

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERA Y METALÚRGICA



TESIS

“IDENTIFICACIÓN DE FACTORES QUE AFECTAN LA
PRODUCCIÓN DE CAMIONES MINEROS EN
UNA MINA A TAJO ABIERTO”

PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO EN
GESTIÓN MINERA

ELABORADO POR:

ANDRÉS MICHAEL ARÓSTEGUI CASTRO

ASESOR:

Dr. Ing. ALBERTO LANDAURO ABANTO

LIMA – PERÚ

2019

DEDICATORIA

A mi familia que con su apoyo incondicional me dan fuerzas para seguir adelante, a mi adorada esposa por su apoyo y comprensión.

AGRADECIMIENTO:

Especial agradecimiento a los señores directivos y docentes de la Sección de Posgrado de Gestión Minera de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minería y Metalúrgica de la Universidad Nacional de Ingeniería - Lima-Perú.

ÍNDICE

	Página
DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	III
ÍNDICE	IV
ÍNDICE DE TABLAS	VI
ÍNDICE DE FIGURAS	VII
RESUMEN	XI
ABSTRACT	XII
INTRODUCCIÓN	XIII

CAPITULO I

GENERALIDADES

1. Antecedentes bibliograficos.	15
2. Descripcion de la realidad problemática	16
3. Formulación del Problema.	16
4. Justificación e Importancia de la Investigacion.	16
5. Objetivos.	17
6. Hipotesis.	18
7. Variables e indicadores.	18
8. Periodo de analisis.	19

CAPITULO II

MARCO TEORICO Y MARCO CONCEPTUAL

1. Bases teóricas	20
-------------------	----

2. Marco conceptual	28
---------------------	----

CAPITULO III

METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION

1. Tipo	29
2. Nivel	29
3. Diseño de la investigacion	29
4. Fuentes de recoleccion de datos.	29
5. Desarrollo de trabajo de Tesis	30

CAPITULO IV

RESULTADOS DE LA INVESTIGACION

4.1 Analisis de los resultados de la investigacion y	45
4.2 contrastacion de Hipotesis	72

CONCLUSIONES	74
---------------------	----

RECOMENDACIONES	76
------------------------	----

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	77
-----------------------------------	----

ANEXOS:

Anexo 1: Matriz de Consistencia	79
--	----

Anexo 2:

Anexo 2.1 CURRICULUM VITAE (español)	80
---	----

Anexo 2.2 CURRICULUM VITAE (Ingles)	83
--	----

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1 Muestra la distribución del tiempo para el cálculo de los indicadores.	32
Tabla 2 Muestra el resumen del cálculo del MTBF	33
Tabla 3 Muestra los datos de MTBF divididos por semana y por flota.	34
Tabla 4 Muestra los datos de MTTR divididos por semana y por flota	36
Tabla 5 Muestra el resumen del cálculo del MTTR	37
Tabla 6 Muestra los datos de disponibilidad divididos por semana y por flota	39
Tabla 7 Muestra el resumen del cálculo de las Disponibilidades	40
Tabla 8 Muestra los datos de utilización divididos por semana y por flota	42
Tabla 9 Muestra el resumen de la cantidad de camiones y sus capacidades de carguío	43
Tabla 10 Muestra los datos de las productividades promedio por semana y por flota	44
Tabla 11 Muestra el total de horas de las demoras no programadas Durante el presente año	61
Tabla 12 Muestra el total de horas que tienen las demoras en standby Durante todo el presente año.	68
Tabla 13 Muestra los datos en toneladas de cómo afecta positivamente o negativamente La variación de la disponibilidad y de la utilización de todas las flotas de camiones, Dividido por semanas entre los meses de enero y octubre del presente año.	73

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1 Muestra la evolución del MTBF por semanas para la flota Caterpillar 797F	45
Figura 2 Muestra la evolución del MTBF por semanas para la flota Komatsu 930E.	46
Figura 3 Muestra la evolución del MTBF por semanas para la flota Caterpillar 793D	46
Figura 4 Muestra la evolución del MTBF por semanas para la flota Komatsu 830E	47
Figura 5 Muestra la evolución del MTTR por semanas para la flota Caterpillar 797F.	48
Figura 6 Muestra la evolución del MTTR por semanas para la flota Komatsu 930E	48
Figura 7 Muestra la evolución del MTTR por semanas para la flota Caterpillar 797F	49
Figura 8 Muestra la evolución del MTTR por semanas para la flota Komatsu 830E.	49
Figura 9 Muestra la evolución de la disponibilidad real por semanas para la flota Caterpillar 979F y también la disponibilidad planeada	50
Figura 10 Muestra la evolución de la disponibilidad real por semanas para la flota Caterpillar793D y también la disponibilidad planeada.	51
Figura 11 Muestra la evolución de la disponibilidad real por semanas para la flota Komatsu 930E y también la disponibilidad planeada.	51
Figura 12 Muestra la evolución de la disponibilidad real por semanas para la flota Komatsu 830E y también la disponibilidad planeada.	52
Figura 13 Muestra la evolución de la utilización real por semanas para la flota Caterpillar 797F y también la utilización planeada	53
Figura 14 Muestra la evolución de la utilización real por semanas para la flota Caterpillar 793D y también la utilización planeada.	53
Figura 15 Muestra la evolución de la utilización real por semanas para la flota Komatsu 930E y también la utilización planeada.	54

Figura 16 Muestra la evolución de la utilización real por semanas para la flota Komatsu 830E y también la utilización planeada.	55
Figura 17 Muestra el diagrama de Pareto para las demoras no programadas perteneciente al mes de enero.	56
Figura 18 Muestra el diagrama de Pareto para las demoras no programadas perteneciente al mes de febrero.	56
Figura 19 Muestra el diagrama de Pareto para las demoras no programadas perteneciente al mes de marzo.	57
Figura 20 Muestra el diagrama de Pareto para las demoras no programadas perteneciente al mes de abril.	57
Figura 21 Muestra el diagrama de Pareto para las demoras no programadas perteneciente al mes de mayo.	58
Figura 22 Muestra el diagrama de Pareto para las demoras no programadas perteneciente al mes de junio.	58
Figura 23 Muestra el diagrama de Pareto para las demoras no programadas perteneciente al mes de julio.	59
Figura 24 Muestra el diagrama de Pareto para las demoras no programadas perteneciente al mes de agosto.	59
Figura 25 Muestra el diagrama de Pareto para las demoras no programadas perteneciente al mes de setiembre.	60
Figura 26 Muestra el diagrama de Pareto para las demoras no programadas perteneciente al mes de octubre.	60
Figura 27 Muestra el diagrama de Pareto para las demoras no programadas acumuladas de todo el presente año.	62

- Figura 28 Muestra el diagrama de Pareto de los Standby perteneciente al mes de enero. 63
- Figura 29 Muestra el diagrama de Pareto de los Standby perteneciente al mes de febrero. 63
- Figura 30 Muestra el diagrama de Pareto de los Standby perteneciente al mes de marzo. 64
- Figura 31 Muestra el diagrama de Pareto de los Standby perteneciente al mes de abril. 64
- Figura 32 Muestra el diagrama de Pareto de los Standby perteneciente al mes de mayo. 65
- Figura 33 Muestra el diagrama de Pareto de los Standby perteneciente al mes de junio. 65
- Figura 34 Muestra el diagrama de Pareto de los Standby perteneciente al mes de julio. 66
- Figura 35. Muestra el diagrama de Pareto de los Standby perteneciente al mes de agosto. 66
- Figura 36 Muestra el diagrama de Pareto de los Standby perteneciente al mes de Setiembre. 67
- Figura 37 Muestra el diagrama de Pareto de los Standby perteneciente al mes de octubre. 67
- Figura 38 Muestra el diagrama de Pareto de los Standby acumulado entre los meses de enero y octubre del año 2018. 69
- Figura 39 Muestra como varia la productividad de los camiones de la flota Caterpillar 797F desde el mes de enero hasta el mes de octubre, esto separado por semanas. 70

Figura 40 Muestra como varia la productividad de los camiones de la flota Caterpillar 793D desde el mes de enero hasta el mes de octubre, esto separado por semanas. 71

Figura 41 Muestra como varia la productividad de los camiones de la flota Komatsu 930E desde el mes de enero hasta el mes de octubre, esto separado por semanas. 71

Figura 42 Muestra como varia la productividad de los camiones de la flota Komatsu 830E desde el mes de enero hasta el mes de octubre, esto separado por semanas. 72

RESUMEN:

En minería el cumplimiento de metas es de suma importancia y esto nos lleva a la reflexión qué tan bien estamos pronosticando nuestros indicadores para el cálculo de la producción, el compromiso de producción de cobre depende de muchos factores entre los cuales están la producción de los camiones mineros hacia esto apunta nuestra investigación tratar de analizar y de ajustar el cálculo de nuestros indicadores e identificar cuales son los factores que mas modifican nuestro cálculo.

La producción de cobre que se pronostica a inicios década año y se compromete en una venta como materia prima, si esta no se cumple retrasa la producción de bienes finales los cuales también ya están comprometidos en ventas.

Tratar de dirigir una operación sin pronósticos equivale a navegar en una embarcación sin brújula. Pronosticar es un insumo para todos los tipos de planeación y control empresarial, dentro y fuera de la función de operaciones. Todas las áreas utilizan los pronósticos para planear los productos, la promoción y los precios. Finanzas los usa para la planeación financiera. Operaciones los usa para la toma de decisiones acerca del diseño del proceso, planeación de la capacidad de producción e inventarios. Se dice que es mejor un mal pronóstico que ninguno. Muchas empresas aducen que en entornos inciertos y cambiantes no se justifica desarrollar un esfuerzo, ni dedicar recursos a algo que no se sabe en que puede aportar a la gestión. Sin embargo, esta idea origina que se pierda un inicio adecuado de la gestión de operaciones. Igualmente, los pronósticos siempre se piensan en el campo de la demanda.

ABSTRACT

In mining the fulfillment of the goals is of great importance and this leads us to the reflection that we are so predicting our indicators for the calculation of production, the copper production commitment depends on many factors among which are the production of the mining trucks towards this our research aims to analyze and adjust the calculation of our indicators and identify which are the factors that most modify our calculation.

The production of copper that is forecast at the beginning of each year and commits to a sale as a raw material, if this is not met delays the production of final goods which are also already committed to sales.

Trying to direct an operation without forecasts is equivalent to navigating a boat without a compass. Predicting is an input for all types of business planning and control, inside and outside the operations function. All areas use forecasts to plan products, promotion and prices. Finance uses them for financial planning. Operations use them to make decisions about the design of the process, planning of production capacity and inventories. It is said that a poor prognosis is better than none. Many companies argue that in uncertain and changing environments it is not justified to develop an effort, nor to dedicate resources to something that is not known in what it can contribute to management. However, this idea causes that an appropriate start of operations management is lost. Likewise, forecasts are always thought in the field of demand.

INTRODUCCIÓN

El cumplimiento de lo que se planifica es de suma importancia en toda empresa que produce o brinda algún servicio, detrás de los cálculos de la producción existen diversas áreas trabajando para obtener los insumos que son necesarios para cumplir esta producción ofrecida, también hay varios supuestos que se asumen para predecir una cierta capacidad de producción, en minería esto no es ajeno, se busca siempre ser los más exactos posibles en los cálculos que se realizan. Para el cálculo de la producción en el corto, mediano y largo plazo se utilizan diferentes supuestos como la disponibilidad, la utilización y las productividades de los equipos mineros, para el cálculo de estos se utilizan tiempos que son propios de cada operación minera, el producto de estos tres factores es considerado como la producción, asumiendo condiciones ideales.

Casi siempre se considera estados ideales en el cálculo de la producción, pero hay algunos factores que nos alejan de lo pronosticado y es ahí hacia donde apunta esta investigación que es detectar cuáles son estos factores que no nos permiten realizar una predicción.

En minería a tajo abierto el costo de acarreo es uno de los de mayor impacto representando un poco más del 40 % de los costos, un ahorro en este proceso sería muy significativo, esto debido a la cantidad de equipos que se tiene y a la forma rutinaria en que trabajan estos en la mina.

Los programas de simulación para el cálculo de flota nos permiten tener el número de camiones para un ciclo de acarreo (simulación), pero los factores operacionales propios de cada mina muchas veces hacen variar este pronóstico, es ahí a donde apunta este trabajo de investigación, poder capturar esos factores muchas veces pasados por alto en la operación, para detectar estas demoras utilizaremos el sistema DISPATCH que

permite hacer un seguimiento del tiempo de los equipos mineros en este caso de los de carguío y acarreo.

Los pronósticos han acompañado al ser humano a lo largo de toda la historia, es una característica invariable del ser humano ha sido su afán de anticipar el futuro, poder conocer lo que sucederá, reducir o eliminar la incertidumbre, caminar con mayor seguridad y, de esta manera, obtener éxito en las decisiones. Para lograrlo, se han desarrollado diversas técnicas en las diferentes culturas, muchas de ellas con connotaciones religiosas o astrológicas que relacionan los movimientos y las posiciones de los astros, con la predicción de algún suceso próximo, dichas técnicas tienen seguidores y aunque no cuentan con bases científicas y muchas veces fracasan, satisfacen de alguna manera esa necesidad de seguridad para afrontar el futuro.

Hoy, así como en tiempos pasados, anticiparse no es una tarea fácil de realizar, pero existen ahora técnicas con mayor soporte científico, que permiten obtener mejores resultados. La necesidad de los pronósticos ha ido creciendo y ahora éstos son importantes en actividades tales como, presupuesto de gastos, expansión de planta, compra de materias primas, etcétera.

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

ANTECEDENTES BIBLIOGRÁFICOS

- Tesis Maestría: Gestión Minera (2015)

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA.

Nombre: Mejoramiento continuo en la gestión del ciclo de acarreo de camiones en minería a Tajo abierto en Antamina, Cerro Verde, Toquepala, Cuajone, Yanacocha, Ato Chicama, Las Bambas, Cerro Corona, Antapaccay y Pucamarca.

Resumen: En la actualidad se está llevando a cabo una revolución de la forma de hacer minería, en la cultura minera misma, y esto se debe básicamente al avance tecnológico que nos permite disponer sistemas altamente desarrollados para el control de los procesos, actualmente el costo más alto en operaciones de mina a tajo abierto es el de acarreo de los camiones gigantes, representando un 45% del costo de minado, es por eso que se plantea esta tesis.

- Tesis: Gestión Minera (2018)

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS.

Nombre: Aplicación de mejora continua en la gestión del planeamiento operativo minero y su influencia en el beneficio económico mina Untuca – Cori Puno S.A.C

Resumen: La presente investigación sustenta la hipótesis de que la aplicación de procesos de mejora continua influye en el beneficio económico representándose gráficamente por un modelo matemático de función potencial denominada curva de aprendizaje. La curva de aprendizaje es empleada en estimar programas de producción, costos y presupuestos.

DESCRIPCION DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

En una mina a tajo abierto ubicada en la provincia de Espinar se tiene imprecisiones con la predicción de la producción, los datos como la disponibilidad, la utilización y la productividad de los equipos mineros están siendo afectados por demoras no programadas y éstas están generando incertidumbre y expectativas muchas veces no cumplidas.

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuáles son los factores que influyen en mayor medida en el no cumplimiento de la producción de los camiones mineros en la compañía minera?

JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN

Conveniencia

Con la realización de esta investigación se identificará los factores que influyen en la predicción de los planes de producción, también se llevara un mejor control en el manejo de costos de la flota de camiones por ende aumentara la credibilidad del área de Ingeniería.

Implicancia practica

En un primer momento el ajuste de la predicción beneficiará en sincerar las proyecciones de la producción en la mina, pero estos resultados también podrían replicarse en otras unidades mineras. La investigación se dará en la exactitud de las proyecciones de minado y está también permitirá analizar de una mejor manera las prioridades de los trabajos a realizarse para alcanzar la producción de cobre que se requiere.

Utilidad metodológica

La metodología que se aplicará será el análisis de base de datos obtenido a través del sistema Dispatch que registra información de los equipos de acarreo en tiempo real.

Viabilidad de la investigación

Esta investigación es viable debido a que se cuenta con software de ingeniería que recopila los datos de los ciclos de acarreo es de ahí de donde se recopilará la data para poder hacer seguimiento a los ciclos de acarreo que realiza cada camión. También se cuenta con los equipos de hardware para su seguimiento.

OBJETIVOS

Objetivos General

Determinar cuáles son los factores que impactan en mayor medida en la predicción de la producción en la Compañía Minera.

Objetivos Específicos

- a) Comparar las disponibilidades planeadas y reales de los equipos de acarreo.

- b) Identificar las demoras con mayor incidencia en la utilización de los equipos producción.
- c) Identificar otros factores que afectarían la utilización de los camiones mineros.

HIPÓTESIS

Hipótesis General

Mejorando el pronóstico de la disponibilidad, la utilización y la productividad de los camiones mineros tendremos una mejor proyección de la producción minera.

Hipótesis Específicas

- a) Mejorando el pronóstico de la disponibilidad de equipos se podrá disminuir el no cumplimiento de los planes de minado.
- b) Mejorando el pronóstico de la utilización de equipos se podrá disminuir el no cumplimiento de los planes de minado.
- c) Identificando los factores que influyen en el acarreo se podrán mejorar la predicción de la productividad.

VARIABLES

Variable dependiente

Y1: Cumplimiento del plan de producción.

Variable independiente

X1: Disponibilidad de equipos de carguío.

X2: Demoras que afectan directamente a la utilización.

X3: Productividad de los equipos.

PERIODO DE ANÁLISIS

La investigación se realizó durante este año iniciando en enero hasta fines de octubre del 2018, este tiempo lo dividiremos por semanas las cuales inician desde el día miércoles hasta el día martes la siguiente semana (siete días).

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO Y MARCO CONCEPTUAL

BASES TEÓRICAS

Gestión de Mantenimiento.

La gestión del Mantenimiento involucra cuatro procesos diferenciables: Planificación, programación, ejecución y control. Entendiendo por mantenimiento al servicio a la operación que tiene por objeto lograr una adecuada disponibilidad de los equipos al menor costo posible, este atiende a dos tipos según el concepto universal del mantenimiento: El programado, en el cual se prevén las intervenciones, los recursos y los trabajos a efectuar y el no programado, donde las intervenciones se realizan de emergencia, por lo general ocasionan paradas en la producción. De acuerdo con lo planteado la gestión del mantenimiento está en función de la disponibilidad operativa de los equipos de modo que pueda garantizar el cumplimiento del objetivo para el cual se requieren los mismos. Es objetivo de la función del mantenimiento impulsar y cooperar a la generación de utilidades a la empresa por lo que es necesario conservar en condiciones operativas las instalaciones que contribuyen a la producción, también es obligación primordial de la función del mantenimiento el contribuir a la obtención de las metas de la empresa de la que es parte integrante.

Definición de Mantenimiento

Conjunto de acciones oportunas, continuas y permanentes dirigidas a prever y asegurar el funcionamiento normal, la eficiencia y la buena apariencia de sistemas, edificios, equipos y accesorios.

Tipos de Mantenimiento

Dentro de los principales tipos de mantenimiento tenemos los siguientes:

Mantenimiento Preventivo

Servicios de inspección, control, conservación y restauración de un ítem con la finalidad de prevenir, detectar o corregir defectos, tratando de evitar fallas. Este mantenimiento se realiza con una frecuencia dependiendo de la criticidad del equipo.

Mantenimiento Correctivo

Servicios de reparación en ítems con falla; es decir este mantenimiento se realiza cuando se detecta la falla o cuando ya ocurrió.

Mantenimiento Predictivo

Servicios de seguimiento del desgaste de una o más piezas o componente de equipos prioritarios a través de análisis de síntomas, o estimación hecha por evaluación estadística, tratando de extrapolar el comportamiento de esas piezas o componentes y determinar el punto exacto de cambio.

Mantenimiento Mejorativo o Rediseños

Consiste en la modificación o cambio de las condiciones originales del equipo o instalación. No es tarea de mantenimiento propiamente dicho, aunque lo hace mantenimiento.

Mantenimiento Selectivo

Servicios de cambio de una o más piezas o componentes de equipos prioritarios, de acuerdo con recomendaciones de fabricantes o entidades de investigación.

Principios y Aplicación del Mantenimiento.

El principal principio del mantenimiento es asegurar que todo activo continúe desempeñando las funciones deseadas. Con el objetivo de asegurar la competitividad de la empresa por medio de:

- Garantizar la disponibilidad y confiabilidad planeadas de la función deseada.
- Satisfacer todos los requisitos del sistema de calidad de la empresa.
- Cumplir todas las normas de seguridad y medio ambiente, y maximizar el beneficio global.

El mantenimiento es aplicable a todo sistema o empresa que desee aumentar la confiabilidad o la vida útil de sus activos.

Indicadores de la Gestión del mantenimiento

La eficacia de la función del mantenimiento se mide a través de un conjunto de indicadores de gestión de mantenimiento, a continuación, se cita el concepto donde se expone al respecto: "Un indicador de mantenimiento es un parámetro que permite medir o cuantificar el comportamiento de una variable de mantenimiento. Su control puede detectar las desviaciones con respecto a los objetivos trazados, tomar decisiones y

realizar las acciones correctivas correspondientes". De acuerdo con la definición antes citada, a continuación, se recogen algunos indicadores típicos de la gestión del mantenimiento: Confiabilidad, Mantenibilidad y Disponibilidad mecánica.

Confiabilidad

Es la probabilidad de que las instalaciones, máquinas o equipos, se desempeñen satisfactoriamente sin fallar durante un periodo determinado, bajo condiciones específicas. El análisis de fallas suministra otra medida del desempeño de las máquinas, con el tiempo promedio entre fallas "MTBF", definido como:

$MTBF = \text{N}^\circ \text{ Horas de Operación} / \text{N}^\circ \text{ paradas correctivas}$.

Mantenibilidad

Es la probabilidad que una máquina, equipo o sistema pueda ser reparado en un periodo de tiempo dado, con la condición que su mantenimiento se realice de acuerdo a metodologías y recursos predeterminados. La mantenibilidad es una cualidad que caracteriza a una máquina, equipo o sistema en cuanto a su facilidad para realizarle mantenimiento, depende de su diseño y se asocia al Tiempo promedio para reparar "MTTR", definido como:

$MTTR = \text{Tiempo Total de Reparaciones Correctivas} / \text{N}^\circ \text{ Reparaciones Correctivas}$.

Disponibilidad Física

La disponibilidad Física es la proporción de tiempo durante la cual un sistema o equipo estuvo en condiciones de ser usado. Si se considera "HL" las horas laborales en la empresa, "PP" las horas de paradas programadas para mantenimientos preventivos, reparaciones programadas y "PR" horas de paradas por reparaciones o mantenimientos no programados, la disponibilidad mecánica resulta:

$$\% \text{ Disp. FISICA} = (TT - (MP + MNP + TNP)) \times 100 / TT = (TNOP + DOP + DONP + STANDBY) / TT$$

Donde:

TC o TT: Tiempo de un Periodo (Turno 12 horas, Día 24 horas)

TP: Tiempo programado de trabajo de un equipo.

