de la propuesta de gestión de incidentes basada en ITIL para la empresa Mine Sense Solutions redujo el número de incidentes ocurridos en la gestión de las flotas de vehículos de la unidad minera, lo que implica que la administración de las flotas de vehículos ha mejorado significativamente como resultado de la gestión de incidentes propuesta. Según los datos recogidos, el impacto de la gestión de incidencias supone una reducción del 10% en el número de incidencias respecto a la etapa anterior a la mejora de la gestión de incidencias, donde las incidencias de prioridad "Media" eran altas y se redujeron en un 32% mediante la implantación de la gestión de incidencias, lo que indica una mejora significativa en el número de incidencias totales. El nivel de madurez obtenido tras la mejora de la gestión de incidencias basada en ITIL es el nivel 3, lo que significa que las actividades realizadas en el proceso de gestión de incidencias se han vuelto más proactivas y menos reactivas, y que los empleados conocen formalmente los procedimientos debido a la formación impartida, lo que se refleja en este nivel de mejora de la madurez realizada en la gestión de incidencias de las flotas de vehículos de Mine Sense Solutions. Desde la mejora de la gestión de incidencias basada en ITIL, el número de vehículos operativos ha aumentado un 14%, pasando de 36 a 48 vehículos operativos de media, y este número de vehículos ha aumentado de 52 a 71 mil toneladas diarias de media, lo que indica

que la mejora en la gestión de incidencias tiene un impacto directo en la gestión de la flota de vehículos de Mine Sense Solutions.

Antes de que se implementara la gestión de incidentes, el número de incidentes en la gestión de flotas era de 184 incidentes en el monitoreo de tres meses, mientras que después de mejorar la gestión de incidentes, el número de incidentes disminuyó a 151 incidentes en el monitoreo de tres meses, lo que muestra que el número de la siniestralidad ha disminuido, lo que a su vez muestra un impacto positivo en la gestión de siniestralidad de la flota de la empresa Mine Sense Solutions en la unidad minera. De acuerdo al tiempo de atención de incidentes estipulado en el contrato de servicio, el tiempo promedio de atención de incidentes antes de la ejecución fue de 42 minutos, y el tiempo de atención mejorada fue de 26 minutos, resultando en una reducción del 24% en el tiempo de atención de incidentes, concluyendo que, se ha decidido que la gestión de la flota de Mine Sense Solutions en la Sociedad Minera El Brocal se beneficie de una mejor gestión de las incidencias. Este antecedente difiere mucho a esta investigación ya que su enfoque es netamente seguridad sin embargo en la presente tesis se obtienen mejoras operativas para carguío y acarreo

## VI. CONCLUSIONES

1. Los retrasos operativos en la carga y el acarreo se han determinado comparando las horas de funcionamiento del motor con el trabajo real, y se ha determinado que la disponibilidad, el rendimiento y la utilización del equipo no alcanzan el 80%. Las razones son que el frente es duro, los caminos de acarreo están en mal estado, la carga en rampas, las colas de los equipos y un solo carril; también se consideran los retrasos causados por la irresponsabilidad del personal y la deficiencia mecánica.
2. La posición del dumper, el estado del equipo (encendido, apagado, en movimiento), la velocidad del dumper, el control del combustible, el control del mantenimiento, la conducción del dumper y los informes de producción están incluidos en el diseño del sistema de control Sense para los equipos de carga y transporte.
3. Con la tecnología Control Sense implantada, la productividad en la carga y el acarreo aumentó de 211 a 2005 toneladas de material transportado. La OEE de la excavadora CAT374 aumentó un 42%, la de la excavadora CAT390 un 28%, la de los volquetes SCANIA460 un 35% y la de los volquetes SCANIA460HT un 31% en la evaluación de la eficiencia operativa; todos los equipos se encuentran en una clasificación aceptable.

## **VII. RECOMENDACIONES**

1. Monitorear constantemente los indicadores de carguío y acarreo, para proponer una mejora continua.
2. Implementar sensores para identificar la fatiga de los operadores y con ello evitar posibles riesgos laborales.

## REFERENCIAS

1. **SOTO, Cristian.** *Diseño, Validación e Implementación de una Aplicación de Acarreo en Minería Superficial.* Lima, Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2016.
2. **GÓMEZ, Grimaldo.** *Disponibilidad de Equipos Auxiliares para Optimizar la Productividad en el Carguío y Acarreo de las Fases 01,03 y 07 del Tajo Constancia Empresa Especializada Stracon Gym S.A.* Cusco, Perú : Universidad Nacional San Agustín de Arequipa, 2017.
3. Sostenibilidad de la minería mediante la mejora de la extracción del mineral y proceso de recuperación. En línea. Mine Sense Solutions. 27/05/2016. Disponible en: <http://www.minesensesolutions.com/en/#products>.
4. **ATALAYA, Jimmy.** *Propuesta de mejora del proceso productivo de elaboración de galletas, para incrementar la productividad de una empresa galletera de la ciudad de Cajamarca.* Cajamarca, Perú : Universidad Peruana del Norte, 2016.
5. **CARVAJAL, Jorge, y otros.** *Desarrollo e implementación de un nuevo plan de mantenimiento para equipos de perforación diamantina.* Colombia : s.n., 2015. págs. 44-54.
6. **MATAMALA, Cristian José Poblete.** *Costo de oportunidad en la utilización de los sistemas de despacho en minería a cielo abierto.* Santiago : Universidad de Chile: Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas - Departamento de Ingeniería de Minas, 2016.

7. **UNIVERSIDAD DE SEVILLA.** *Método para la gestión eficiente del combustible en flotas de vehículos con rutas fijas. Aplicación a una empresa de construcción.* Sevilla : Universidad de Sevilla, 2015.
8. **GALVÁN, Daniel.** *Análisis de la Implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) mediante el Modelo de Opciones Reales.* México : Universidad Nacional Autónoma de México, 2013.
9. **ALTAMIRANO, Gonzalo.** *Análisis del Impacto del Mantenimiento Productivo Total (TPM) en la Gestión Operativa de la Central Hidroeléctrica San Francisco.* Ecuador : Escuela Politécnica Nacional, 2017.
10. **LIMA, Aldo.** *Dimensionamiento de equipos de carguío y acarreo en el proyecto minero Constancia – Chumbivilcas.* Cusco: Universidad Nacional de San Antonio Abad, 2016.
11. **MARÍN, Cesar.** Incremento de la productividad en el carguío y acarreo en frentes que presentan altos contenidos de arcillas al utilizar un diseño de lastre adecuado, Minera Yanacocha, Perú, 2015. *Cajamarca, Perú:* Universidad Privada del Norte, 2015.
12. **VIDAL, Manuel.** *Estudio del cálculo de flota de camiones para una operación minera a cielo abierto.* Lima, Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2014.
13. **CABRERA, Jose y SÁNCHEZ, Justine.** *Dimensionamiento de flota y diseño de rutas de distribución de productos alimenticios refrigerados y secos para un operador logístico.* Guayaquil, Ecuador: Escuela Superior Politecnica del Litoral, 2014.

14. **JACOBO, Jorge.** *Dimensionamiento de flota de acarreo considerando variables operativas de minado para incrementar la producción, minera La Zanja - Cajamarca.* Trujillo, Perú. Universidad Nacional de Trujillo, 2018.
15. **HUAMAN, Rafael.** *Optimización de flota de camiones aplicando programación dinámica - Mina Corihuarmi.* Lima, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería, 2015.
16. **SILVA, Julio y CUSTODIO, Robert.** *Análisis de costos para el dimensionamiento de una flota en la cantera de roca caliza Tres Pirámides – Acshupata -2017.* Cajamarca, Perú. Universidad Privada del Norte, 2017.
17. **RODRÍGUEZ, Daniel.** *Modelo analítico para el dimensionamiento de flota de transporte en minería a cielo abierto: análisis de prioridades de atención según rendimiento.* Santiago, Chile: Pontificia Universidad Católica de Chile, 2014.
18. **CASTILLO, Frank.** *Optimización de la producción en carguío y acarreo mediante la utilización del sistema Jigsaw – Leica en minera Toquepala S.R.L.* Moquegua, Perú : Universidad César Vallejo, 2016.
19. **RODRÍGUEZ, Miguel.** *Propuesta de Mejora de la Gestión de Mantenimiento Basado en la Mantenibilidad de Equipos de Acarreo de una Empresa Minera de Cajamarca.* Cajamarca, Perú : Universidad Privada del Norte, 2013.
20. **BAHAMÓNDEZ, María.** *Implementación Sistema de Gestión para Reducción de Costos Optimizando el Desempeño por Componente en Equipos Mineros.* Santiago, Chile : Universidad de Chile, 2017.