TNP: Tiempo ocasionado por eventos externos.

TD: Tiempo que un equipo está disponible para ser usado.

TM: Tiempo que un equipo no está disponible para ser usado.

TO: Tiempo que un equipo tiene un operador asignado.

TNOP: Tiempo neto operativo.

DOP: Tiempo de demora operativa programada.

DONP: Tiempo de demora operativo no programado.

STANDBY: Tiempo que un equipo está disponible pero no es usado.

MP: Tiempo de mantenimiento programado.

MNP: Tiempo de mantenimiento no programado.

Utilización:

La disponibilidad no indica el porcentaje de tiempo que se está utilizando realmente una maquina esto se hace a través de la relación de utilización o uso de la disponibilidad.

La utilización proporciona una medida de cómo se utilizan eficientemente los equipos disponibles en una operación. Si las ratios para unidades individuales son bajos, problemas operacionales como:

- Pobre rendimiento de la máquina.
- Máquina incapaz de tarea asignada.
- Máquina ubicada en un área no programada para su uso.

Podría ser sugerido Por otro lado, podría simplemente reflejar

- La necesidad de cubrir un área de trabajo generalizada para la mezcla, etc...

- La decisión de retener equipos obsoletos pero utilizables como respaldo.
-

Los valores excesivamente altos podrían indicar una escasez de equipos o un exceso de operadores. Si es el primero, la avería del equipo podría llevar a un déficit de producción. Si es el último, el costo de mano de obra resultante por tonelada sería mayor. Se puede requerir agregar equipo o reprogramar.

$$\% \text{ Utilización} = (\text{TNOP} \times 100) / (\text{TT} - (\text{MP} + \text{MNP} + \text{TNP})) = \text{TNOP} \times 100 / (\text{TNOP} + \text{DOP} + \text{DONP} + \text{STANDBY})$$

TC o TT: Tiempo de un Periodo (Turno 12 horas, Día 24 horas)

TP: Tiempo programado de trabajo de un equipo.

TNP: Tiempo ocasionado por eventos externos.

TD: Tiempo que un equipo está disponible para ser usado.

TM: Tiempo que un equipo no está disponible para ser usado.

TO: Tiempo que un equipo tiene un operador asignado.

TNOP: Tiempo neto operativo.

DOP: Tiempo de demora operativa programada.

DONP: Tiempo de demora operativo no programado.

STANDBY: Tiempo que un equipo está disponible pero no es usado.

MP: Tiempo de mantenimiento programado.

MNP: Tiempo de mantenimiento no programado.

La productividad:

No existe actividad humana que no se beneficie con el aumento de la productividad.

En la actualidad no sería erróneo indicar que la productividad es la única fuente mundial importante de un crecimiento económico, un progreso social y un mejor nivel de vida reales.

La productividad determina asimismo en gran medida el grado de competitividad internacional de los productos de un país.

Una definición general de la productividad es la relación entre la producción obtenida por un sistema de producción o servicios y los recursos utilizados para obtenerla. Así pues, la productividad se define como el uso eficiente de recursos como el trabajo, capital, tierra, materiales, energía, información en la producción de diversos bienes y servicios. Una productividad mayor significa la obtención de más con la misma cantidad de recursos, o el logro de una mayor producción en volumen y calidad con el mismo insumo. Esto se suele representar con la fórmula:

$$\text{PRODUCTIVIDAD} = \text{PRODUCTO/INSUMOS}$$

En general la productividad podría considerarse como una medida global de la forma en que las organizaciones satisfacen criterios como: objetivos, eficiencia, eficacia y comparabilidad.

La productividad es actualmente mucho más que sola productividad del trabajo y debe tener en cuenta el aumento del costo de la energía de las materias primas, junto con la mayor preocupación por el desempleo y la calidad de la vida de trabajo.

La segunda idea falsa se relaciona con la posibilidad de medir el rendimiento simplemente por el producto. Este último puede aumentar sin un incremento de la productividad si por ejemplo los costos de insumos se han elevado en forma desproporcionada. Además, en los aumentos del producto en comparación con años anteriores se deben tener en cuenta los incrementos de los precios y la inflación. Ese enfoque se debe a menudo a que se adopta una orientación hacia los procesos, a costa de

prestar menos atención a los resultados finales, y esto es corriente en cualquier sistema burocrático.

El tercer problema está constituido por la confusión entre la productividad y la rentabilidad. En la vida real se pueden obtener beneficios debido a la recuperación de los precios, aun cuando la productividad haya descendido, A la inversa, una productividad elevada no siempre va acompañada de altos beneficios, puesto que los bienes que se producen con eficiencia no son forzosamente demandados.

De ahí se deduce un nuevo error que consiste en confundir la productividad con la eficiencia. Eficiencia significa producir bienes de alta calidad en el menor tiempo posible. Sin embargo, debe considerarse si esos bienes se necesitan.

Un quinto error es creer que las reducciones de los costos siempre mejoran la productividad. Cuando se llevan a cabo de manera indiscriminada, a la larga pueden empeorar la situación.

El mejoramiento de la productividad no consiste únicamente en hacer las cosas mejor, es más importante hacer mejor las cosas correctas.

Los principales factores de productividad son el puesto de trabajo, los recursos y el medio ambiente.

Como el principal interés aquí es el análisis económico de los factores de gestión más que los factores de productividad como tales, se sugiere una clasificación que ayudará a los directores y gerentes a distinguir los factores que pueden controlar. De esta manera, el número de factores que se han de analizar y en los que se ha de influir disminuye considerablemente. Una clasificación sugerida es de dos categorías principales de factores de productividad:

- Internos (controlables).
- Externos (no controlables).

Los Factores Internos se subdividen en factores duros y blandos. Los factores duros se subdividen en Producto, Planta y equipo, tecnología, materiales y energía.

Los factores blandos se subdividen en: personas, organización y sistemas, métodos de trabajo, estilos de dirección.

Los factores externos se subdividen en Ajustes estructurales, recursos naturales y administración pública e infraestructura. El factor de ajustes estructurales se subdivide en económicos y demográficos y sociales. El factor recursos humanos se subdivide en mano de obra, tierra, energía y materias primas. El factor administración pública e infraestructura se subdivide en mecanismos institucionales, políticas y estrategia, infraestructura y empresas públicas.

MARCO CONCEPTUAL

Para el cálculo de la producción en el Planeamiento Corto, Mediano y Largo Plazo se utilizan tres factores: La disponibilidad, la utilización y la productividad de los equipos de carguío. Para realizar un buen pronóstico de la producción estos factores no deben de variar en el tiempo, pero debido a factores propios de la operación estos varían y cambia el pronóstico ahí es donde esta direccionado esta investigación en identificar cuáles son estas demoras o estados que hacen que esto ocurra.

En el cálculo de estos factores intervienen varios equipos de trabajo el área de mantenimiento se encarga del cálculo de la disponibilidad, el área de operaciones mina de la utilización y la productividad, en este trabajo se va a identificar cuáles son los puntos que más incidencia tienen en la variación de estos factores y que tanto puede afectar su variabilidad en el cálculo de la producción que se realiza a un inicio.

CAPITULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Tipo de Investigación

El tipo de investigación será cuantitativo ya que el estudio será delimitado, concreto los datos serán analizados por métodos estadísticos.

Nivel de Investigación

El Nivel de la investigación será descriptivo y explicativo.

Diseño de la Investigación

El diseño de la investigación es no experimental ya que observarán situaciones ya existentes, no se manipularán las variables solo se analizarán.

El diseño de Investigación no experimental será transeccional o transversal y correlacionales-causales ya que los datos serán analizados en un solo momento de tiempo y se analizara la relación entre las variables que como la afecta la variación entre ellas.

Fuentes de recolección de datos

Los datos a analizar serán obtenidos de la base de datos generada por el sistema de seguimiento de equipos de mina DISPATCH. Estos serán filtrados realizando consultas

a través del software SQL. Luego los datos serán trabajados en software de estadística para el análisis de resultados.

3.2 Desarrollo del trabajo de tesis.

En todo proceso de fabricación de bienes o servicios estos se ven sometidos a una serie de actividades para alcanzar el estado final de producto terminado.

Sin embargo, puede ocurrir que, aunque el diseño de los componentes del producto sea bueno o el mantenimiento de las máquinas o activos sea el adecuado, exista cierta variabilidad de un producto a otro, motivado por una acumulación de causas fortuitas.

Siempre que se cumplan las expectativas marcadas, el sistema podrá considerarse estable y bajo control. **El control estadístico surgió** como una necesidad para vigilar y controlar dicha estabilidad, para así determinar cuándo las causas han dejado de ser fortuitas y deben considerarse causas asignables a algún punto y actividad del proceso.

Las siete herramientas para el mejoramiento de los procesos deben usarse con datos acumulados previamente: “Nosotros confiamos en Dios. Todos los demás deben usar datos”, dice W. E. Deming. Es fundamental y crítico basar cualquier análisis en datos exactos y oportunos.

La hoja de verificación es una antigua manera de acumular datos estadísticos y registrar dicha información para su uso posterior nosotros utilizaremos los datos que nos brinda el sistema de Despacho para poder realizar las comparaciones entre las disponibilidades, utilizaciones y las productividades.

- Las gráficas de control permiten saber si el proceso está o no bajo control y conocer la naturaleza de las variaciones con relación a los límites de control. Con ellos se pueden visualizar tendencias, estacionalidades, ciclos, carreras y otros. Existen gráficas de control para controlar atributos y variables, detectar los problemas o efectos, visualizar las formas de hacer entrar en control el proceso.

- El diagrama causa-efecto sirve para evaluar las causas que han originado los problemas o efectos detectados en algunos de los atributos o variables. Las ramas del diagrama pueden ser los recursos o aspectos relevantes para el análisis. Es una herramienta para generar ideas y hacer un análisis exhaustivo de las posibles causas y sub causas que podían generar un problema o efecto dado. Enseña y ayuda a evitar las causas de los problemas.
- El diagrama de Pareto agrupa en barras las posibles causas detectadas en el diagrama causa-efecto y lo hace por orden de importancia de manera descendente. Ayuda a concentrar esfuerzos en los problemas principales. El diagrama maneja dos ejes verticales, en cantidades absolutas y en porcentajes simple y acumulativo.
- El diagrama de dispersión evalúa la relación entre las posibles causas del problema en el eje horizontal y su efecto en el eje vertical. Se trata de evaluar algún tipo de correlación (r) causal entre ambas variables.
- El diagrama de tendencia muestra la evolución de la característica bajo análisis en el eje vertical con relación al tiempo en el eje horizontal. Se busca determinar el comportamiento de la característica en el tiempo.
- Los histogramas ayudan a evaluar la frecuencia con que se presentan los problemas o los datos que interesa estudiar. Se forman barras divididas en clases de igual ancho. La altura de cada barra indica las veces que se presenta el problema o datos y ayuda a evaluar la dispersión en función a alguna medida de tendencia central.

Desarrollo del análisis

Gestión de Mantenimiento:

Antes de comenzar con el desarrollo del análisis de los indicadores vamos a revisar cómo está definida la distribución del tiempo para el cálculo de los indicadores, esta distribución muchas veces varía sutilmente en diferentes compañías mineras, para nuestro caso la distribución mostrada en la tabla N°1 es la que manejaremos, esta distribución surge del análisis de expertos en el cálculo de indicadores mineros.

Tabla 1. Muestra la distribución del tiempo para el cálculo de los indicadores.

TIEMPO CALENDARIO(TC) o TOTAL(TT)							
Tiempo Programado(TP)					Tiempo No Programado (TNP)		
Tiempo Disponible(TD)				Tiempo de Mantenimiento(TM)			
Tiempo de Operación(TO)			Stand By	MP			MNP
TNOP	DOP	DONP					

TC o TT	Tiempo de un Periodo (Turno 12 horas, Día 24 Horas etc)
TP	Tiempo Programado de Trabajo de un Equipo
TNP	Tiempo Ocasionado por Eventos Externos
TD	Tiempo que un equipo está Disponible para ser usado
TM	Tiempo que un equipo no está Disponible para ser usado
TO	Tiempo que un Equipo tiene un operador Asignado
TNOP	Tiempo Neto Operativo
DOP	Tiempo de Demora Operativa Programada
DONP	Tiempo de Demora Operativa No Programada
Stand By	Tiempo que un equipo está Disponible pero no es usado
MP	Tiempo de Mantenimiento Programado
MNP	Tiempo de Mantenimiento No Programado

Fuente: Gerencia de Ingeniería Mina - Área de DISPATCH.

Desarrollo del cálculo de MTBF:

En la recopilación de datos para el cálculo del MTBF, MTTR y la disponibilidad se utiliza el sistema DISPATCH el cual genera una base de datos. Los datos han sido tomados del sistema durante todo el presente año, estos datos están siendo divididos por semanas las cuales son las mismas que se utilizan para realizar el plan de minado, estas semanas se cuentan a partir de un miércoles hasta el martes de la siguiente semana por ejemplo la “semana 02” de presente año fue del 03 al 09 de enero del 2018, de la base de datos del sistema se calcula los indicadores por semanas para cada flota de camiones mineros, actualmente tenemos 54 camiones mineros de diferentes flotas, 23 de la flota “CATERPILLAR 797F”, 09 de la flota “KOMATSU 930E”, 11 de la flota “KOMATSU 830E” y 11 de la flota “CATERPILLAR 793D”. Nosotros sabemos por la teoría que a mayor MTBF también aumente la disponibilidad de los equipos entonces como veremos más adelante el valor de MTBF de la flota Cat797F está por debajo de las demás flotas y siendo esta flota de camiones las que tenemos más en la mina (23 camiones) nos afecta considerablemente en la producción minera.

Tabla 2. Muestra el resumen del cálculo del MTBF

FLOTA	MTBF
CAT797F	58.4
CAT793D	64.89
KOM830EDC	76.05
KOM930E	68.28

Fuente: Realización propia con datos recopilados de la investigación, MTBF (es el tiempo medio entre fallas), tipos de camiones mineros: Cat797F, Cat793D, Kom830E, Kom930E.

Tabla 3. Muestra los datos de MTBF divididos por semana y por flota.

FLOTA 797F			FLOTA 930E			FLOTA 793D			FLOTA 830E		
Semana	Número Camiones	MTBF	Semana	Número Camiones	MTBF	Semana	Número Camiones	MTBF	Semana	Número Camiones	MTBF
2	21	37.1	2	9	50.0	2	11	48.3	2	11	62.2
3	21	61.1	3	9	100.2	3	11	76.7	3	11	76.2
4	21	51.5	4	9	86.7	4	11	49.2	4	11	72.8
5	21	58.0	5	9	78.0	5	11	56.2	5	11	63.7
6	21	48.2	6	9	69.9	6	11	86.0	6	10	63.3
7	21	46.4	7	9	91.5	7	11	56.0	7	10	39.5
8	21	70.6	8	9	68.7	8	11	59.0	8	10	41.7
9	20	42.6	9	9	47.3	9	11	65.1	9	10	77.8
10	21	47.8	10	9	48.8	10	11	56.6	10	10	121.9
11	21	31.7	11	9	36.2	11	11	8.6	11	10	65.3
12	21	53.2	12	9	64.5	12	11	48.5	12	10	75.4
13	21	62.7	13	9	45.2	13	11	35.7	13	10	96.9
14	21	29.9	14	9	48.7	14	11	66.0	14	10	49.0
15	21	51.5	15	9	64.2	15	11	62.7	15	10	69.2
16	21	55.3	16	9	71.2	16	11	68.3	16	10	110.4
17	21	52.4	17	9	81.3	17	11	42.5	17	10	66.1
18	21	74.5	18	8	52.6	18	11	63.3	18	10	75.5
19	21	56.8	19	9	69.7	19	11	44.3	19	10	98.6
20	21	66.4	20	9	80.4	20	11	64.7	20	11	83.8
21	21	65.2	21	9	60.7	21	11	60.9	21	11	78.8
22	20	77.1	22	9	58.4	22	11	70.4	22	11	113.1
23	21	65.7	23	9	60.8	23	11	108.1	23	11	84.3
24	22	50.6	24	8	65.5	24	11	92.3	24	11	69.7
25	23	58.0	25	9	74.9	25	11	66.5	25	11	93.1
26	23	67.9	26	9	54.9	26	11	51.3	26	11	72.8
27	23	64.4	27	9	89.8	27	11	76.0	27	11	68.2
28	23	61.0	28	9	72.6	28	11	69.7	28	11	84.1
29	23	67.8	29	9	74.0	29	11	90.2	29	11	75.4
30	23	52.4	30	9	84.4	30	11	70.9	30	11	77.6
31	23	52.4	31	9	96.4	31	11	68.9	31	11	87.6
32	23	70.4	32	9	70.9	32	11	60.7	32	11	106.1
33	23	74.8	33	9	113.8	33	11	74.9	33	11	71.0
34	23	48.4	34	9	66.5	34	11	60.7	34	11	65.7
35	23	74.5	35	9	84.7	35	11	61.6	35	11	102.6
36	23	57.9	36	9	101.5	36	11	78.6	36	11	75.3
37	23	64.6	37	9	58.7	37	11	63.9	37	11	66.3
38	23	59.6	38	9	102.1	38	11	55.2	38	11	67.0
39	23	51.4	39	9	65.4	39	11	48.6	39	11	97.6
40	23	52.3	40	9	55.3	40	11	58.0	40	11	93.0
41	23	66.7	41	9	58.2	41	11	77.5	41	11	91.7
42	23	63.1	42	9	58.9	42	11	69.5	42	11	117.9
43	23	60.3	43	9	58.3	43	11	64.6	43	11	58.7
44	23	58.6	44	9	73.5	44	11	51.3	44	11	46.1

Fuente: Realización propia con datos recopilados de la investigación, MTBF (es el tiempo medio entre fallas), tipos de camiones mineros: Cat797F, Cat793D, Kom830E, Kom930E, semana: año 2018.

Desarrollo del cálculo de MTTR, similar al análisis del MTBF el MTTR se calculó a partir de los datos de la base de datos que se maneja analizaremos en mayor medida las flotas Cat797 y Kom930 por ser las de mayor número y capacidad de tolva.

La Tabla 2 muestra el resumen del MTTR a través de todo el presente año separado por semanas.

Tabla 4. Muestra los datos de MTTR divididos por semana y por flota.

FLOTA	797F		FLOTA	930E		FLOTA	793D		FLOTA	830E	
Semana	Número Camiones	MTTR	Semana	Número Camiones	MTTR	Semana	Número Camiones	MTTR	Semana	Número Camiones	MTTR
2	21	3.5	2	9	1.9	2	11	4.8	2	11	2.4
3	21	4.4	3	9	5.9	3	11	3.0	3	11	1.2
4	21	3.5	4	9	5.0	4	11	2.5	4	11	1.8
5	21	5.5	5	9	2.9	5	11	3.3	5	11	4.2
6	21	4.5	6	9	2.1	6	11	4.5	6	10	1.4
7.0	21.0	6.8	7.0	9.0	5.1	7.0	11.0	7.2	7.0	10.0	2.7
8.0	21.0	3.1	8.0	9.0	2.1	8.0	11.0	3.4	8.0	10.0	2.1
9.0	20.0	11.1	9.0	9.0	3.1	9.0	11.0	2.9	9.0	10.0	1.9
10.0	21.0	3.8	10.0	9.0	2.8	10.0	11.0	20.6	10.0	10.0	2.5
11.0	21.0	3.2	11.0	9.0	4.5	11.0	11.0	5.9	11.0	10.0	2.7
12.0	21.0	2.3	12.0	9.0	10.4	12.0	11.0	10.1	12.0	10.0	4.0
13.0	21.0	3.2	13.0	9.0	25.9	13.0	11.0	5.6	13.0	10.0	3.0
14.0	21.0	3.7	14.0	9.0	3.6	14.0	11.0	3.6	14.0	10.0	4.5
15.0	21.0	4.1	15.0	9.0	16.0	15.0	11.0	2.5	15.0	10.0	2.3
16.0	21.0	4.1	16.0	9.0	8.9	16.0	11.0	2.0	16.0	10.0	1.3
17.0	21.0	2.5	17.0	9.0	12.3	17.0	11.0	6.9	17.0	10.0	1.3
18.0	21.0	3.0	18.0	8.0	35.6	18.0	11.0	4.5	18.0	10.0	2.3
19.0	21.0	1.8	19.0	9.0	9.8	19.0	11.0	1.5	19.0	10.0	1.8
20.0	21.0	4.3	20.0	9.0	6.2	20.0	11.0	2.6	20.0	11.0	1.5
21.0	21.0	5.4	21.0	9.0	3.1	21.0	11.0	3.1	21.0	11.0	3.7
22.0	20.0	4.5	22.0	9.0	8.4	22.0	11.0	1.9	22.0	11.0	3.5
23.0	21.0	2.9	23.0	9.0	4.2	23.0	11.0	2.1	23.0	11.0	5.7
24.0	22.0	2.8	24.0	8.0	3.3	24.0	11.0	4.7	24.0	11.0	1.6
25.0	23.0	4.7	25.0	9.0	6.9	25.0	11.0	5.0	25.0	11.0	2.0
26.0	23.0	2.6	26.0	9.0	7.2	26.0	11.0	4.6	26.0	11.0	1.4
27.0	23.0	3.5	27.0	9.0	2.7	27.0	11.0	2.6	27.0	11.0	4.9
28.0	23.0	2.9	28.0	9.0	1.5	28.0	11.0	2.7	28.0	11.0	3.1
29.0	23.0	4.2	29.0	9.0	5.0	29.0	11.0	2.4	29.0	11.0	5.5
30.0	23.0	3.3	30.0	9.0	2.1	30.0	11.0	3.3	30.0	11.0	3.1
31.0	23.0	5.3	31.0	9.0	5.6	31.0	11.0	1.3	31.0	11.0	2.6
32.0	23.0	3.6	32.0	9.0	11.5	32.0	11.0	6.3	32.0	11.0	2.6
33.0	23.0	3.7	33.0	9.0	10.7	33.0	11.0	3.1	33.0	11.0	2.2
34.0	23.0	3.2	34.0	9.0	6.3	34.0	11.0	2.5	34.0	11.0	1.9
35.0	23.0	5.5	35.0	9.0	3.9	35.0	11.0	2.9	35.0	11.0	2.2
36.0	23.0	3.1	36.0	9.0	2.8	36.0	11.0	1.4	36.0	11.0	1.2
37.0	23.0	4.8	37.0	9.0	6.4	37.0	11.0	1.9	37.0	11.0	3.3
38.0	23.0	2.3	38.0	9.0	3.2	38.0	11.0	2.4	38.0	11.0	3.0
39.0	23.0	2.7	39.0	9.0	4.0	39.0	11.0	1.7	39.0	11.0	4.1
40.0	23.0	2.2	40.0	9.0	4.4	40.0	11.0	2.1	40.0	11.0	1.4
41.0	23.0	2.0	41.0	9.0	1.9	41.0	11.0	3.3	41.0	11.0	7.2
42.0	23.0	1.9	42.0	9.0	14.0	42.0	11.0	3.1	42.0	11.0	2.6
43.0	23.0	2.9	43.0	9.0	3.5	43.0	11.0	7.5	43.0	11.0	3.9
44.0	23.0	3.4	44.0	9.0	3.3	44.0	11.0	2.9	44.0	11.0	4.5

Fuente: Realización propia con datos recopilados de la investigación, MTTR (es el tiempo medio hasta haber reparado la avería), tipos de camiones mineros: Cat797F, Cat793D, Kom830E, Kom930E, semana: año 2018.