21. **BONZI, Jose.** *Propuestas de Mejora de la Utilización Efectiva en Base a Disponibilidad de la Flota de Carguío y Transporte en Minera Los Pelambres.* Santiago, Chile : Universidad de Chile, 2016.
22. **POBLETE, Cristian.** *Costo de oportunidad en la utilización de los sistemas de despacho en minería a cielo abierto.* Santiago, Chile : Universidad de Chile, 2013.
23. **CÓRDOVA, Gustavo.** *Mejoramiento de prácticas operacionales para el aumento de horas efectivas camiones de extracción gerencia mina, división ministro Hales Codelco Chile.* Santiago, Chile : Universidad de Chile, 2017.
24. **ARGUS MINE.** *Sistema de monitoreo avanzado de gestión del carguío de camiones y el cumplimiento del plan minera para palas de cable e hidráulicas. (Brochure).* s.l., New York , EE.UU : MineWare, 2017.
25. **ESCAMILLA, Miguel.** *Estudio de Productividad del Equipo de Carga en una Mina de Mineral de Fierro a Cielo Abierto.* México : Instituto Tecnológico de Colima, 2014.
26. **PAREDES, Cesar.** *Eficiencia en Tiempo de Vida de Neumáticos con Relación a Rotación de Posiciones uno y dos en Volquetes Komatsu 930 E-3.* Lima, Perú : Universidad Nacional de Ingeniería, 2013.
27. **VARGAS, Elard y HERMOZA, Angel.** *Sistema de Información para Monitoreo de neumáticos del área de despacho (Dispatch), en una Compañía Minera.* Lima, Perú : Universidad Inca Garcilaso de la Vega, 2014.
28. **MARÍN, Cesar.** *Incremento de la Productividad en el Carguío y Acarreo en Frentes que Presentan Altos Contenidos de Arcillas al Utilizar un Diseño de*

*Lastre Adecuado, Minera Yanacocha, Perú, 2015. Cajamarca, Perú : Universidad Privada del Norte, 2015.*

29. **MARCA, Carita.** *Análisis de la Disponibilidad y Rendimiento de los Equipos de Carguío y Transporte en la Empresa Contratista SMCGSA, Mina Colquijirca de SMBSA.* Tacna, Perú : Universidad Nacional Jorge Basadre, 2014.
30. **MARTÍNEZ, Alex.** *Proponer una gestión de mantenimiento para todos los equipos de línea amarilla de una empresa que brinda servicio en alquiler de maquinaria a Minera Yanacocha.* Lima, Perú : Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, 2015.
31. **CHAU, Li.** *Gestión del Mantenimiento de Equipos en Proyectos de Movimiento de Tierras de una empresa Cajamarquina dedicada a la Minería.* Lima, Perú : Universidad Nacional de Ingeniería, 2013.
32. **MALDONADO, Herman y SIGÜENZA, Luis.** *Propuesta de un plan de mantenimiento para maquinaria Pesada de la Empresa Minera Dynasty Mining del cantón Portovelo.* Cuenca, Ecuador : Universidad Salesiana Politécnica, 2013.
33. **CALDERÓN, Norka.** *Mejora del Tiempo de Operatividad de Camiones Volquetes en Proyectos de Mantenimiento Vial, utilizando Teoría de Confiabilidad en un Sistema Simulado.* Lima, Perú : Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2014.
34. **SILVESTRE, Rafael.** *Optimización de Flota de Camiones Aplicando Programación Dinámica - Mina Corihuarmi.* Lima, Perú : Universidad Nacional de Ingeniería, 2015.

35. **HERNÁNDEZ, Roberto, FERNANDEZ, Carlos y BAPTISTA, Maria.** *Metodología de la Investigación.* 6 s.l., D.F, México : McGRAW-HILL, 2014. 736.
36. **APAZA, Elmer.** *Disminución de tiempos improductivos para incrementar la utilización de los equipos de carguío y acarreo en la mejora continua de la productividad en el tajo Chalarina en Minera Shahuindo S.A.C. Trujillo, Perú:* Universidad Nacional de Trujillo, 2017.
37. **JULCA, Dalila.** *Optimización del ciclo de carguío y acarreo del tajo al Pad de lixiviación para evitar tiempos muertos y reducir costos en una empresa minera de la mediana minería, 2019.* Cajamarca, Perú: Universidad Privada del Norte, 2019.
38. **MAURICIO, Gerardo.** *Mejoramiento continuo en la gestión del ciclo de acarreo de camiones en minería a tajo abierto en Antamina, Cerro Verde, Toquepala, Cujone, Yanacocha, Alto Chicama, Las Bambas, Cerro Corona, Antapacay y Pucamarca.* Lima, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería, 2015.
39. **RUBIO, Edwin.** *Modelo para estimar la productividad de equipos de carguío a cielo abierto.* Santiago, Chile: Universidad de Chile, 2010.
40. **SALDAÑA, Anthony.** *Productividad en el ciclo de carguío y acarreo en el tajo Chaquicocha bajo clima severo - Minera Yanacocha.* Lima, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería, 2013.

## ANEXOS

### Anexo 1: Carta de aceptación empresa Milpo S.A.A.

 Av. San Borja Norte 523 - San Borja - Lima - Perú

Milpo S.A.A.

**CERTIFICADO**

Yo, Christian Miñano Yupanqui, identificado con DNI 09561063, Jefe del Programa de Apoyo Educativo Universitario (PAEU), a cargo de la Gerencia de Responsabilidad Social de la empresa Milpo, autorizo la elaboración de tesis titulada: "IMPLEMENTACIÓN DEL SOFTWARE CONTROLSENSE PARA INCREMENTAR LA EFICIENCIA EN EL CARGUÍO Y ACARREO DE LA COMPAÑÍA MINERA MILPO S.A.A.", con la finalidad que el testista Carranza Vásquez, Deivy Hernani, obtenga el título profesional de ingeniero de minas.

Se expide este certificado para fines convenientes.

Lima, 27 de Julio del 2021.

  
Christian Miñano Yupanqui  
CSP: 1008

Dirección: Av. San Borja Norte 525 - San Borja- Lima - Perú.  
Teléfono: 51-7105500

## Anexo 2: Matriz de consistencia

**Título:** “implementación del software Controlsense para incrementar la eficiencia en el carguío y acarreo de la Compañía Minera Milpo S.A.A.”