Realizando histogramas para calcular los valores promedios de MTTR para cada flota de camión se obtiene el Tabla 5.

Tabla 5. Muestra el resumen del cálculo del MTTR

FLOTA	MTTR
CAT797F	3.51
CAT793D	3.45
KOM830EDC	2.74
KOM930E	5.31

Fuente: Realización propia con datos recopilados de la investigación, MTTR (es el tiempo medio hasta haber reparado la avería), tipos de camiones mineros: Cat797F, Cat793D, Kom830E, Kom930E.

DESARROLLO DEL CÁLCULO DE LA DISPONIBILIDAD,

Para el análisis de las disponibilidades también se utilizó la base de datos del sistema DISPATCH tal como se muestra en la Tabla N°6 y se utilizó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Disp. FISICA} = (TT - (MP + MNP + TNP)) \times 100 / TT = (TNOP + DOP + DONP + STANDBY) / TT$$

Donde:

TC o TT: Tiempo de un Periodo (Turno 12 horas, Día 24 horas)

TP: Tiempo programado de trabajo de un equipo.

TNP: Tiempo ocasionado por eventos externos.

TD: Tiempo que un equipo está disponible para ser usado.

TM: Tiempo que un equipo no está disponible para ser usado.

TO: Tiempo que un equipo tiene un operador asignado.

TNOP: Tiempo neto operativo.

DOP: Tiempo de demora operativa programada.

DONP: Tiempo de demora operativo no programado.

STANDBY: Tiempo que un equipo está disponible pero no es usado.

MP: Tiempo de mantenimiento programado.

MNP: Tiempo de mantenimiento no programado.

Esta fórmula toma la distribución de tiempo que hemos definido en el Tabla1, también está separado por semanas y por flota para poder ver su variación durante todo el presente año.

Tabla 6. Muestra los datos de disponibilidad divididos por semana y por flota.

FLOTA 797F			FLOTA 930E			FLOTA 793D			FLOTA 830E		
Semana	Número Camiones	% DISP.	Semana	Número Camiones	% DISP.	Semana	Número Camiones	% DISP.	Semana	Número Camiones	% DISP.
2	21	85.4	2	9	89.6	2	11	86.2	2	11	90.6
3	21	86.3	3	9	87.3	3	11	89.6	3	11	91.0
4	21	87.3	4	9	92.3	4	11	86.5	4	11	91.0
5	21	82.5	5	9	92.2	5	11	90.2	5	11	91.7
6	21	82.8	6	9	92.8	6	11	89.6	6	10	94.3
7	21	83.5	7	9	92.4	7	11	81.6	7	10	91.0
8	21	89.0	8	9	88.0	8	11	86.4	8	10	92.4
9	20	81.9	9	9	83.2	9	11	91.5	9	10	92.1
10	21	84.3	10	9	91.7	10	11	80.5	10	10	97.6
11	21	82.8	11	9	88.7	11	11	78.5	11	10	95.1
12	21	85.6	12	9	82.6	12	11	80.7	12	10	91.3
13	21	86.2	13	9	76.7	13	11	81.6	13	10	91.6
14	21	79.2	14	9	89.4	14	11	85.7	14	10	87.9
15	21	83.4	15	9	81.6	15	11	93.5	15	10	90.2
16	21	85.2	16	9	88.5	16	11	91.0	16	10	94.3
17	21	87.4	17	9	88.2	17	11	76.6	17	10	91.4
18	21	90.3	18	8	75.4	18	11	86.4	18	10	95.2
19	21	87.2	19	9	80.9	19	11	89.3	19	10	93.5
20	21	85.5	20	9	89.3	20	11	89.1	20	11	94.1
21	21	87.0	21	9	86.5	21	11	88.9	21	11	89.8
22	20	85.8	22	9	81.8	22	11	89.4	22	11	95.4
23	21	86.1	23	9	91.2	23	11	90.2	23	11	84.8
24	22	85.9	24	8	94.9	24	11	84.2	24	11	92.7
25	23	86.0	25	9	93.4	25	11	80.0	25	11	90.0
26	23	88.5	26	9	85.7	26	11	84.1	26	11	96.5
27	23	88.4	27	9	86.2	27	11	86.4	27	11	91.4
28	23	87.0	28	9	92.2	28	11	87.5	28	11	90.4
29	23	85.0	29	9	91.5	29	11	94.4	29	11	77.0
30	23	86.5	30	9	91.7	30	11	85.1	30	11	94.9
31	23	86.3	31	9	87.1	31	11	91.1	31	11	95.6
32	23	87.0	32	9	82.4	32	11	87.1	32	11	95.0
33	23	89.2	33	9	91.9	33	11	93.5	33	11	88.0
34	23	88.8	34	9	85.6	34	11	89.5	34	11	93.7
35	23	83.7	35	9	93.2	35	11	79.7	35	11	96.3
36	23	87.4	36	9	93.5	36	11	89.4	36	11	92.6
37	23	87.5	37	9	80.9	37	11	93.5	37	11	90.3
38	23	89.1	38	9	91.8	38	11	82.6	38	11	93.3
39	23	89.1	39	9	87.5	39	11	86.3	39	11	94.9
40	23	89.1	40	9	87.1	40	11	90.9	40	11	93.6
41	23	92.0	41	9	93.3	41	11	89.8	41	11	89.3
42	23	91.4	42	9	78.6	42	11	90.5	42	11	95.6
43	23	90.4	43	9	87.6	43	11	86.2	43	11	90.5
44	23	87.1	44	9	89.5	44	11	82.0	44	11	89.4

Fuente: Realización propia con datos recopilados de la investigación, Disp. (Es el indicador que nos indica cuanto tiempo ha estado disponible un equipo en base a un periodo de tiempo), tipos de camiones mineros: Cat797F, Cat793D, Kom830E, Kom930E, semana: año 2018.

Al igual que en los casos anteriores se realizan histogramas para calcular los valores promedios por flota, estos están mostrados en la Tabla7.

Tabla 7. Muestra el resumen del cálculo de las Disponibilidades.

FLOTA	DISPO.
CAT797F	86.69
CAT793D	86.91
KOM830EDC	91.25
KOM930E	88.10

Fuente: Realización propia con datos recopilados de la investigación, Disp. (Es el indicador que nos indica cuanto tiempo ha estado disponible un equipo en base a un periodo de tiempo), tipos de camiones mineros: Cat797F, Cat793D, Kom830E, Kom930E.

DESARROLLO DEL CÁLCULO DE LA UTILIZACIÓN:

En este punto del cálculo de la utilización se trabajó con la base de datos del sistema DISPATCH.

En el cálculo de la utilización se utilizó la siguiente formula:

$$\% \text{ Utilización} = (\text{TNOP} \times 100) / (\text{TT} - (\text{MP} + \text{MNP} + \text{TNP})) = \text{TNOP} \times 100 / (\text{TNOP} + \text{DOP} + \text{DONP} + \text{STANDBY})$$

Donde:

TC o TT: Tiempo de un Periodo (Turno 12 horas, Día 24 horas)

TP: Tiempo programado de trabajo de un equipo.

TNP: Tiempo ocasionado por eventos externos.

TD: Tiempo que un equipo está disponible para ser usado.

TM: Tiempo que un equipo no está disponible para ser usado.

TO: Tiempo que un equipo tiene un operador asignado.

TNOP: Tiempo neto operativo.

DOP: Tiempo de demora operativa programada.

DONP: Tiempo de demora operativo no programado.

STANDBY: Tiempo que un equipo está disponible pero no es usado.

MP: Tiempo de mantenimiento programado.

MNP: Tiempo de mantenimiento no programado.

Tabla 8. Muestra los datos de utilización divididos por semana y por flota.

FLOTA 797F			FLOTA 930E			FLOTA 793D			FLOTA 830E		
Semana	Número Camiones	UE %-Real	Semana	Número Camiones	UE %-Real	Semana	Número Camiones	UE %-Real	Semana	Número Camiones	UE %-Real
2	21	88.8	2	9	86.1	2	11	89.2	2	11	89.9
3	21	88.5	3	9	86.3	3	11	89.6	3	11	88.7
4	21	88.1	4	9	85.9	4	11	88.7	4	11	87.9
5	21	85.3	5	9	84.4	5	11	87.6	5	11	86.2
6	21	88.3	6	9	87.3	6	11	88.8	6	10	88.7
7	21	86.4	7	9	85.2	7	11	89.8	7	10	88.2
8	21	87.2	8	9	86.2	8	11	87.4	8	10	87.4
9	20	86.6	9	9	84.2	9	11	87.4	9	10	87.3
10	21	84.8	10	9	84.4	10	11	86.4	10	10	85.8
11	21	88.4	11	9	86.0	11	11	89.6	11	10	90.2
12	21	86.7	12	9	85.6	12	11	86.6	12	10	88.5
13	21	87.7	13	9	85.0	13	11	85.3	13	10	89.2
14	21	87.8	14	9	87.0	14	11	86.8	14	10	88.8
15	21	89.1	15	9	85.8	15	11	84.4	15	10	86.4
16	21	86.7	16	9	86.1	16	11	84.0	16	10	88.0
17	21	84.7	17	9	85.2	17	11	89.0	17	10	88.1
18	21	84.1	18	8	85.2	18	11	86.5	18	10	87.6
19	21	88.3	19	9	86.3	19	11	87.7	19	10	88.5
20	21	87.9	20	9	85.2	20	11	88.3	20	11	88.6
21	21	88.2	21	9	86.8	21	11	88.8	21	11	89.0
22	20	87.5	22	9	86.6	22	11	89.1	22	11	89.7
23	21	87.9	23	9	86.4	23	11	89.3	23	11	89.7
24	22	88.1	24	8	87.2	24	11	90.0	24	11	89.3
25	23	84.5	25	9	85.2	25	11	87.7	25	11	88.6
26	23	84.3	26	9	83.7	26	11	85.4	26	11	86.0
27	23	83.9	27	9	82.6	27	11	87.6	27	11	86.2
28	23	86.9	28	9	84.7	28	11	83.2	28	11	85.7
29	23	86.8	29	9	85.7	29	11	86.6	29	11	88.7
30	23	86.0	30	9	85.3	30	11	84.5	30	11	85.0
31	23	86.3	31	9	84.8	31	11	85.1	31	11	85.1
32	23	84.9	32	9	84.7	32	11	82.6	32	11	80.5
33	23	85.7	33	9	84.8	33	11	85.9	33	11	79.1
34	23	80.7	34	9	80.2	34	11	81.8	34	11	77.3
35	23	85.5	35	9	85.0	35	11	87.3	35	11	86.3
36	23	84.7	36	9	84.4	36	11	86.2	36	11	83.2
37	23	83.0	37	9	82.3	37	11	86.7	37	11	87.9
38	23	84.2	38	9	83.9	38	11	87.7	38	11	85.9
39	23	84.0	39	9	84.3	39	11	88.8	39	11	89.4
40	23	84.6	40	9	84.8	40	11	89.3	40	11	88.6
41	23	86.4	41	9	86.3	41	11	89.8	41	11	89.6
42	23	86.2	42	9	87.1	42	11	88.6	42	11	90.0
43	23	85.7	43	9	85.8	43	11	88.9	43	11	89.7
44	23	85.2	44	9	85.0	44	11	88.6	44	11	83.6

Fuente: Realización propia con datos recopilados de la investigación, UE. (Es el indicador que nos indica cuanto tiempo está siendo usado un equipo en base a un periodo de tiempo), tipos de camiones mineros: Cat797F, Cat793D, Kom830E, Kom930E, semana: año 2018.

Como se observa el tiempo de las demoras operativas no programadas y el standby son dos factores que reducen nuestra utilización, nos detendremos a analizar estos dos aspectos y los analizaremos mediante graficas de Pareto mes por mes durante todo el año.

DESARROLLO DEL CÁLCULO DE LA PRODUCTIVIDAD:

Para el análisis de la productividad de los equipos vamos a separarlos también por semanas, se sabe por lo ya explicado anteriormente que se tiene 54 camiones mineros, la productividad tiene que ver mucho con la capacidad de tolva de cada camión y el ciclo de acarreo que tiene, la capacidad de tolva se muestra en la Tabla 9.

Productividad = (Capacidad de carga del camión) / (tiempo de ciclo de acarreo)

Tabla 9. Muestra el resumen de la cantidad de camiones y sus capacidades de carguío.

FLOTA	CANTIDAD	CAPACIDAD
CAT797F	23	363 TMH
CAT793D	9	290 TMH
KOM830EDC	11	225 TMH
KOM930E	11	210 TMH

Fuente: Realización propia con datos recopilados de la investigación, tipos de camiones mineros: Cat797F, Cat793D, Kom830E, Kom930E.

Tabla 10. Muestra los datos de las productividades promedio por semana y por flota.

FLOTA	797F		930E		793D		830E	
Semana	Número Camiones	Productividad TMS/Hr	Número Camiones	Productividad TMS/Hr	Número Camiones	Productividad TMS/Hr	Número Camiones	Productividad TMS/Hr
2	21	505.8	9	351.9	11	347.8	11	415.8
3	21	514.4	9	331.3	11	347.8	11	403.1
4	21	542.6	9	417.8	11	331.9	11	397.6
5	21	524.7	9	404.9	11	336.9	11	367.0
6	21	531.5	9	358.4	11	331.1	10	377.7
7	21	495.9	9	331.3	11	288.2	10	339.5
8	21	499.2	9	343.1	11	267.0	10	362.3
9	20	539.7	9	330.3	11	288.9	10	366.9
10	21	511.7	9	332.4	11	268.6	10	367.2
11	21	477.2	9	333.3	11	302.6	10	425.6
12	21	497.4	9	437.4	11	331.5	10	354.5
13	21	504.1	9	391.4	11	323.1	10	410.8
14	21	568.6	9	418.9	11	322.7	10	408.1
15	21	616.4	9	406.4	11	330.6	10	432.2
16	21	587.2	9	427.0	11	273.4	10	399.1
17	21	541.8	9	370.0	11	281.6	10	398.2
18	21	551.4	8	438.8	11	299.5	10	375.1
19	21	613.1	9	311.5	11	340.7	10	400.2
20	21	671.1	9	422.8	11	299.2	11	395.5
21	21	733.5	9	366.7	11	390.5	11	432.8
22	20	712.6	9	465.2	11	424.5	11	400.5
23	21	664.2	9	478.5	11	401.3	11	391.2
24	22	650.3	8	534.3	11	406.0	11	407.7
25	23	686.5	9	449.7	11	386.2	11	388.9
26	23	696.8	9	539.4	11	398.0	11	381.3
27	23	598.5	9	451.8	11	362.7	11	350.6
28	23	635.3	9	475.8	11	379.0	11	369.6
29	23	636.2	9	489.1	11	363.9	11	375.1
30	23	661.8	9	485.6	11	356.0	11	359.0
31	23	633.8	9	479.2	11	360.9	11	359.2
32	23	685.8	9	506.2	11	373.6	11	397.8
33	23	627.6	9	487.8	11	369.3	11	363.6
34	23	625.4	9	484.0	11	369.5	11	361.5
35	23	696.4	9	445.3	11	383.7	11	373.9
36	23	644.2	9	466.4	11	376.0	11	385.8
37	23	569.9	9	442.2	11	351.0	11	349.4
38	23	585.1	9	438.1	11	394.7	11	368.9
39	23	595.3	9	464.1	11	353.3	11	368.0
40	23	594.4	9	440.4	11	356.8	11	352.9
41	23	552.7	9	422.6	11	327.7	11	330.1
42	23	610.5	9	465.1	11	371.7	11	380.8
43	23	597.0	9	438.7	11	348.6	11	429.0
44	23	597.4	9	444.3	11	383.7	11	392.7

Fuente: Realización propia con datos recopilados de la investigación, Productividad. (Es división entre la capacidad de carguío de un camión entre el ciclo de acarreo en una hora), tipos de camiones mineros: Cat797F, Cat793D, Kom830E, Kom930E, semana: año 2018.

CAPITULO IV

RESULTADOS DE LA INVESTIGACION

4.1 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN:

Para el análisis del MTBF y MTTR vamos a realizar gráficas para ver su variación durante todo el año, los datos estarán divididos por semanas. Esto porque no se cuenta con un valor objetivo para estos dos factores pero que hemos visto conveniente analizar para poder fijar objetivos semanales.

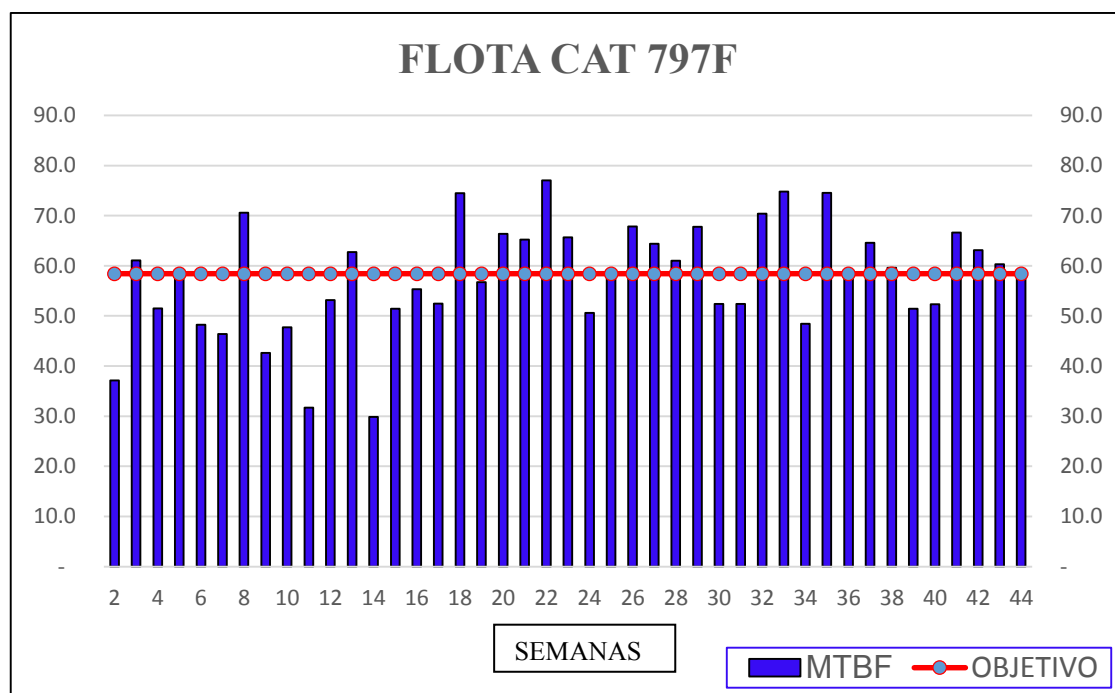


Figura 1. Muestra la evolución del MTBF por semanas para la flota Caterpillar 797F.

Fuente: Realización propia con datos recopilados de la investigación, MTBF (es el tiempo medio entre fallas), semanas pertenecientes al año 2018.

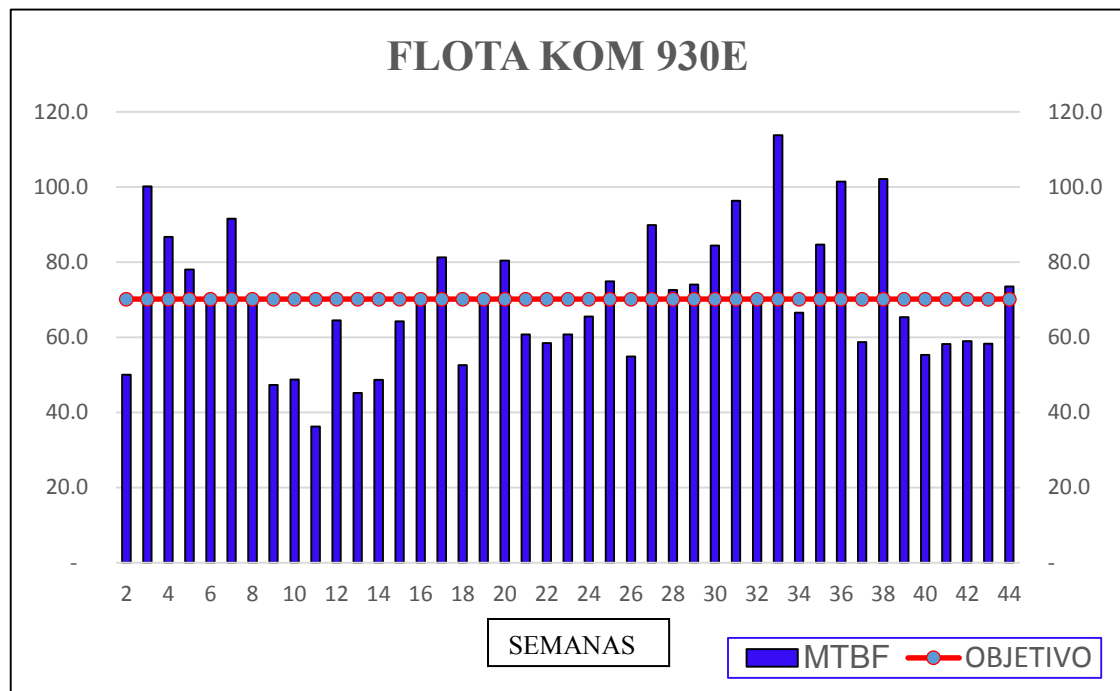


Figura 2. Muestra la evolución del MTBF por semanas para la flota Komatsu 930E.

Fuente: Realización propia con datos recopilados de la investigación, MTBF (es el tiempo medio entre fallas), semanas pertenecientes al año 2018.