**Bachiller:** Deivy Hernani Carranza Vasquez

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	OBJETIVO DE LA INVESTIGACION	HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	VARIABLES E INDICADORES
<p><b>Problema principal:</b> ¿Cuánto es la eficiencia de los equipos de carguío y acarreo aplicando el software Control Sense en la Compañía Minera Milpo S.A.A., durante el año 2020?</p>	<p><b>Objetivo general:</b> Evaluar la eficiencia de los equipos de carguío y acarreo aplicando el software Control Sense en la Compañía Minera Milpo S.A.A., durante el año 2020.</p>	<p><b>Hipótesis general:</b> La eficiencia de los equipos de carguío y acarreo se incrementa aplicando el software Control Sense en la Compañía Minera Milpo S.A.A., durante el año 2020.</p>	<p><b>Variable Independiente:</b> - Carguío y acarreo</p> <p><b>Variable dependiente:</b> - Eficiencia</p>
<p><b>Problemas secundarios:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ¿Cuál es la situación actual de los equipos de carguío y acarreo, en la Compañía Minera Milpo S.A.A.?</li> <li>- ¿Por qué implementar el software Control Sense en los equipos de carguío y acarreo en operaciones mineras actuales en la Compañía Minera Milpo S.A.A.?</li> <li>- ¿Cuánto es la eficiencia operacional de los equipos de carguío y acarreo con el software Control Sense, en la Compañía Minera Milpo S.A.A.?</li> </ul>	<p><b>Objetivos específicos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Evaluar la situación actual de los equipos de carguío y acarreo, en la Compañía Minera Milpo S.A.A.</li> <li>- Implementar el software Control Sense en los equipos de carguío y acarreo en operaciones mineras actuales en la Compañía Minera Milpo S.A.A.</li> <li>- Evaluar la eficiencia operacional de los equipos de carguío y acarreo con el software Control Sense, en la Compañía Minera Milpo S.A.A.</li> </ul>	<p><b>Hipótesis secundarias:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Al diagnosticar la situación actual de los equipos de carguío y acarreo, en la Compañía Minera Milpo S.A.A; se propondrán las mejoras.</li> <li>- Al aplicar el software Control Sense en los equipos de carguío y acarreo en operaciones mineras actuales en la Compañía Minera Milpo S.A.A, se logrará reducir las demoras del proceso.</li> <li>- Si se determina la optimización de la eficiencia operacional de los equipos de carguío y acarreo con el software Control Sense, en la Compañía Minera Milpo S.A.A, se logrará evaluar la efectividad del software.</li> </ul>	

**Anexo 3: Instrumento de investigación: Ficha de tiempo de ciclo en carguío y acarreo**

---

Equipo	Carga	Transporte	descarga	retorno	Tiempo total (min)	Tipo de material
--------	-------	------------	----------	---------	--------------------	------------------

---

---

**Anexo 4: Instrumento de investigación: Ficha de cálculo de eficiencia**

---

Día	Productividad por turno (\$/m3)	Horas trabajadas	Eficiencia por hora (m3/hora)	Productividad por turno (\$/m3)	Horas trabajadas
-----	---------------------------------	------------------	-------------------------------	---------------------------------	------------------

---

## **Anexo 5: Formulas de eficiencia**

### **Disponibilidad (A%)**

Este es el porcentaje de tiempo calendario menos excluido: tiempo calendario en que el equipo estaba físicamente disponible para trabajar. Medida del tiempo que el equipo está disponible para realizar su función prevista. La disponibilidad mide el impacto que la pérdida de equipo planificada y no planificada tiene en el rendimiento del equipo.

$$\frac{\text{Disponibilidad de tiempo}}{\text{Hora de calendario} - \text{Hora de calendario excluida}} \%$$

*Ecuación 1:* Disponibilidad (%)

### **Uso de la disponibilidad (U o A%)**

Mide cuánto tiempo disponible se usa para las actividades operativas. Mide la capacidad de los equipos operativos para usar el equipo cuando está disponible.

$$\frac{\text{Tiempo de funcionamiento}}{\text{Tiempo disponible}} \%$$

*Ecuación 2:* Uso de la Disponibilidad (%)

### **Utilización (U%)**

La medida del tiempo que el equipo está en pleno funcionamiento y utilización, aunque sea productivo o no productivo. También conocido como utilización total.

$$\frac{\text{Tiempo operativo}}{\text{Hora de calendario} - \text{Hora de calendario excluida}} \%$$

*Ecuación 3:* Utilización (%)

La utilización (U%) también se calcula con:

Disponibilidad (A%) x Uso de disponibilidad (U o A%)

### **Eficiencia operativa (OE)**

El porcentaje de tiempo que el equipo realizaba su función prevista cuando estaba en funcionamiento. Mide el impacto que las actividades no productivas tienen en relación con el tiempo de operación.

$$\frac{\text{Tiempo de producción}}{\text{Tiempo operativo}} \%$$

*Ecuación 4:* Eficiencia operativa (%)

### Uso efectivo de la disponibilidad (Eff U o A%)

Mide cuánto tiempo disponible se utiliza efectivamente para las actividades de producción.

$$\frac{\text{Tiempo de producción}}{\text{Tiempo disponible}} \%$$

Ecuación 5: Uso efectivo de la disponibilidad (%)

### Utilización efectiva (Eff U%)

El porcentaje de tiempo calendario que el equipo realizaba su función de producción primaria.