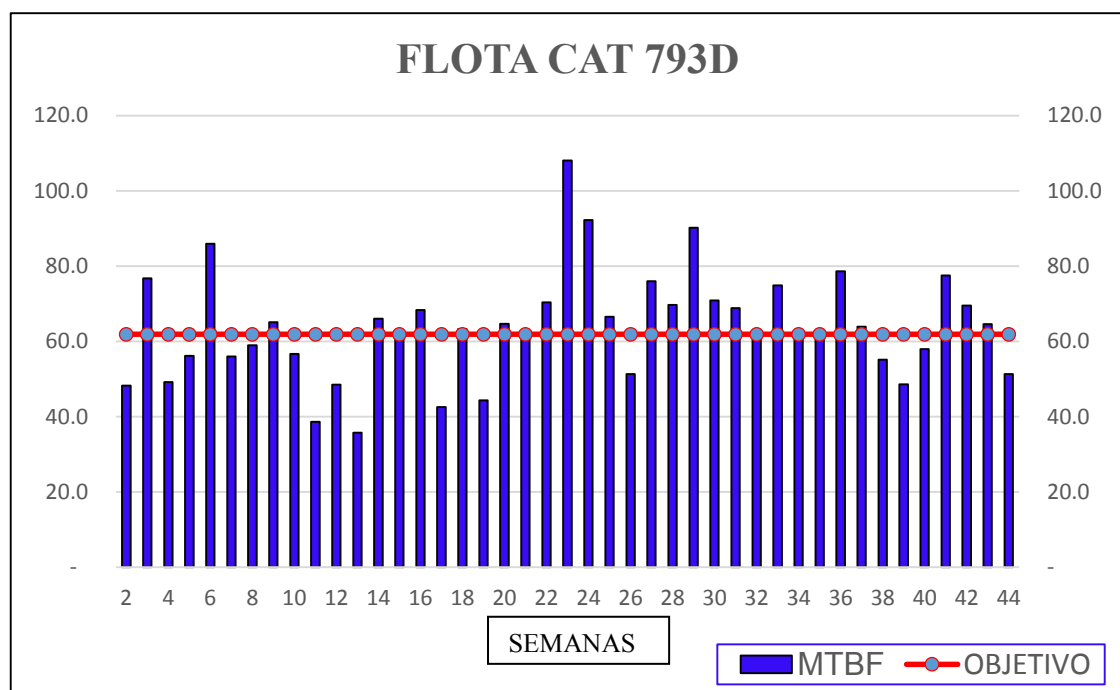


Figura 3. Muestra la evolución del MTBF por semanas para la flota Caterpillar 793D.

Fuente: Realización propia con datos recopilados de la investigación, MTBF (es el tiempo medio entre fallas), semanas pertenecientes al año 2018.

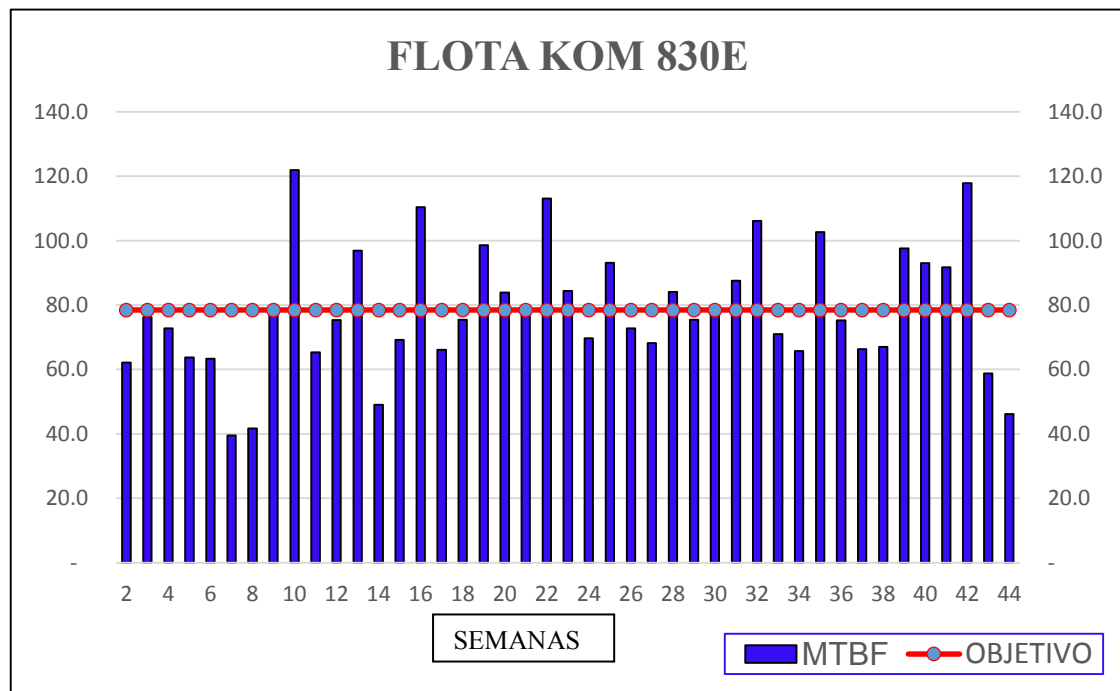


Figura 4. Muestra la evolución del MTBF por semanas para la flota Komatsu 830E.

Fuente: Realización propia con datos recopilados de la investigación, MTBF (es el tiempo medio entre fallas), semanas pertenecientes al año 2018.

- Igualmente, para el análisis del MTTR se realizan gráficas para observar su variación durante todo el año, también separado por semanas teniendo unos valores promedio de 3.5 para la flota Cat797F, de 3.45 para la flota Cat793D, de 2.74 para la flota Kom830E y de 5.31 para la flota Kom930E.

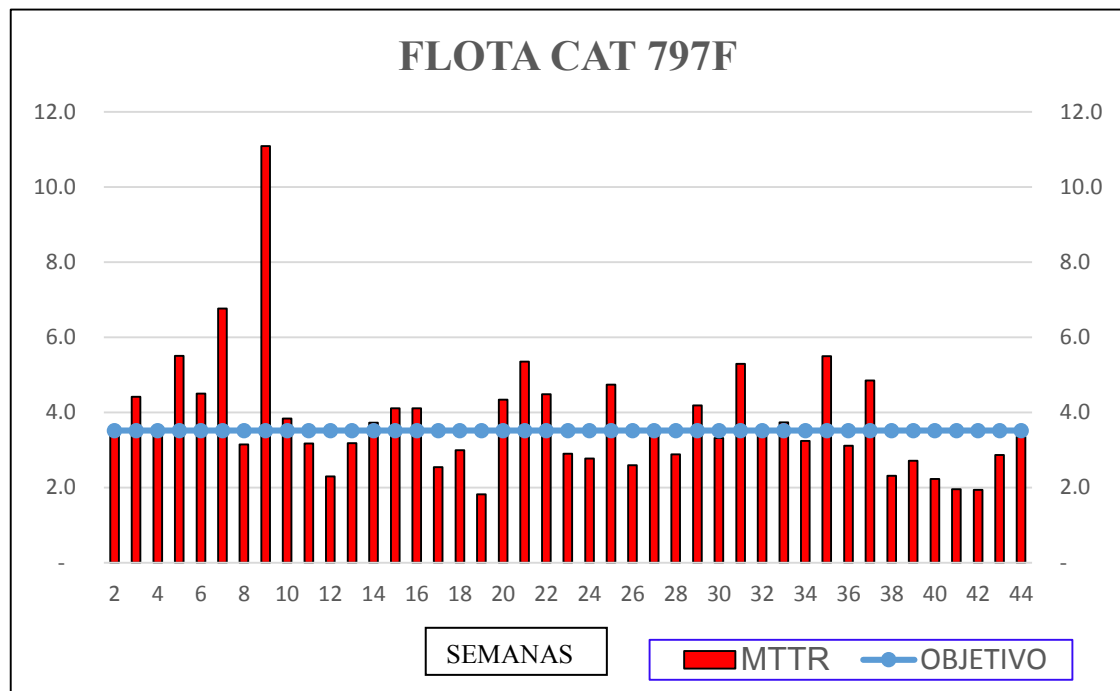


Figura 5. Muestra la evolución del MTTR por semanas para la flota Caterpillar 797F.

Fuente: Realización propia con datos recopilados de la investigación, MTTR (es el tiempo medio hasta haber reparado la avería), semanas pertenecientes al año 2018.

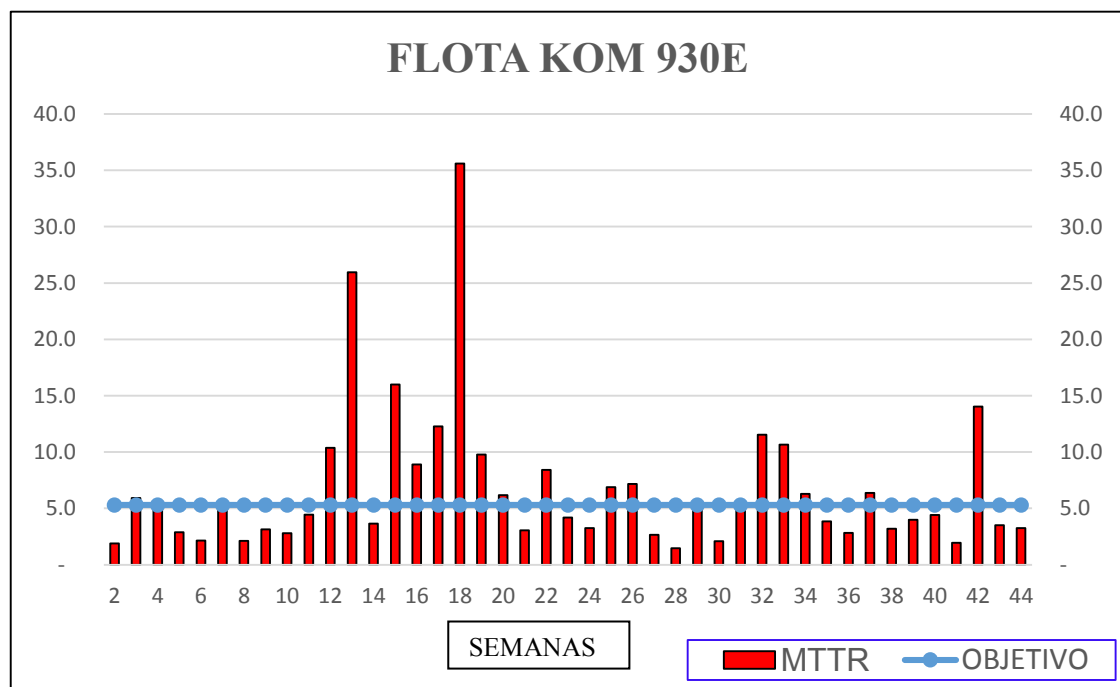


Figura 6. Muestra la evolución del MTTR por semanas para la flota Komatsu 930E.

Fuente: Realización propia con datos recopilados de la investigación, MTTR (es el tiempo medio hasta haber reparado la avería), semanas pertenecientes al año 2018.

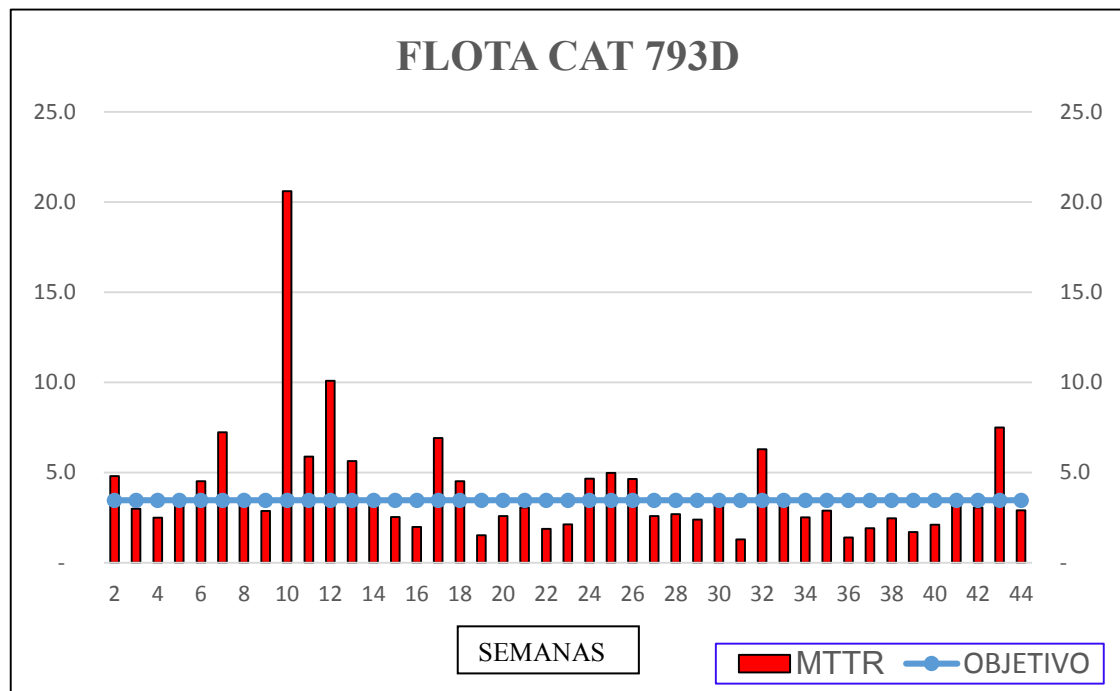


Figura 7. Muestra la evolución del MTTR por semanas para la flota Caterpillar 793D. Fuente: Realización propia con datos recopilados de la investigación, MTTR (es el tiempo medio hasta haber reparado la avería), semanas pertenecientes al año 2018.

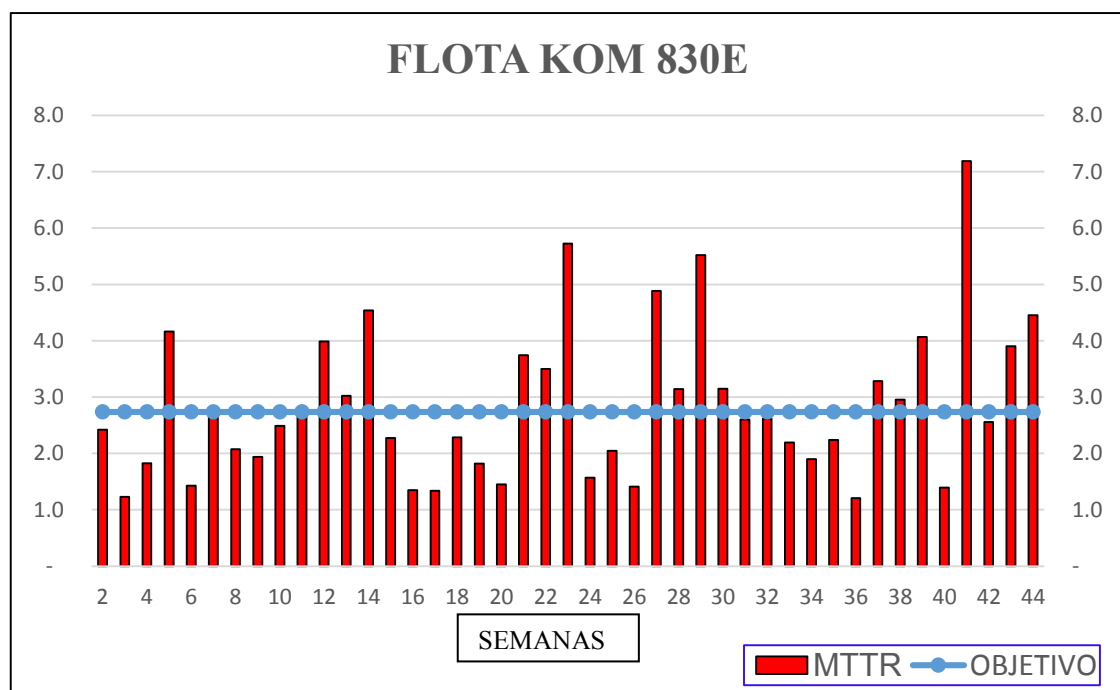


Figura 8. Muestra la evolución del MTTR por semanas para la flota Komatsu 830E. Fuente: Realización propia con datos recopilados de la investigación, MTTR (es el tiempo medio hasta haber reparado la avería), semanas pertenecientes al año 2018.

- En el análisis de la Disponibilidad, luego de la recopilación de datos seguimos con el análisis de las disponibilidades y las representamos en graficas junto con los datos planeados para sus respectivas semanas.

Para el análisis de la disponibilidad si se cuenta con una proyección semanal que la que entrega en área de mantenimiento, como se muestra en la gráfica N°09 la línea de rojo muestra las disponibilidades planeadas mientras que la línea de azul muestra las disponibilidades reales, esta grafica es de la flota Cat797F, la gráfica N°10 corresponde a la flota Cat793D, la gráfica N°11 corresponde a la flota Kom930E y la gráfica N°12 corresponde a la flota Kom830E.

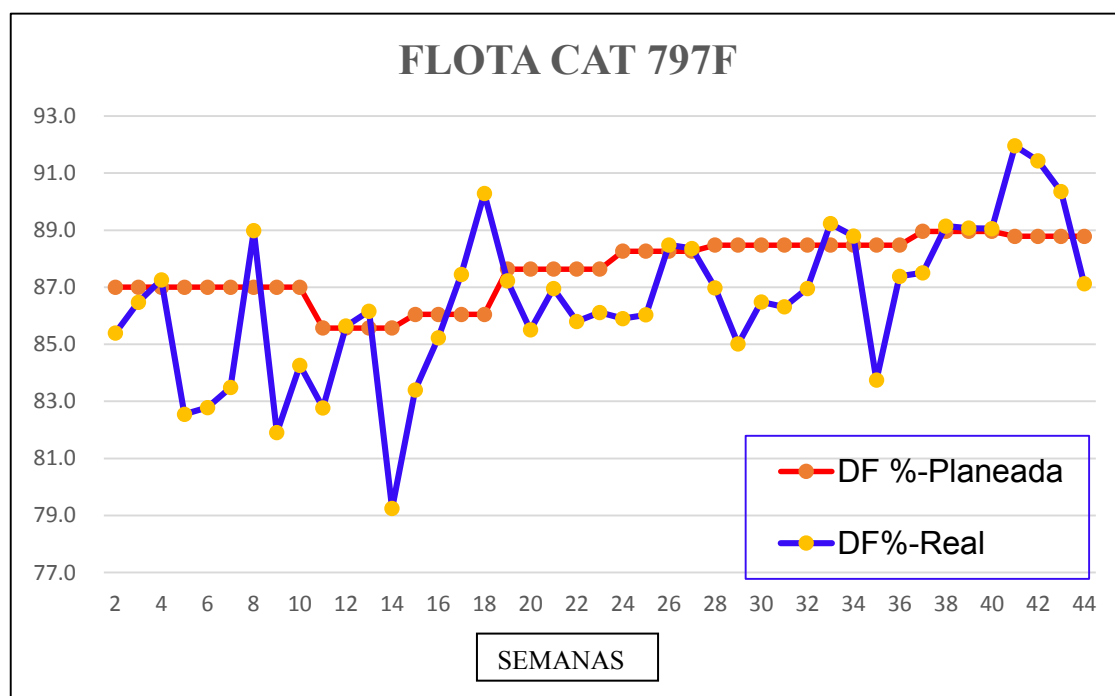


Figura 9. Muestra la evolución de la disponibilidad real por semanas para la flota Caterpillar 979F y también la disponibilidad planeada.

Fuente: Realización propia con datos recopilados de la investigación, DF % (es la disponibilidad del equipo), semanas pertenecientes al año 2018.

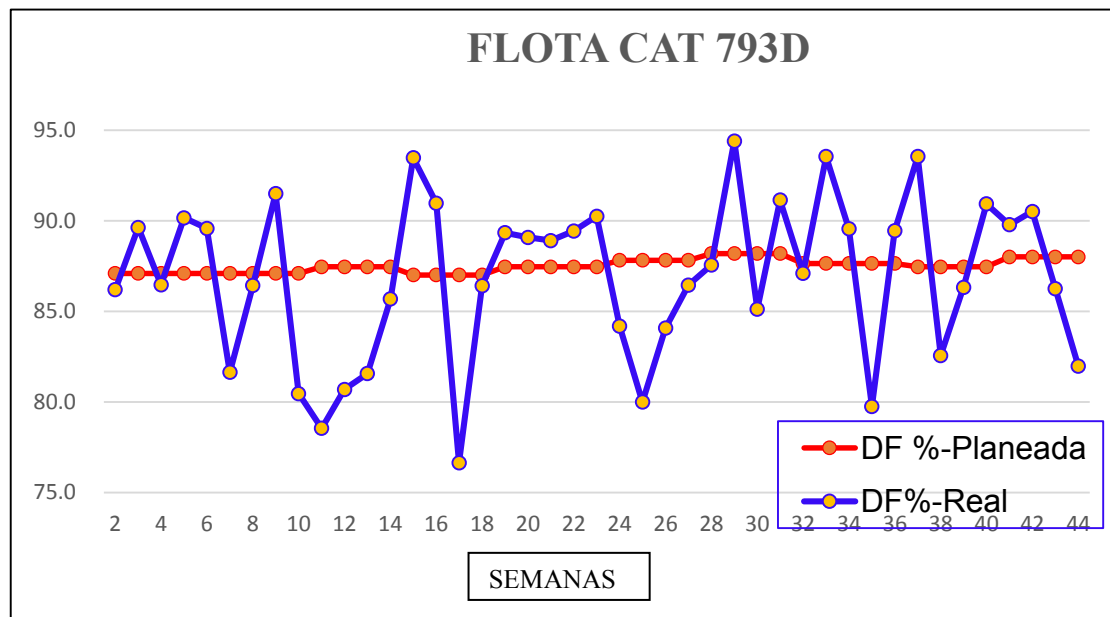


Figura 10. Muestra la evolución de la disponibilidad real por semanas para la flota Caterpillar793D y también la disponibilidad planeada.

Fuente: Realización propia con datos recopilados de la investigación, DF % (es la disponibilidad del equipo), semanas pertenecientes al año 2018.

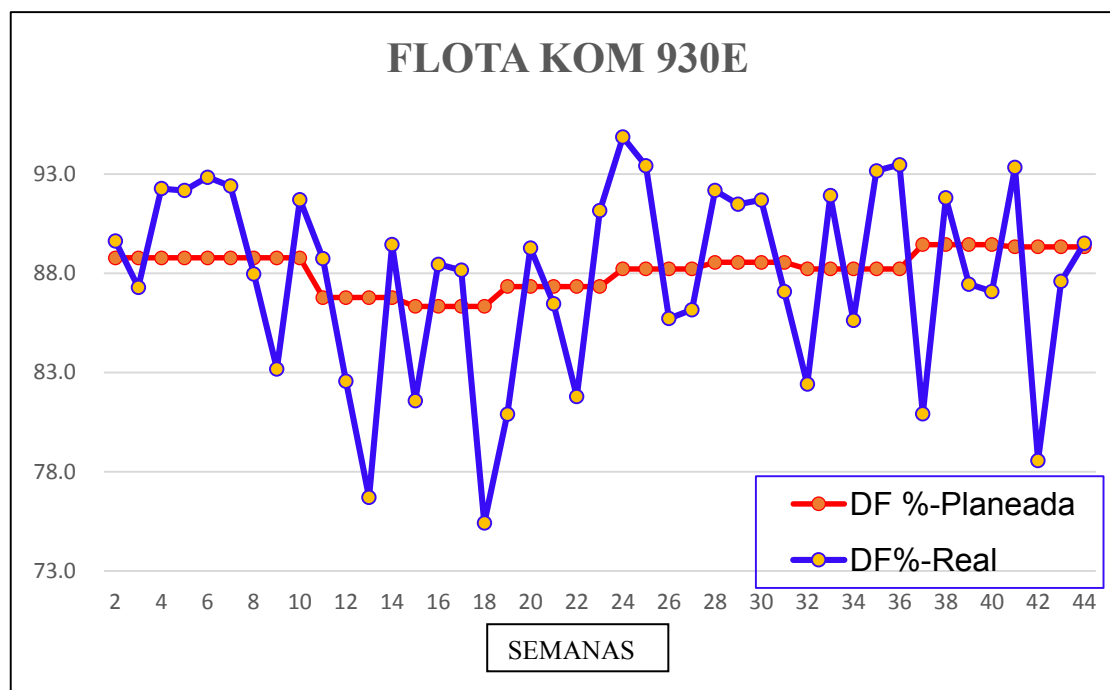


Figura 11. Muestra la evolución de la disponibilidad real por semanas para la flota Komatsu 930E y también la disponibilidad planeada.

Fuente: Realización propia con datos recopilados de la investigación, DF % (es la disponibilidad del equipo), semanas pertenecientes al año 2018.

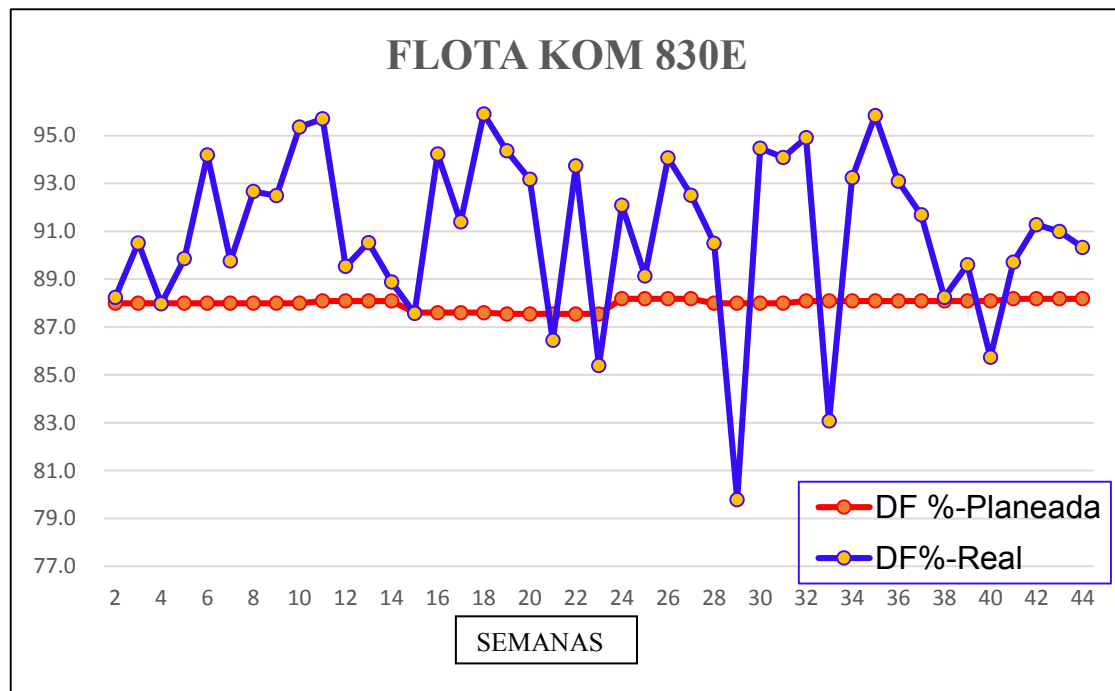


Figura 12. Muestra la evolución de la disponibilidad real por semanas para la flota Komatsu 830E y también la disponibilidad planeada.

Fuente: Realización propia con datos recopilados de la investigación, DF % (es la disponibilidad del equipo), semanas pertenecientes al año 2018.

- También realizamos las gráficas de comparación entre las utilizaciones reales y las planeadas como se muestra en la gráfica N°13 la línea de rojo muestra las utilizaciones planeadas mientras que la línea de azul muestra las disponibilidades reales, esta gráfica es de la flota Cat797F, la gráfica N°14 corresponde a la flota Cat793D, la gráfica N°15 corresponde a la flota Kom930E y la gráfica N°16 corresponde a la flota Kom830E.

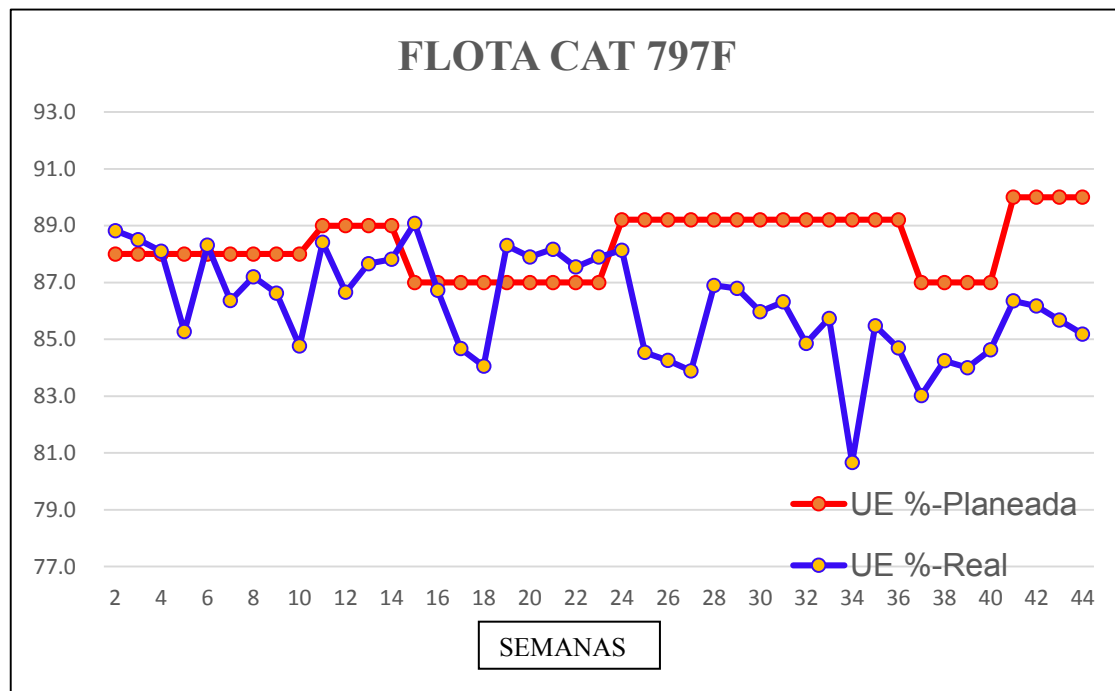


Figura 13. Muestra la evolución de la utilización real por semanas para la flota Caterpillar 797F y también la utilización planeada. Fuente: Realización propia con datos recopilados de la investigación, UE % (es la utilización del equipo), semanas pertenecientes al año 2018.

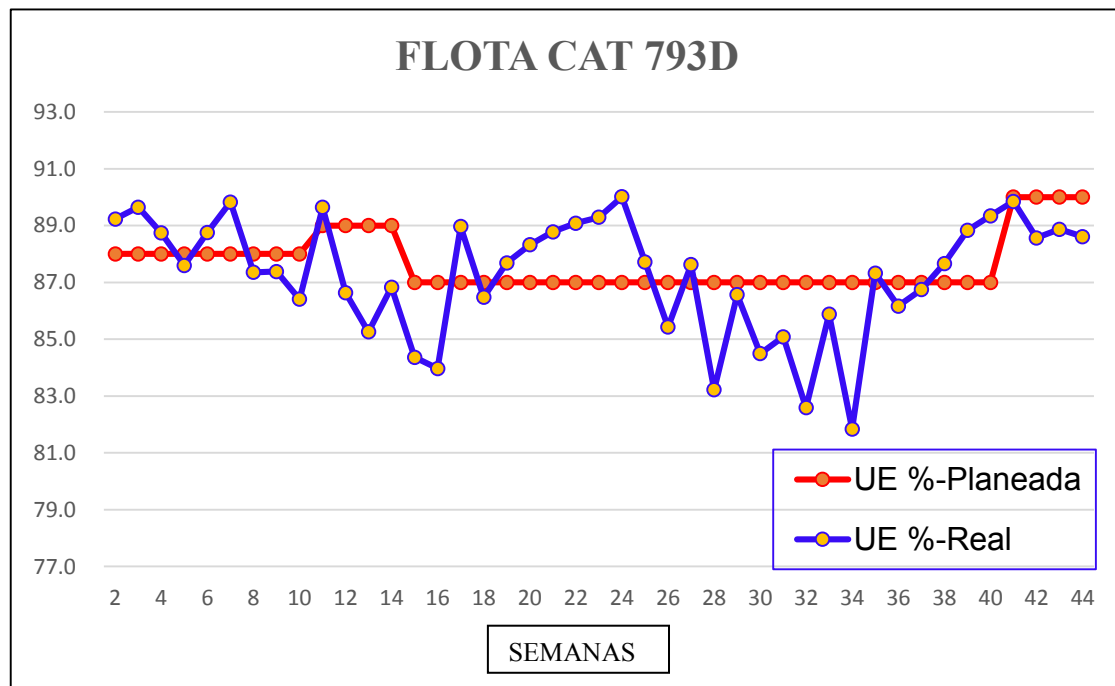


Figura 14. Muestra la evolución de la utilización real por semanas para la flota Caterpillar 793D y también la utilización planeada.

Fuente: Realización propia con datos recopilados de la investigación, UE % (es la utilización del equipo), semanas pertenecientes al año 2018.

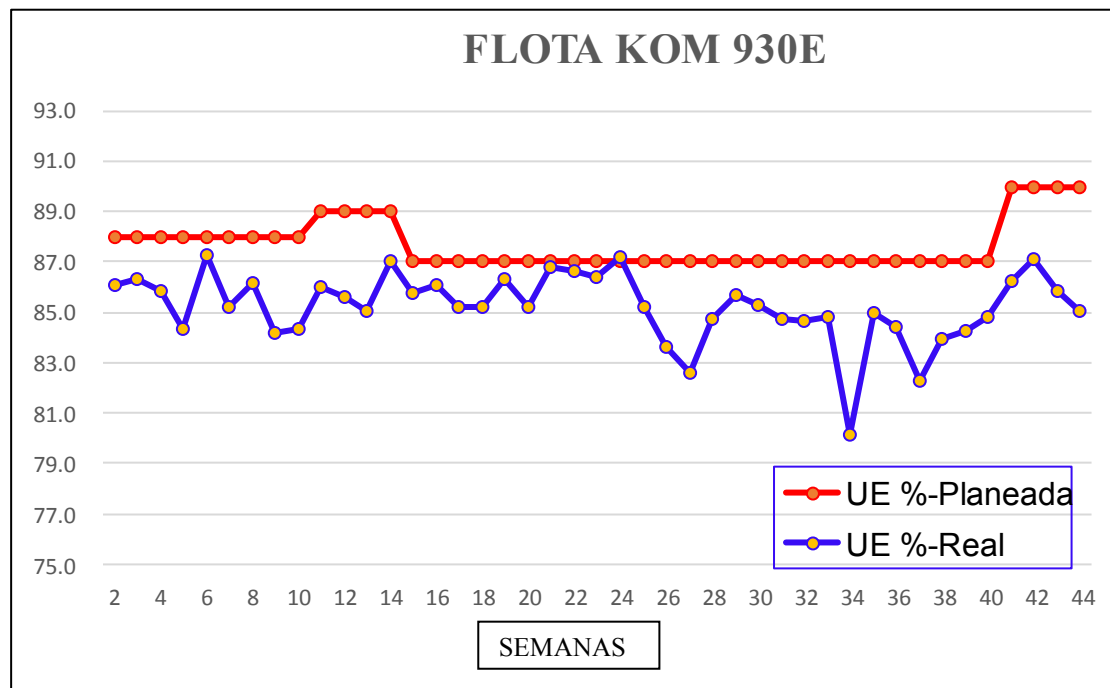


Figura 15. Muestra la evolución de la utilización real por semanas para la flota Komatsu 930E y también la utilización planeada.

Fuente: Realización propia con datos recopilados de la investigación, UE % (es la utilización del equipo), semanas pertenecientes al año 2018.

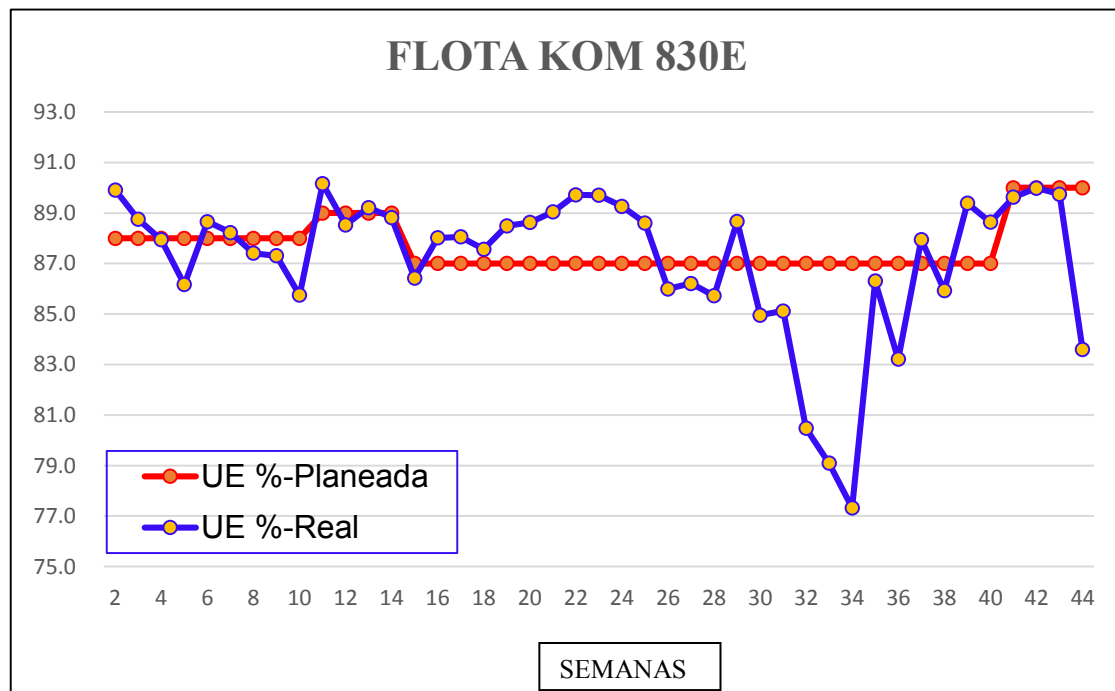


Figura 16. Muestra la evolución de la utilización real por semanas para la flota Komatsu 830E y también la utilización planeada.

Fuente: Realización propia con datos recopilados de la investigación, UE % (es la utilización del equipo), semanas pertenecientes al año 2018.

- Las demoras no programadas son en las que nos vamos a centrar ya que afectan directamente a la utilización y por ende en el cálculo del pronóstico de la producción.

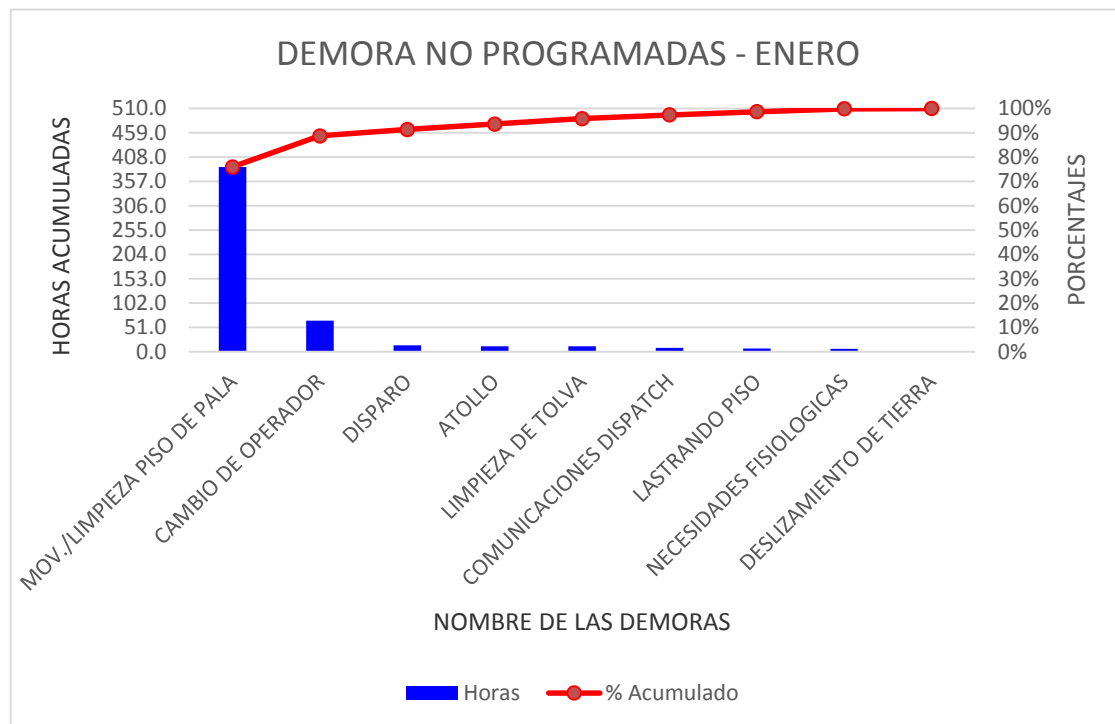


Figura 17. Muestra el diagrama de Pareto para las demoras no programadas perteneciente al mes de enero. Fuente: Realización propia con datos recopilados de la investigación.

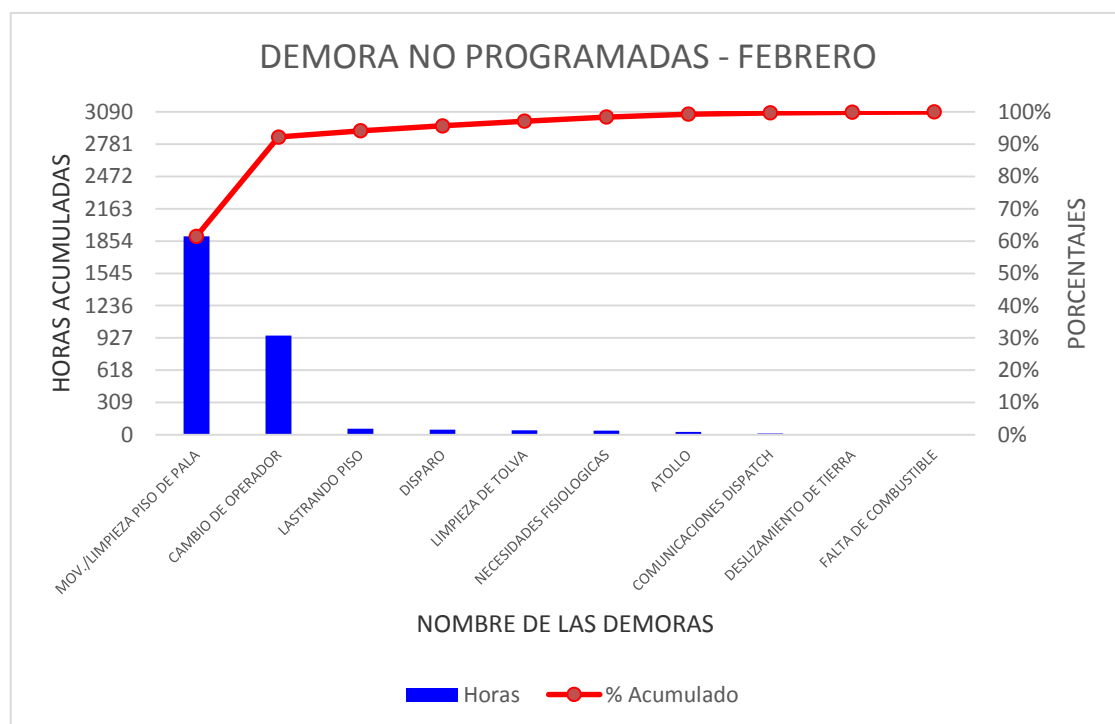


Figura 18. Muestra el diagrama de Pareto para las demoras no programadas perteneciente al mes de febrero. Fuente: Realización propia con datos recopilados de la investigación.