$$\frac{\text{Tiempo de producción}}{\text{Hora de calendario} - \text{Hora de calendario excluida}} \%$$

Ecuación 6: Utilización efectiva (%)

### Fórmulas utilizadas

Se despejo el T. Operativo de la Ecuación 3:

$$T. \text{ Operativo} = \text{Utilización} \times \text{Hora de calendario} - \text{Hora de calendario excluida}$$

La utilización puede ser calculada con la siguiente fórmula:

Disponibilidad (A%) x Uso de disponibilidad (U o A%)

Reemplazamos:

$$T. \text{ Operativo} = \text{Disponibilidad} (\%) \times \text{Uso de la disponibilidad} (\%) \times (\text{Hora de calendario} - \text{Hora de calendario excluida})$$

Ecuación 7: Tiempo Operativo

Se despejo el T. Producción de la Ecuación 6:

$$T. \text{ Producción} = \text{Utilización efectiva} (\%) \times (\text{Hora de calendario} - \text{Hora de calendario excluida})$$

Ecuación 8: Tiempo Producción.

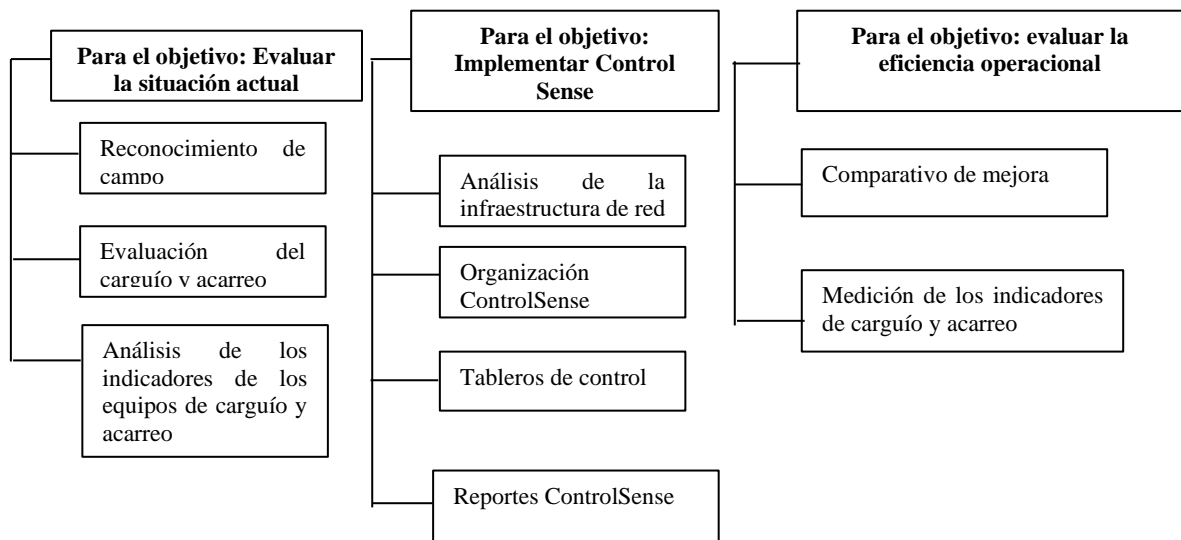
**Finalmente reemplazamos en la ecuación 4 para determinar la Eficiencia Operativa:**



$$\text{Eficiencia Operativa} = \frac{T. \text{Producción}}{T. \text{Operativo}}$$

$$E \% = \frac{\text{Utilización Efect.} \times (\text{Hora de calendario} - \text{Hora de calendario excluida})}{\text{Disponibilidad (\%)} \times \text{Uso de la disp (\%)} \times (\text{H. calendario} - \text{H. calendario excluida})}$$