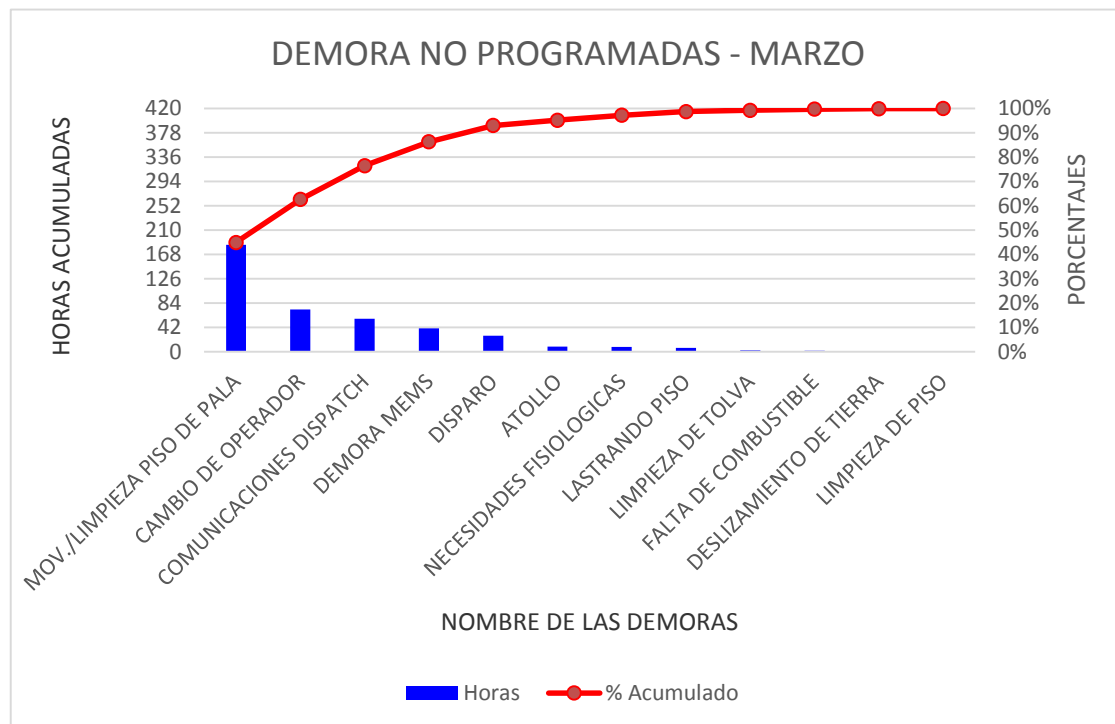


Figura 19. Muestra el diagrama de Pareto para las demoras no programadas perteneciente al mes de marzo. Fuente: Realización propia con datos recopilados de la investigación.

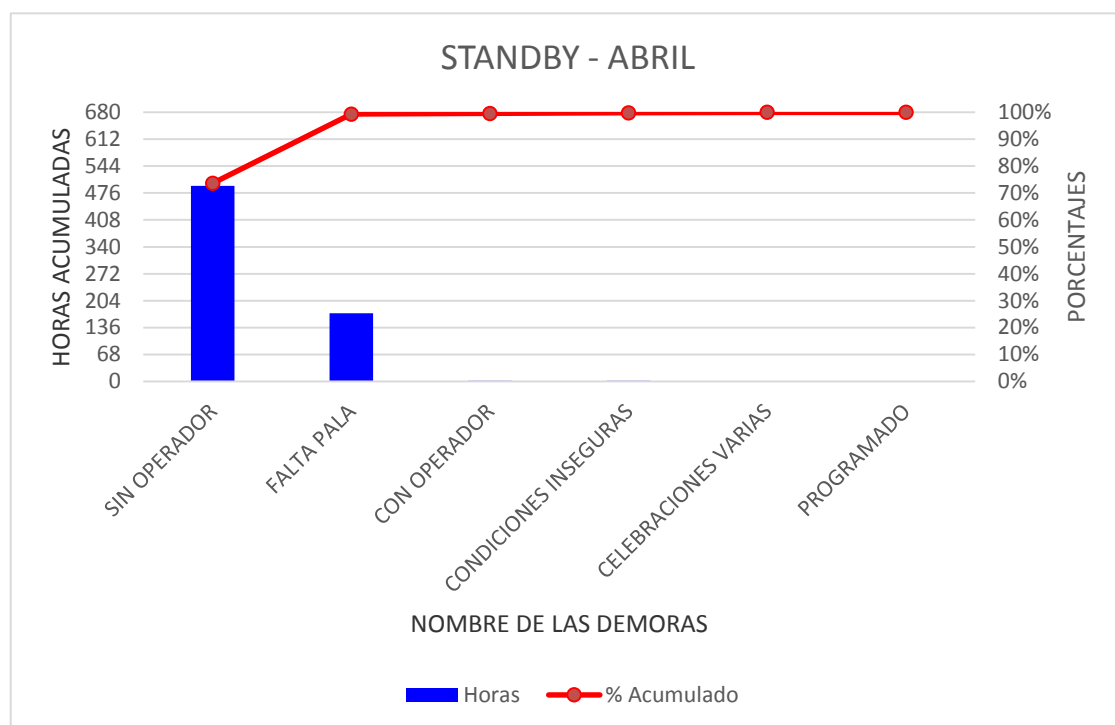


Figura 20. Muestra el diagrama de Pareto para las demoras no programadas perteneciente al mes de abril. Fuente: Realización propia con datos recopilados de la investigación.

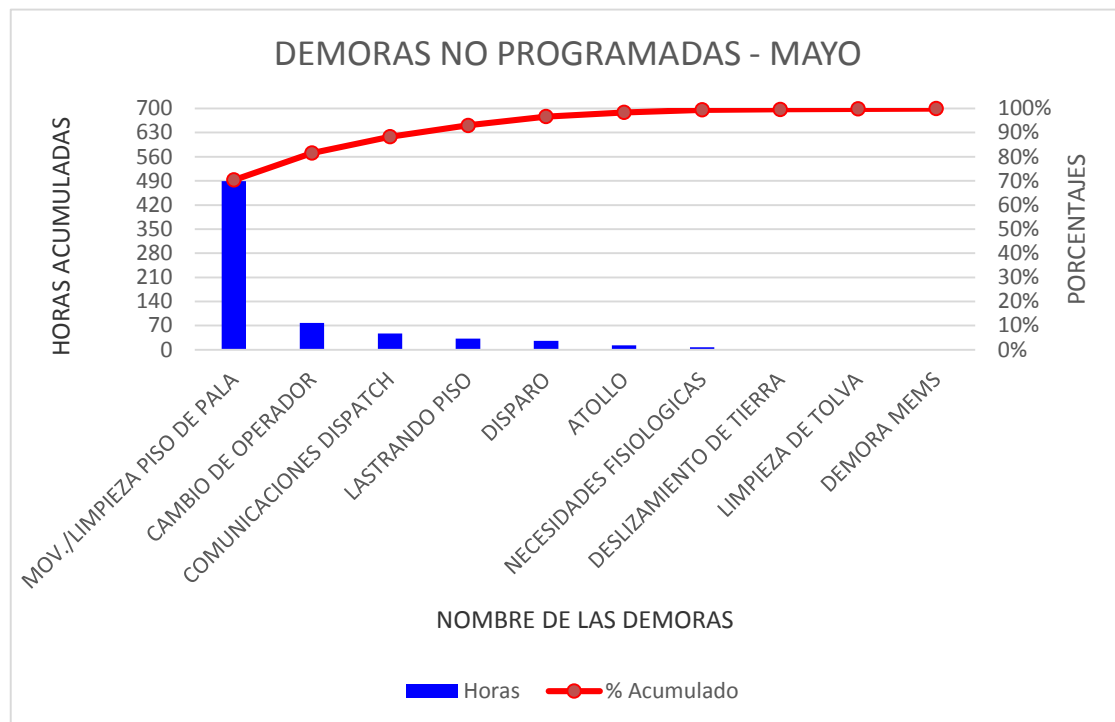


Figura 21. Muestra el diagrama de Pareto para las demoras no programadas perteneciente al mes de mayo. Fuente: Realización propia con datos recopilados de la investigación.

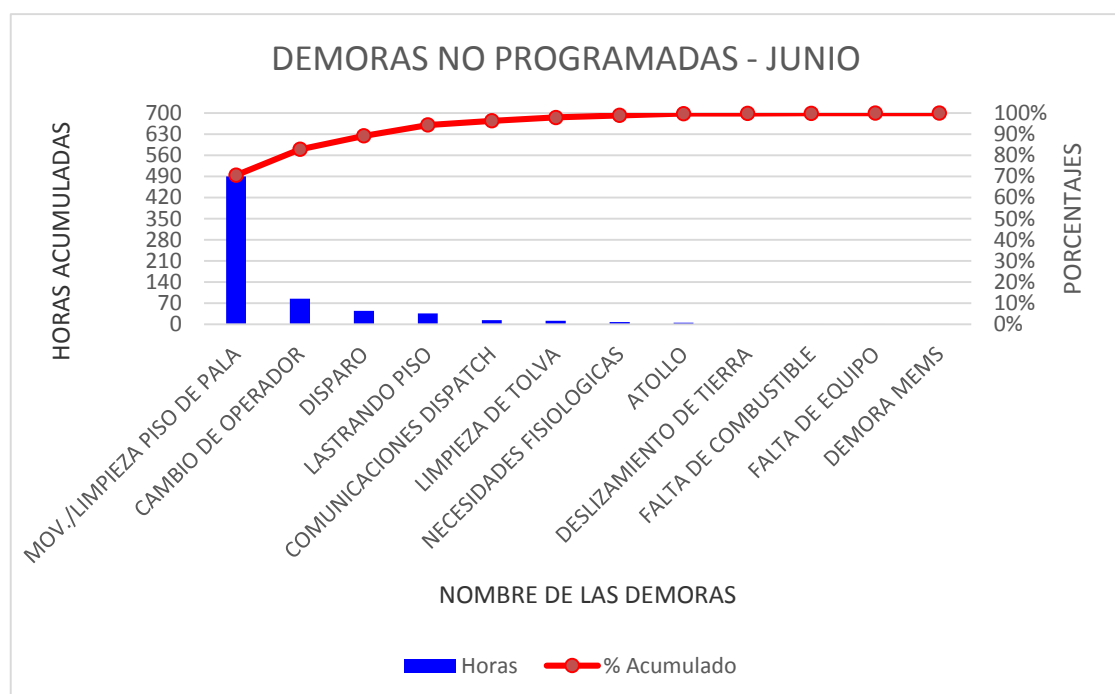


Figura 22. Muestra el diagrama de Pareto para las demoras no programadas perteneciente al mes de junio. Fuente: Realización propia con datos recopilados de la investigación.



Figura 23. Muestra el diagrama de Pareto para las demoras no programadas perteneciente al mes de julio. Fuente: Realización propia con datos recopilados de la investigación.



Figura 24. Muestra el diagrama de Pareto para las demoras no programadas perteneciente al mes de agosto. Fuente: Realización propia con datos recopilados de la investigación.

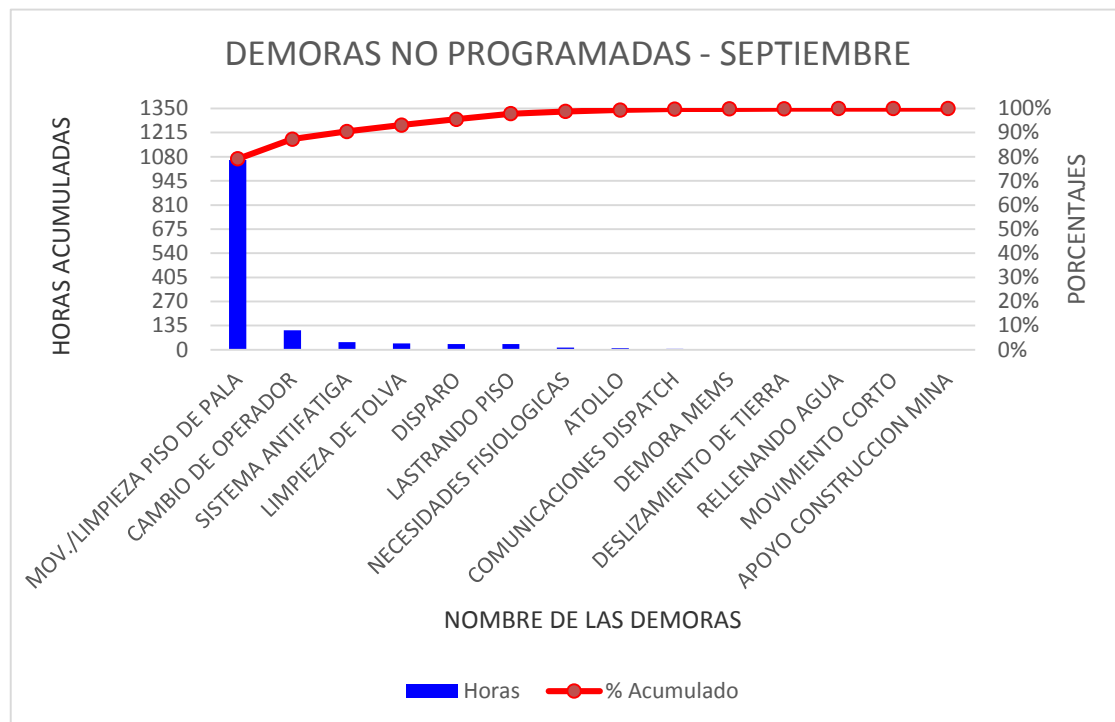


Figura 25. Muestra el diagrama de Pareto para las demoras no programadas perteneciente al mes de setiembre. Fuente: Realización propia con datos recopilados de la investigación.

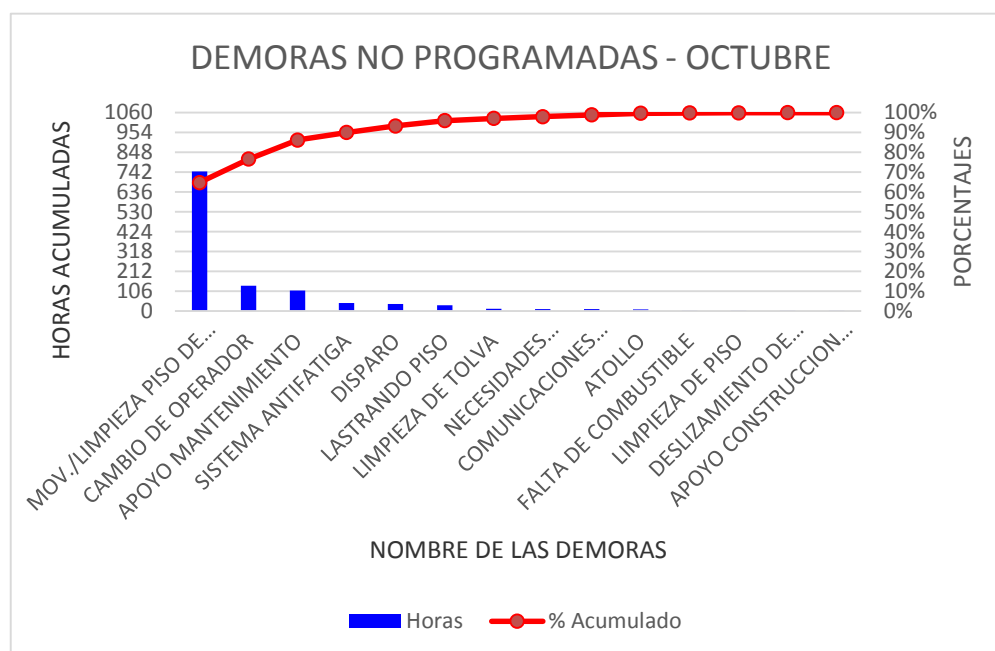


Figura 26. Muestra el diagrama de Pareto para las demoras no programadas perteneciente al mes de octubre. Fuente: Realización propia con datos recopilados de la investigación.

- Como se puede observar analizando las gráficas de Pareto de las demoras no programadas, la demora de Moví. / Limpieza de piso de pala es la más frecuente y la que toma más horas al momento de realizar un resumen de duración.

Tabla 11. Muestra el total de horas que tienen las demoras no programadas durante el presente año.

Nombre de Demoras	Horas Acumuladas
MOV./LIMPIEZA PISO DE PALA	6,789
CAMBIO DE OPERADOR	1,675
DISPARO	294
LASTRANDO PISO	287
COMUNICACIONES DISPATCH	230
LIMPIEZA DE TOLVA	226
SISTEMA ANTIFATIGA	167
ATOLLO	145
APOYO MANTENIMIENTO	116
NECESIDADES FISIOLÓGICAS	112
DEMORA MEMS	45
APOYO CONSTRUCCION MINA	28
DESlizAMIENTO DE TIERRA	12
FALTA DE COMBUSTIBLE	10
MOVIMIENTO CORTO	1
FALTA DE EQUIPO	1
LIMPIEZA DE PISO	1
RELLENANDO AGUA	0

Fuente: Realización propia con datos recopilados de la investigación.

Realizando un resumen de las horas que acumula las demoras no programadas durante todo el año se observa que la demora “MOV./LIMPIEZA PISO DE PALA” es la más frecuente y la que más horas acumula, como se muestra en la Tabla N°06.

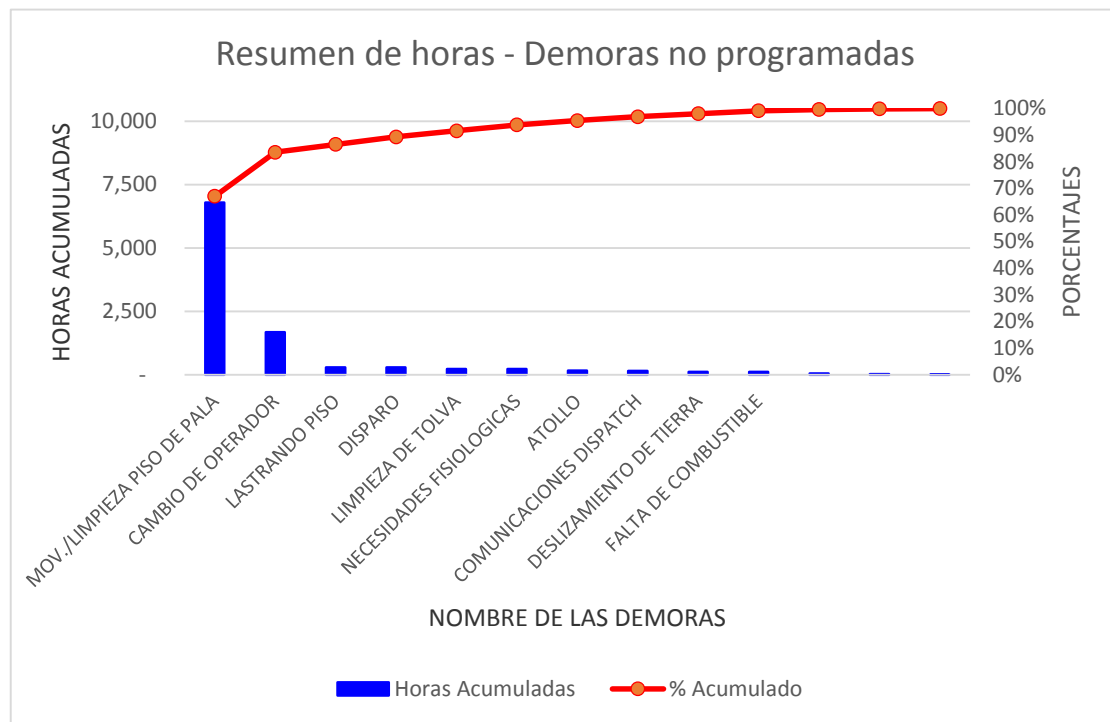


Figura 27. Muestra el diagrama de Pareto para las demoras no programadas acumuladas de todo el presente año. Fuente: Realización propia con datos recopilados de la investigación.

- El Standby es otro factor que merece nuestro análisis, también se ha generados gráficas mes a mes para su análisis.

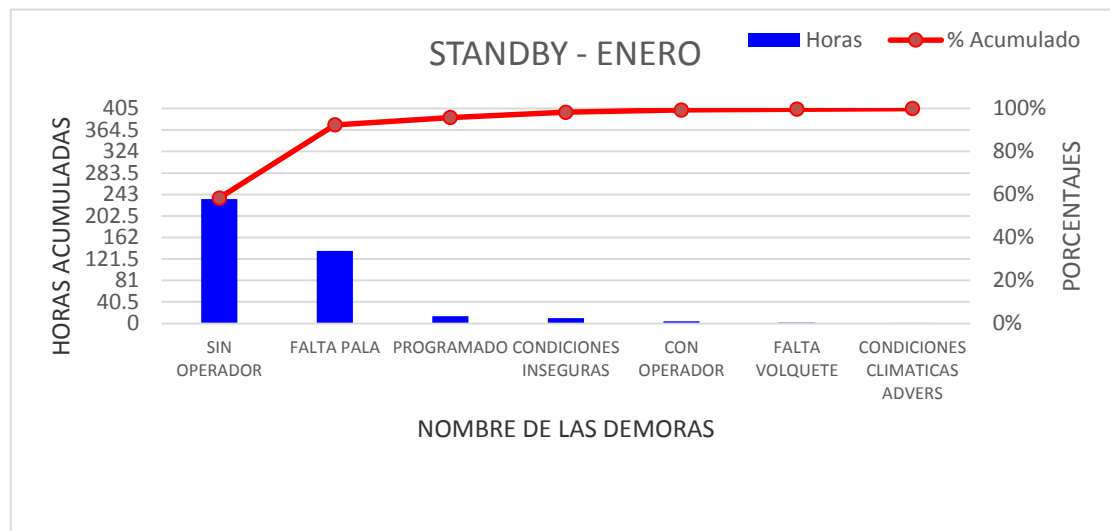


Figura 28. Muestra el diagrama de Pareto de los Standby perteneciente al mes de enero.

Fuente: Realización propia con datos recopilados de la investigación.

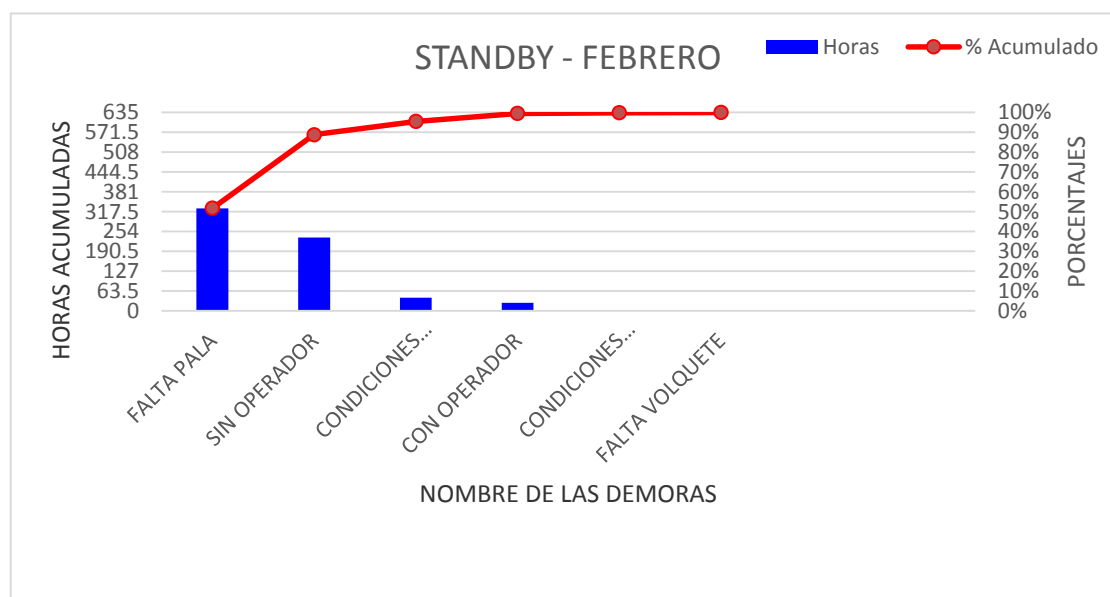


Figura 29. Muestra el diagrama de Pareto de los Standby perteneciente al mes de febrero.

Fuente: Realización propia con datos recopilados de la investigación.

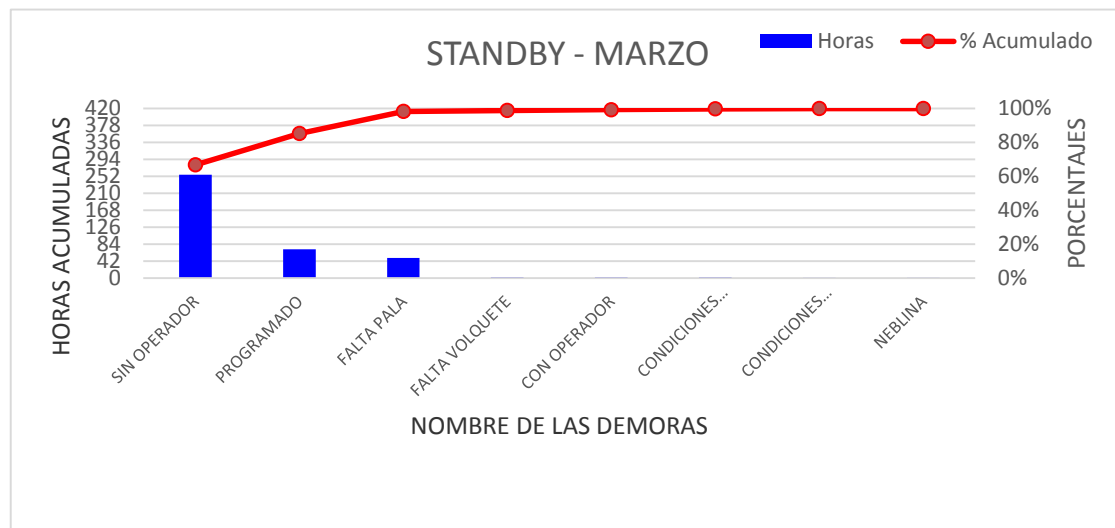


Figura 30. Muestra el diagrama de Pareto de los Standby perteneciente al mes de marzo. Fuente: Realización propia con datos recopilados de la investigación.

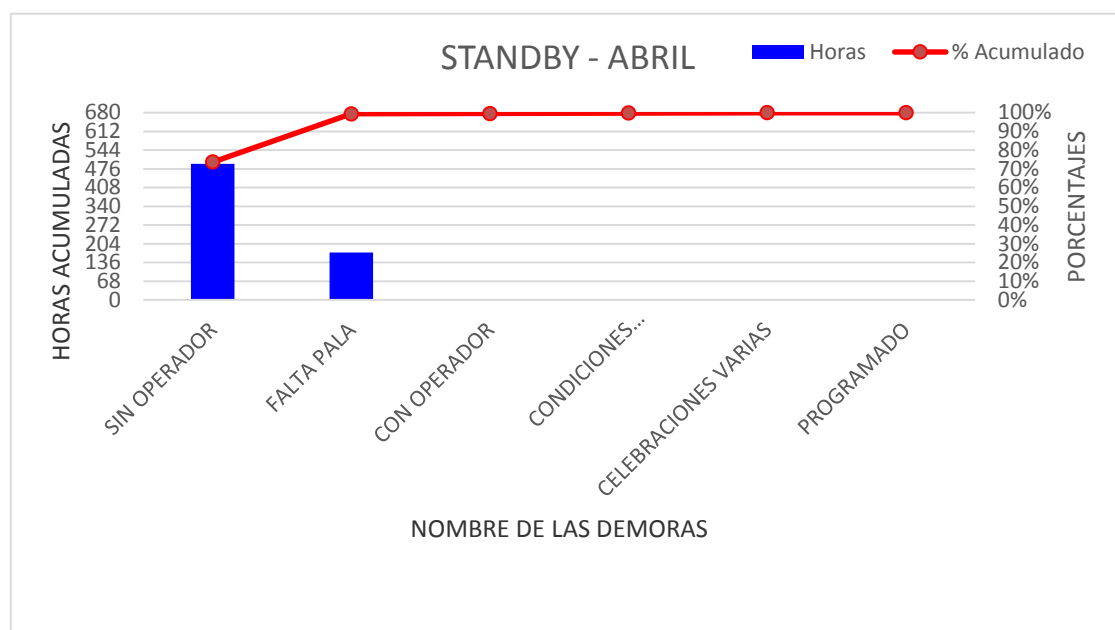


Figura 31. Muestra el diagrama de Pareto de los Standby perteneciente al mes de abril. Fuente: Realización propia con datos recopilados de la investigación.

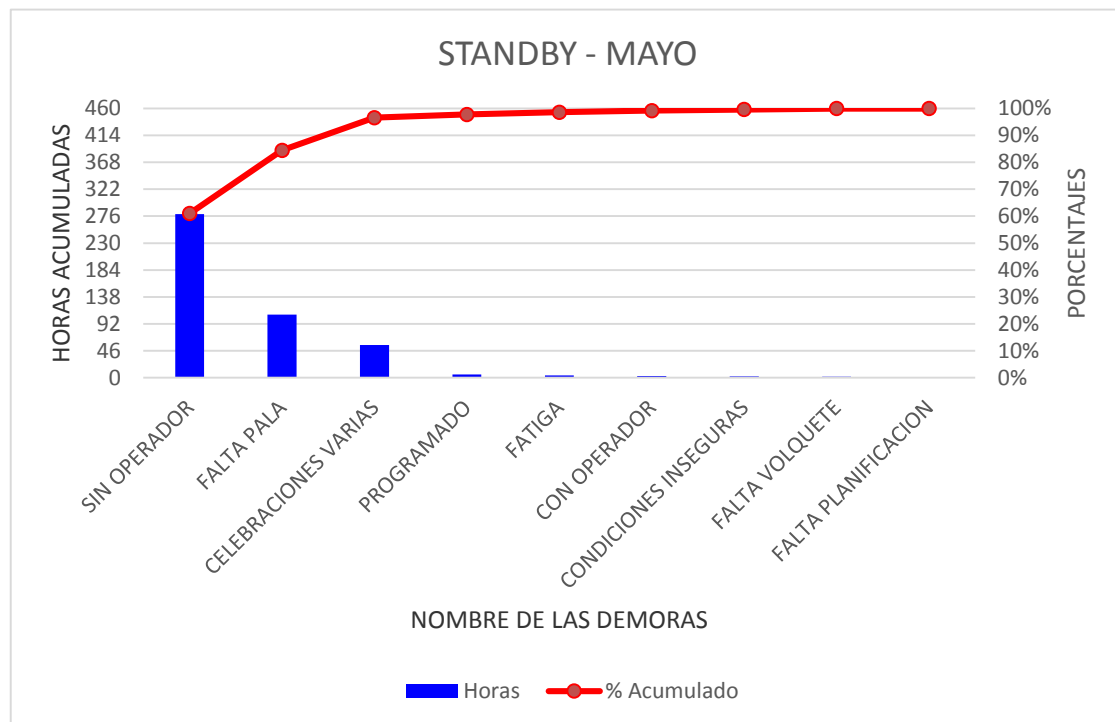


Figura 32. Muestra el diagrama de Pareto de los Standby perteneciente al mes de mayo.

Fuente: Realización propia con datos recopilados de la investigación.

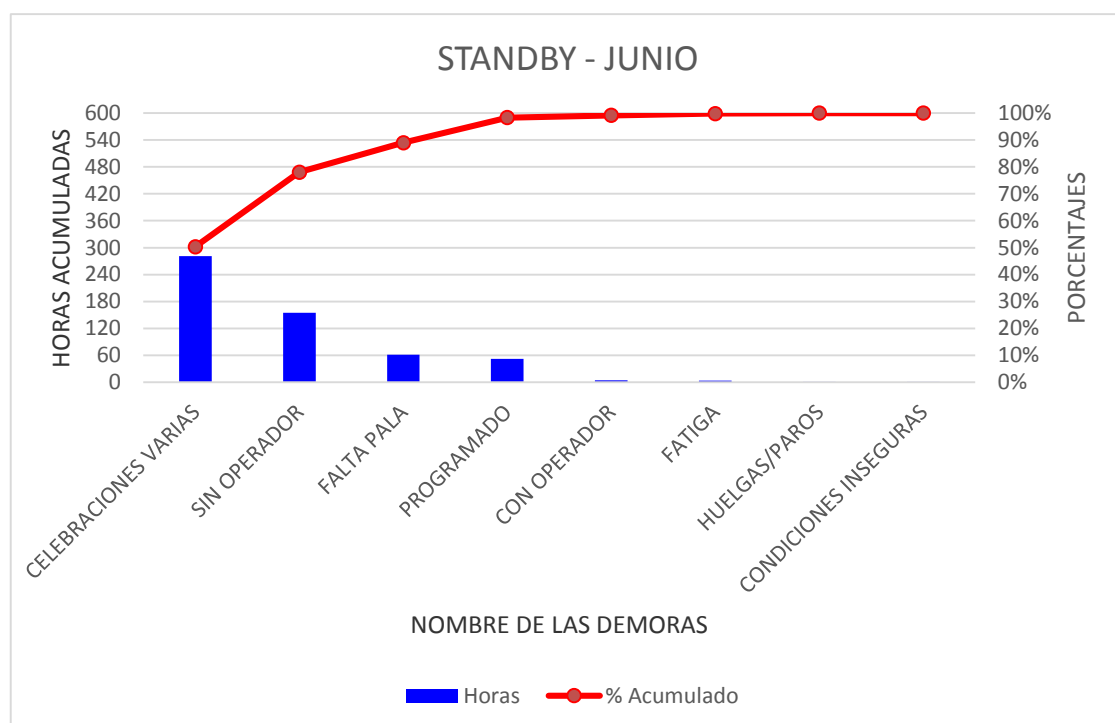


Figura 33. Muestra el diagrama de Pareto de los Standby perteneciente al mes de junio.

Fuente: Realización propia con datos recopilados de la investigación.

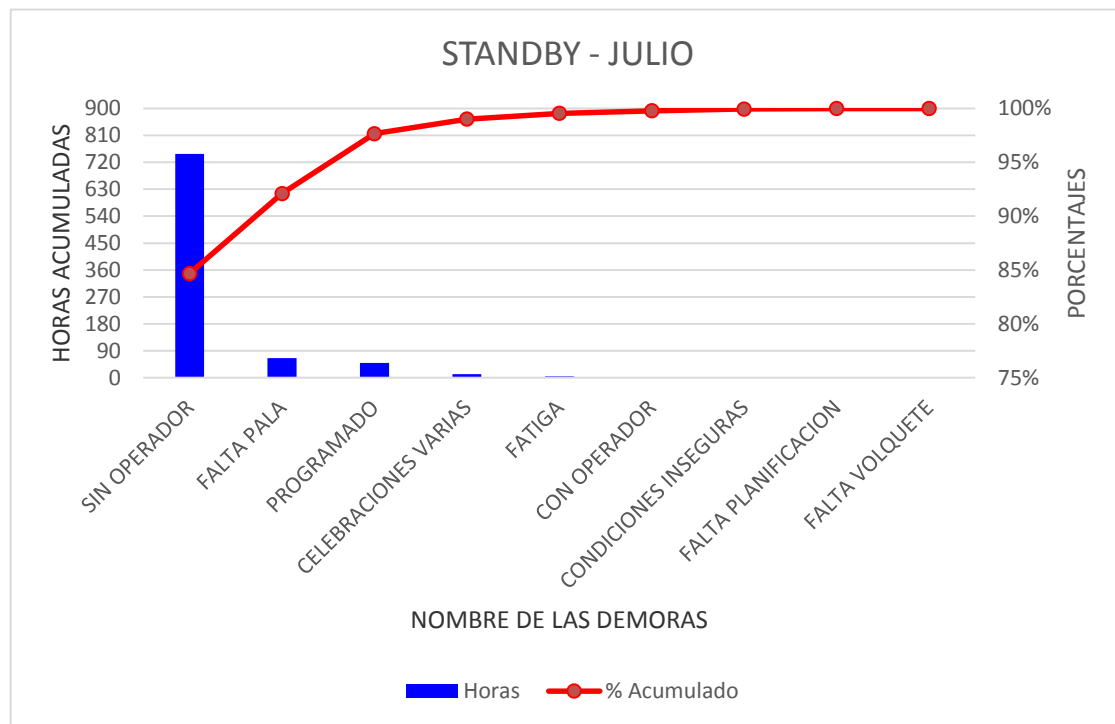


Figura 34. Muestra el diagrama de Pareto de los Standby perteneciente al mes de julio.

Fuente: Realización propia con datos recopilados de la investigación.

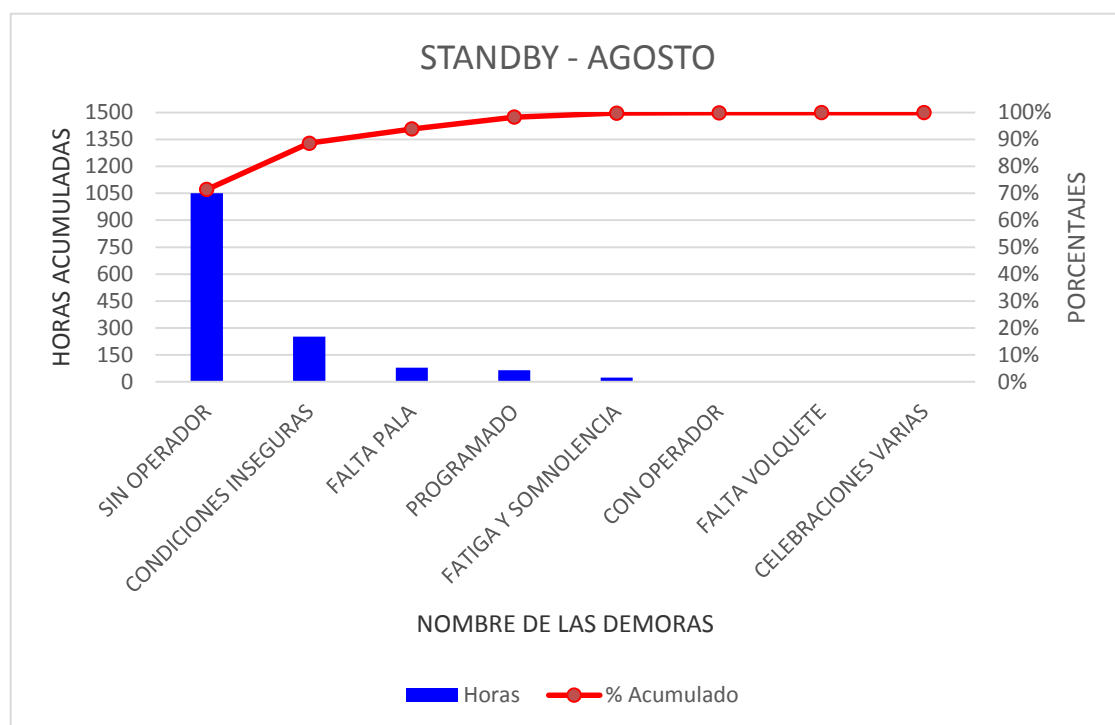


Figura 35. Muestra el diagrama de Pareto de los Standby perteneciente al mes de agosto.

Fuente: Realización propia con datos recopilados de la investigación.

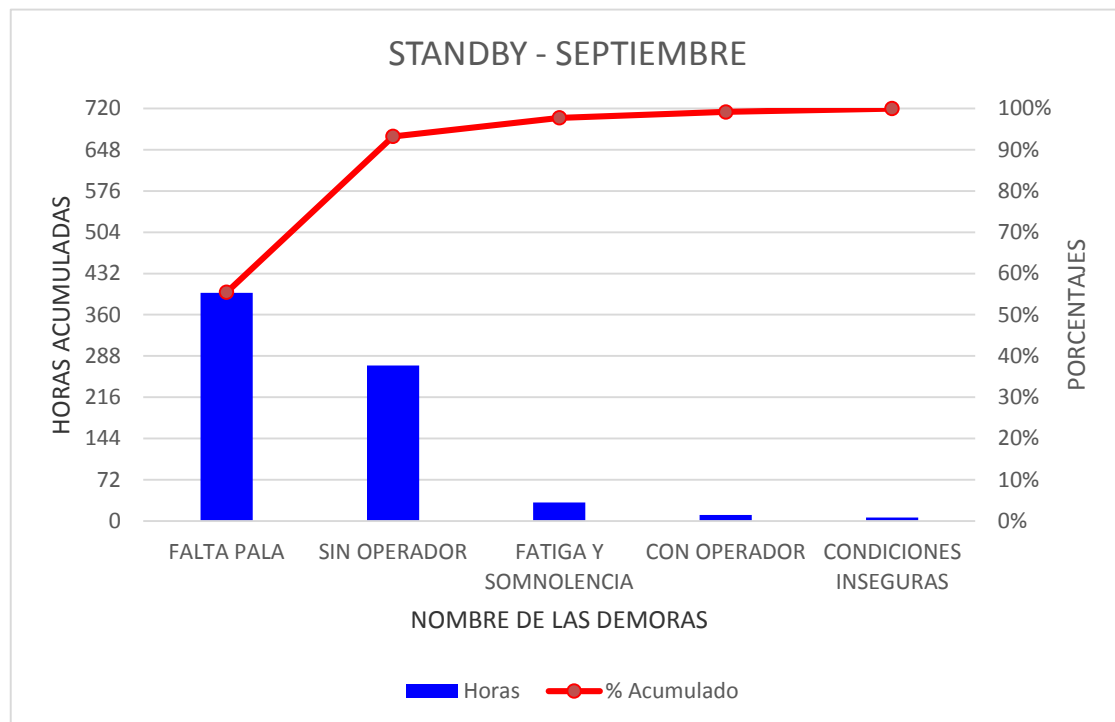


Figura 36. Muestra el diagrama de Pareto de los Standby perteneciente al mes de Setiembre.

Fuente: Realización propia con datos recopilados de la investigación.

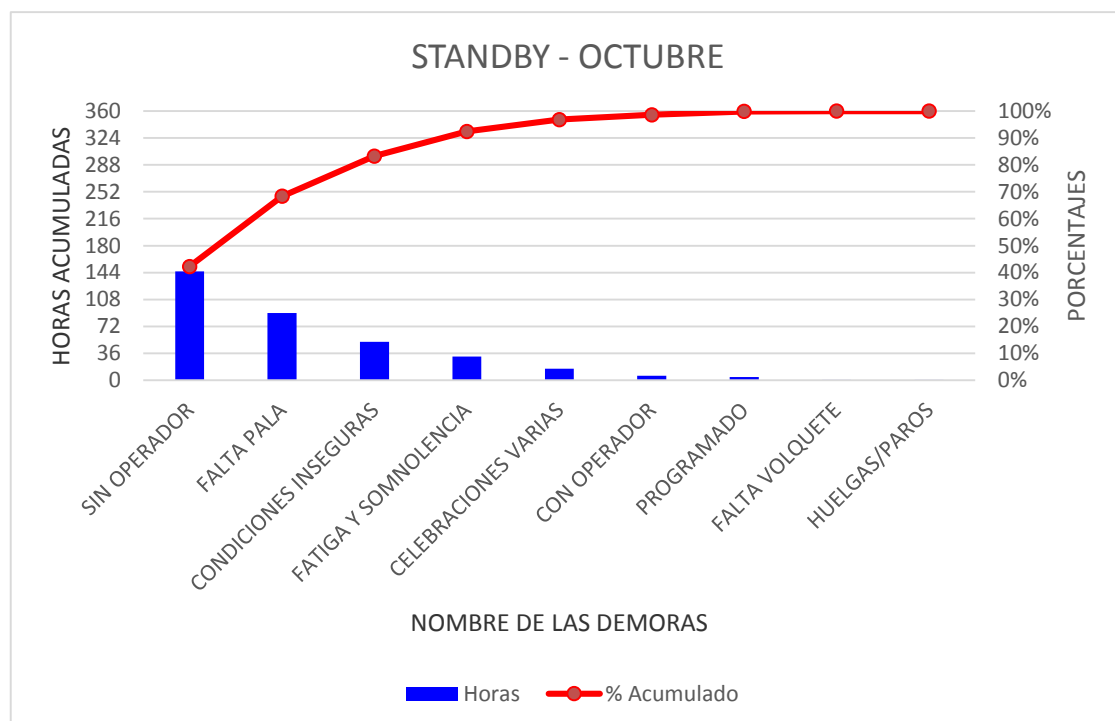


Figura 37. Muestra el diagrama de Pareto de los Standby perteneciente al mes de octubre.

Fuente: Realización propia con datos recopilados de la investigación.

- Ahora realizaremos un cuadro con los standby para identificar cuáles son los más frecuentes y de mayor duración.

Tabla 12. Muestra el total de horas que tienen las demoras en standby durante todo el presente año.

Nombre de Demoras	Horas Acumuladas
SIN OPERADOR	3,869
FALTA PALA	1,487
CONDICIONES INSEGURAS	369
CELEBRACIONES VARIAS	366
PROGRAMADO	261
FATIGA Y SOMNOLENCIA	87
CON OPERADOR	61
FATIGA	13

Fuente: Realización propia con datos recopilados de la investigación.

- Realizando un resumen de las horas que acumula las demoras en standby durante todo el año se observa que la demora “SIN OPERADOR” es la más frecuente y la que más horas acumula.