## Anexo 6 Procedimientos



**Anexo 7: Reportes de producción**

PRODUCCIÓN ACUMULADA PAQUETE 04										
Fecha	TM proyectado	TM proyectado acumulado	KM POND	TM.KM proyectado	TM real	TM real acumulado	KM POND	TM.KM REAL	CICLO	KM x HM PROM
01/07/2019	1,064.52	1,064.52	0.997	1,060.793	0.00	0.00	-	-	-	-
02/07/2019	1,064.52	2,129.03	0.997	1,060.793	830.00	830.00	0.97	805.1	3.61	7.0
03/07/2019	1,064.52	3,193.55	0.997	1,060.793	4,611.00	5,441.00	0.97	4,472.7	4.33	8.4
04/07/2019	1,064.52	4,258.06	0.997	1,060.793	5,100.00	10,541.00	0.97	4,947.0	4.28	8.3
05/07/2019	1,064.52	5,322.58	0.997	1,060.793	1,062.00	11,603.00	0.97	1,030.1	4.71	9.1
06/07/2019	1,064.52	6,387.10	0.997	1,060.793	0.00	11,603.00		- -		-
07/07/2019	1,064.52	7,451.61	0.997	1,060.793	0.00	11,603.00		- -		-
08/07/2019	1,064.52	8,516.13	0.997	1,060.793	1,433.00	13,036.00	0.97	1,390.0	4.20	8.1
09/07/2019	1,064.52	9,580.65	0.997	1,060.793	2,454.00	15,490.00	0.97	2,380.4	4.53	8.8
10/07/2019	1,064.52	10,645.16	0.997	1,060.793	0.00	15,490.00		- -		-
11/07/2019	1,064.52	11,709.68	0.997	1,060.793	0.00	15,490.00		- -		-
12/07/2019	1,064.52	12,774.19	0.997	1,060.793	0.00	15,490.00		- -		-
13/07/2019	1,064.52	13,838.71	0.997	1,060.793	2,403.00	17,893.00	0.97	2,330.9	5.57	10.8
14/07/2019	1,064.52	14,903.23	0.997	1,060.793	8,071.00	25,964.00	0.97	7,828.9	4.41	8.6
15/07/2019	1,064.52	15,967.74	0.997	1,060.793	4,133.00	30,097.00	0.97	4,009.0	4.08	7.9

16/07/2019	1,064.52	17,032.26	0.997	1,060.793	336.00	30,433.00	0.97	325.9	4.00	7.8
17/07/2019	1,064.52	18,096.77	0.997	1,060.793	0.00	30,433.00		- -		-
18/07/2019	1,064.52	19,161.29	0.997	1,060.793	6,571.00	37,004.00	0.97	6,373.9	5.27	10.2
19/07/2019	1,064.52	20,225.81	0.997	1,060.793	4,187.00	41,191.00	0.97	4,061.4	4.04	7.8
20/07/2019	1,064.52	21,290.32	0.997	1,060.793	5,562.00	46,753.00	0.97	5,395.1	4.13	8.0
21/07/2019	1,064.52	22,354.84	0.997	1,060.793	7,514.00	54,267.00	0.97	7,288.6	4.36	8.5
22/07/2019	1,064.52	23,419.35	0.997	1,060.793	6,227.00	60,494.00	0.97	6,040.2	3.30	6.4
23/07/2019	1,064.52	24,483.87	0.997	1,060.793	0.00	60,494.00		-		-
24/07/2019	1,064.52	25,548.39	0.997	1,060.793	0.00	60,494.00		-		-
25/07/2019	1,064.52	26,612.90	0.997	1,060.793	0.00	60,494.00		-		-
26/07/2019	1,064.52	27,677.42	0.997	1,060.793	0.00	60,494.00		-		-
27/07/2019	1,064.52	28,741.94	0.997	1,060.793	0.00	60,494.00		-		-
28/07/2019	1,064.52	29,806.45	0.997	1,060.793	0.00	60,494.00		-		-
29/07/2019	1,064.52	30,870.97	0.997	1,060.793	0.00	60,494.00		-		-
30/07/2019	1,064.52	31,935.48	0.997	1,060.793	0.00	60,494.00		-		-
31/07/2019	1,064.52	33,000.00	0.997	1,060.793	0.00	60,494.00		-		-
<b>Total general</b>	<b>33,000.00</b>	<b>33,000.00</b>		<b>32,884.59</b>	<b>60,494.00</b>	<b>60,494.00</b>	<b>0.97</b>	<b>58,679.18</b>	<b>4.33</b>	