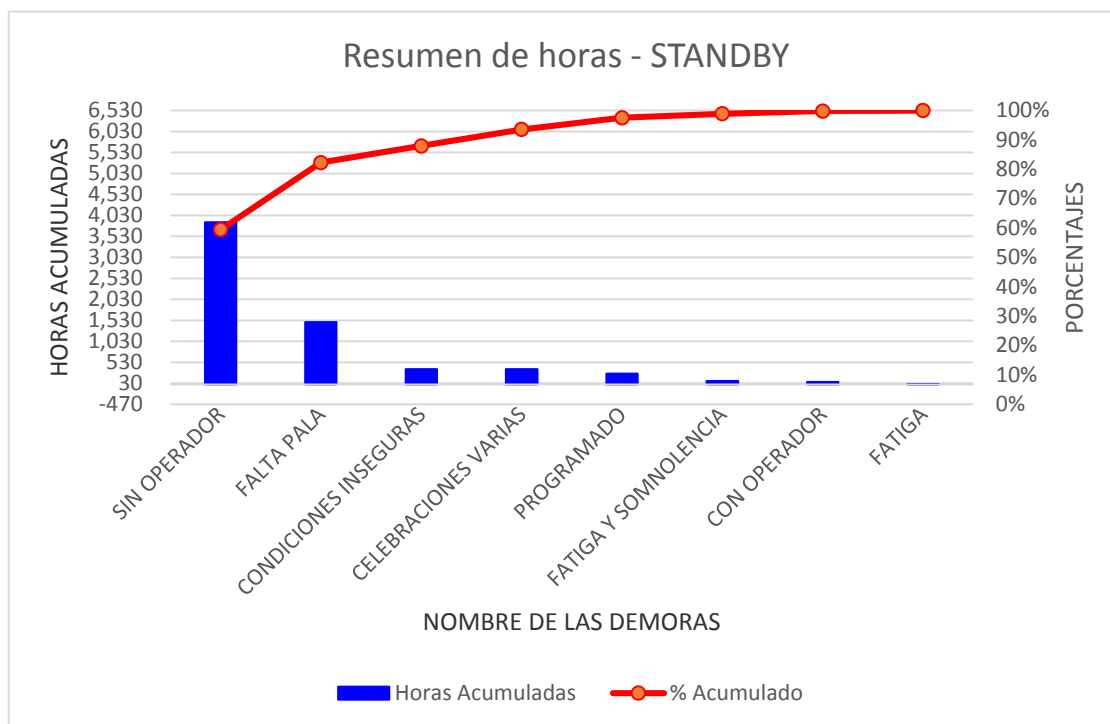


Figura 38. Muestra el diagrama de Pareto de los Standby acumulado entre los meses de enero y octubre del año 2018.

Fuente: Realización propia con datos recopilados de la investigación.

- Para analizar la productividad de los camiones mineros se debe de tener sumo cuidado ya que para realiza esta no solo se debe de ver el promedio calculado sino también el por qué se origina este, para la flota 797 en los dos primeros meses del año, estamos hablando de las ocho primeras semanas los valores son menores comparados con los siguientes meses esto porque el factor climático (lluvias intensas, granizo y neblina) afectan la productividad ya que los camiones bajan la velocidad por seguridad y en los siguientes meses ya épocas de clima seco aumenta, pero no solo es eso también la productividad depende de los destinos hacia donde se descarga el materia tipo desmonte ya que si aumenta la distancia de descarga disminuirá la productividad. Ahora vamos a mostrar mediante graficas como vario la productividad durante este año, separado por semanas para una mejor identificación de algunos cambios bruscos.

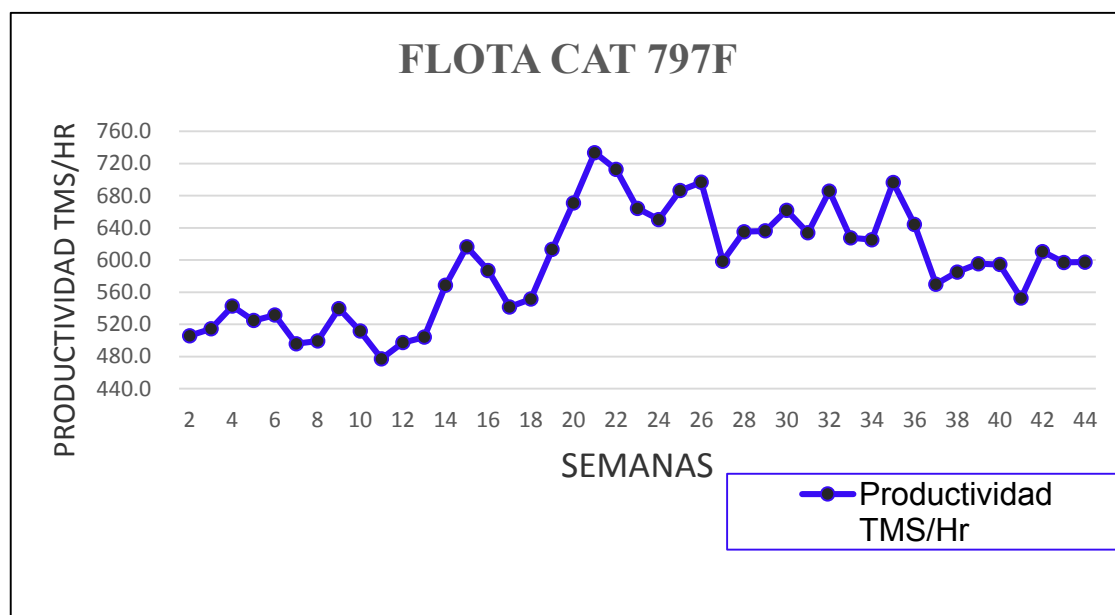


Figura 39. Muestra como varia la productividad de los camiones de la flota Caterpillar 797F desde el mes de enero hasta el mes de octubre, esto separado por semanas.

Fuente: Realización propia con datos recopilados de la investigación.

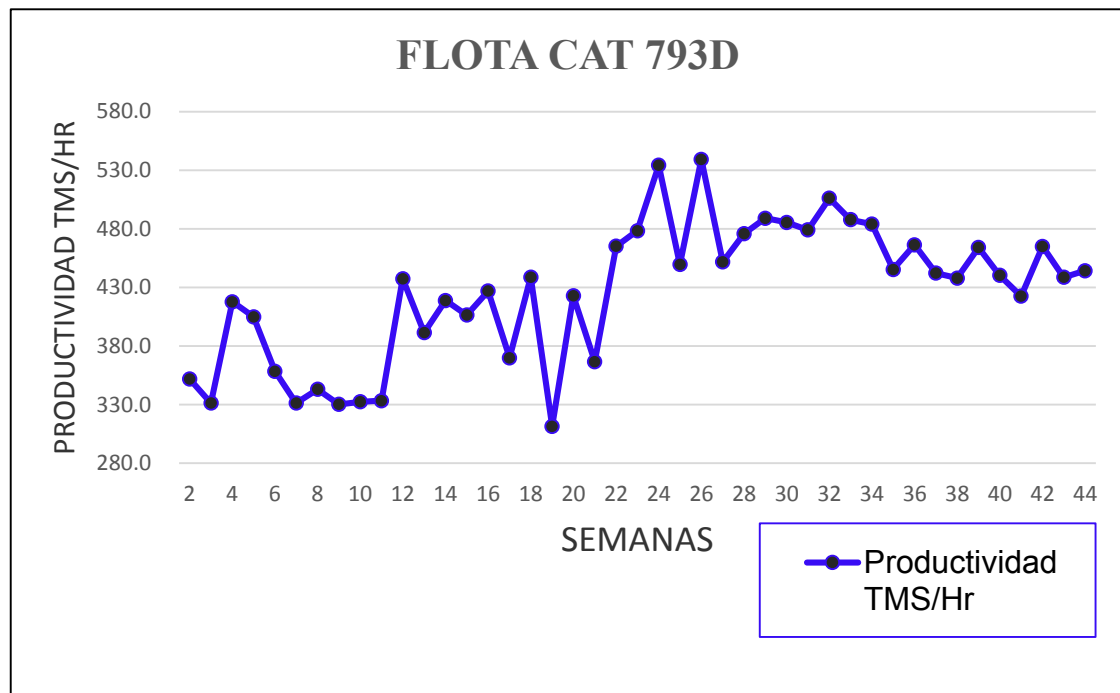


Figura 40. Muestra como varia la productividad de los camiones de la flota Caterpillar 793D desde el mes de enero hasta el mes de octubre, esto separado por semanas.

Fuente: Realización propia con datos recopilados de la investigación.

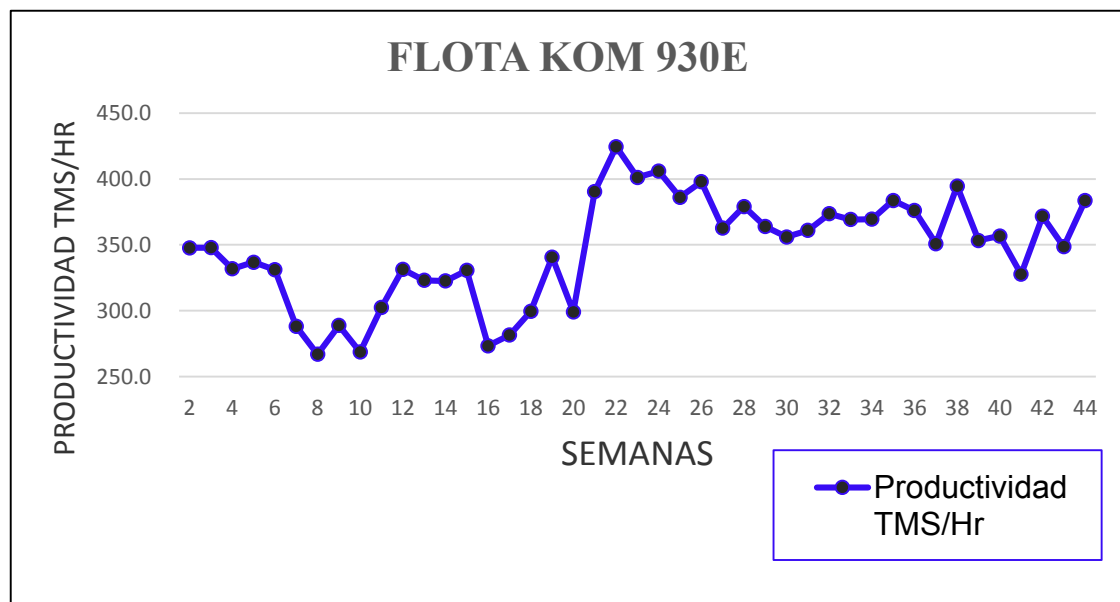


Figura 41. Muestra como varia la productividad de los camiones de la flota Komatsu 930E desde el mes de enero hasta el mes de octubre, esto separado por semanas.

Fuente: Realización propia con datos recopilados de la investigación.

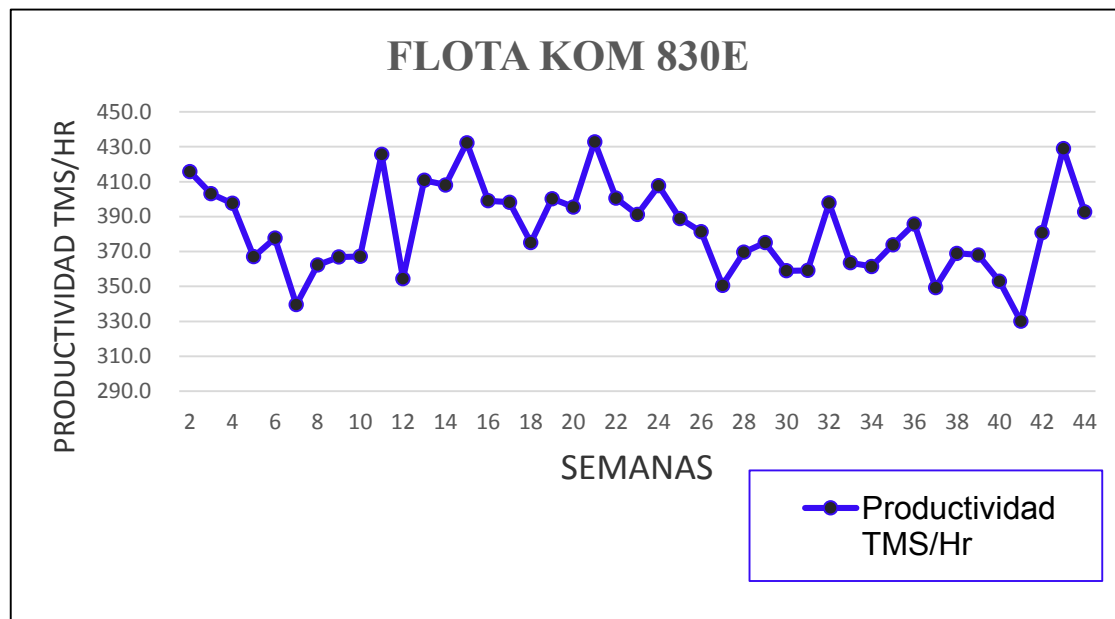


Figura 42. Muestra como varia la productividad de los camiones de la flota Komatsu 830E desde el mes de enero hasta el mes de octubre, esto separado por semanas.

Fuente: Realización propia con datos recopilados de la investigación.

4.2 CONTRASTACION DE LA HIPOTESIS.

Las conclusiones que se desprende del análisis de las gráficas es el del efecto que tienen las variaciones de disponibilidad y utilización en la planificación de la producción en un cierto periodo de tiempo, en la Tabla 13 se ha realizado un ejemplo de cómo ocurre esto, en planificación se tiene que el cálculo de la producción está dado por el producto del número de camiones por la disponibilidad por la utilización y por la productividad, pero qué pasaría si mantenemos constante la productividad y trabajamos con la variación solo de la disponibilidad y la utilización en la Tabla 13 se muestra esto semana por semana y se calcula si por efecto de uno de estos dos factores hubo pérdida o ganancia de tonelaje, teniendo como resultado hasta fines de Octubre una pérdida o variación de más de 3 millones de toneladas en la planificación, como se observa donde se tiene más variación es en la utilización de los equipos mineros.

Tabla 13. Muestra los datos en toneladas de cómo afecta positivamente o negativamente la variación de la disponibilidad y de la utilización de todas las flotas de camiones, dividido por semanas entre los meses de enero y octubre del presente año.

Semana	Perdidas o Ganancias por la Disponibilidad	Perdidas o Ganancias por la Utilización	Total
2	-24,754	23,445	-1,308
3	15,919	14,722	30,641
4	20,185	-6,702	13,484
5	-26,373	-76,868	-103,241
6	-2,309	9,331	7,021
7	-54,928	-27,897	-82,825
8	49,062	-26,605	22,457
9	-60,998	-45,393	-106,391
10	-19,519	-86,135	-105,654
11	-29,168	-11,002	-40,170
12	-53,013	-69,700	-122,714
13	-60,066	-58,935	-119,001
14	-102,529	-43,723	-146,251
15	-41,327	14,839	-26,489
16	53,229	-17,381	35,848
17	7,321	-32,009	-24,688
18	58,448	-57,708	740
19	16,095	34,273	50,369
20	10,405	25,639	36,043
21	18,037	51,223	33,186
22	18,827	41,159	22,332
23	2,521	46,475	43,953
24	7,207	13,654	6,446
25	-64,797	-105,561	-170,358
26	390	158,223	-158,613
27	6,225	-135,967	-129,742
28	791	-95,579	-94,788
29	-70,342	-53,405	-123,747
30	-5,612	-110,642	-116,254
31	-4,292	-99,244	-103,536
32	-34,194	-186,727	-220,921
33	45,630	-142,124	-96,493
34	31,532	-314,609	-283,076
35	-86,853	-102,954	-189,807
36	49,850	-144,361	-94,512
37	-22,832	-102,234	-125,066
38	-12,966	-75,692	-88,658
39	-7,406	-53,843	-61,249
40	-5,189	-38,641	-43,830
41	102,157	-93,252	8,905
42	23,217	-107,028	-83,811
43	32,076	-121,600	-89,524
44	-57,890	-178,277	-236,166
	-372,196	-2,705,261	-3,077,457

Fuente: Realización propia con datos recopilados de la investigación.

CONCLUSIONES

1. Para el análisis de la disponibilidad de equipos, aunque la variación no es mucha para el cálculo de la producción, hay una influencia importante del MTBF que sí afecta a los equipos ya que si el equipo falla constantemente los operadores de los camiones muchas veces se olvidan de registrar el valor y estas horas ya no afectan la disponibilidad el valor del MTBF para los equipos deben estar en promedio de 58 para la flota Cat797F y de 68 para la flota Kom830 que son las flotas más representativa.
2. La utilización es el factor que más variación está teniendo, debido a esta factor se está dejando de producir casi tres millones de toneladas, también es la que más está afectando en el cálculo de la proyección de la producción, se recomienda dar prioridad a la demora de limpieza de piso de pala ya que es la que genera mayor variación representando al año casi siete mil horas de demora, pero se debe de revisar también si esta demora está siendo bien asignada ya que por experiencia se sabe que los operadores mineros colocan esta demora cuando hay cola de camiones, para contrarrestar esta demora se está implementando fase con un mayor ancho de minado, esto permite que las palas mineras puedan moverse de un frente a otro mientras se limpia el otro frente.
3. El STANDBY afecta considerablemente la utilización de los equipos mineros, este tiempo se está trabajando para reducir en este último mes, estos Standby se deben al ausentismo de operadores mineros que existe, ya sea debido al sistema

de trabajo o a las bajas remuneraciones que reciben algunos operadores, se está teniendo un alto ausentismo de operadores, esto también ya se están contrarrestando con la contratación de más operadores y/o operadores que manejen más de un equipo ósea que pueda manejar camiones y tractor el estado que genera más demora es la falta de operador representando casi cuatro mil horas de demora en el que el camión minero está detenido, teniendo en cuenta que el costo por hora de cada camión Cat797F es de 252\$/Hr esta demora representa casi un millón de dólares.

4. Para reducir la variación en las productividades se debe de realizar simulaciones con curvas de velocidad actualizadas, esto quiere decir que se necesita realizar estudios de tiempo de camiones por pendientes, en este aspecto también ya se está trabajando realizando pesaje de los camiones para calibrar los factores de carguío de material que se asigna en el sistema DISPATCH.
5. Para la reducción de tiempo en la demora de lastrado de piso se están diseñando las fases de minado con anchos mayores 80 metros, esto permite que el equipo de carguío se traslade de un lado mientras se prepara el otro.
6. La capacitación de los operadores de equipo en el funcionamiento del sistema DISPATCH es de suma importancia ya que de estos depende el buen registro de los estados de los equipos mineros, también nos permitirá realizar mejores análisis de los datos y hacer seguimiento a los estados que más nos están afectando.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda implementar valores objetivos semanales y mensuales de MTBF y MTTR para las flotas de camiones mineros ya que esto nos permitirá llevar un control de la gestión del área de mantenimiento mina y también no permitirá saber que tan bien están en el tema de mantenibilidad y confiabilidad de los equipos mineros, los valores promedios los pueden tomar de los promedios obtenidos en esta investigación.
2. Se recomienda que los usuarios del sistema DISPATCH (despachadores) reciban capacitaciones del sistema ya que su uso inadecuado hace que los camiones hagan colas en los frentes de minado.
3. Se recomienda que los equipos mineros de carguío y acarreo trabajen en modo dinámico esto para una mejor asignación de recursos, ya que cuando se trabaja en este modo se aplican los algoritmos de la programación para una mejor asignación.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Dr. Roberto Hernández Sampieri (2010)- metodología de la investigación quinta. Mexico, McGraw-Hill. (páginas.736).
- Dr. Carlos Fernández Collado (2010)- metodología de la investigación quinta. Mexico, McGraw-Hill. (páginas.736).
- Dra. María del Pilar Baptista Lucio (2010)- metodología de la investigación quinta. México, McGraw-Hill. (páginas.736).
- Fernando D'Alessio Ipinza (2004) Administración y dirección de la producción- enfoque estratégico de calidad 2da edición. Mexico. Cámara Nacional de la Industria (páginas.570).
- Joseph Prokopenko (1989) LA GESTION DE LA PRODUCTIVIDAD- Manual práctico. Ginebra. Oficina Internacional del Trabajo. (páginas.317).
- William Hustrulid (2013) Open pit mine planning & design- volume 1 – fundamentals. London UK. CRC Press/Balkema. (páginas.736).
- Mark Kuchta (2013) Open pit mine planning & design- volume 1 – fundamentals. London UK. CRC Press/Balkema. (páginas.736).
- Modular mining systems. (2012) Ayuda del sistema dispatch. Peru. (páginas.993).

ANEXOS

MODELO DE MATRIZ DE CONSISTENCIA

TITULO: IDENTIFICACION DE FACTORES QUE AFECTAN LA PRODUCCIÓN DE CAMIONES MINEROS EN UNA MINA A TAJO ABIERTO.

NOMBRE: ANDRES ARÓSTEGUI CASTRO.

FORMULACION DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES Y	INDICADORES	DISEÑO METODOLOGICO
<p>Problema General ¿Cuáles son los factores que influyen en mayor medida en el no cumplimiento de la producción de los camiones mineros en la compañía minera?</p>	<p>Objetivo General Determinar cuáles son los factores que impactan en mayor medida en la predicción de la producción en la Compañía Minera.</p>	<p>Hipótesis General. Mejorando el pronóstico de la disponibilidad, la utilización y la productividad de los camiones mineros tendremos una mejor proyección de la producción</p>	<p>Variable dependiente: Y1: Cumplimiento del plan de producción</p>	<p>Indicadores -Cálculo de cumplimiento. -Realizar Comparaciones a fin de turno para identificar los factores que afectaron las variaciones.</p>	<p>Tipo de Investigación El tipo de investigación será cuantitativo ya que el estudio será delimitado, concreto. Población Recopilación de data histórica.</p>
PROBLEMA ESPECIFICOS	OBJETIVOS ESPECIFICOS	HIPOTESIS ESPECIFICAS	VARIABLE INDEPENDIENTES X	INDICADORES	Técnicas en recolección.
<p>1.- ¿Cómo influyen la baja disponibilidad en el cumplimiento del plan de producción?</p> <p>2.- ¿Cómo influyen las demoras en el no cumplimiento del plan de producción?</p> <p>3.- ¿Cómo influye la baja productividad de los equipos de mina en el plan de producción?</p>	<p>1.-Comparar las disponibilidades planeadas y reales de los equipos de acarreo. 2.-Identificar las demoras con mayor incidencia en la producción. 3.-Identificar otros factores que afectarían el ciclo de regular acarreo de un equipo minero.</p>	<p>a. Mejorando el pronóstico de la disponibilidad de equipos se podrá disminuir el no cumplimiento de los planes de minado. b. Mejorando el pronóstico de la utilización de equipos se podrá disminuir el no cumplimiento de los planes de minado. c. Identificando los factores que influyen en el acarreo se podrán mejorar la predicción de la productividad.</p>	<p>X1: Disponibilidad de equipos de carguío. X2: Utilización de los equipos de carguío. X3: Productividad de los equipos de carguío.</p>	<p>- Porcentajes de cumplimiento al finalizar cada turno. - Cálculos de tiempos en tramos angostos. - Comparaciones de disponibilidades.</p>	<p>- Los datos a analizar serán obtenidos de la base de datos generada por el sistema de seguimiento de equipos de mina DISPATCH.</p>

ANEXO 2.

2.1 CURRICULUM VITAE (español)

CURRICULUM VITAE

INFORMACIÓN PERSONAL

Nombre: ANDRES MICHAEL ARÓSTEGUI CASTRO.

Dirección: Urb. PASAJE BAQUIJANO MZ. "H" Lote. 15, Lima.

Teléfono: 992419340

Correo electrónico: andres68k@hotmail.com

Edad: 32 años.



PRESENTACIÓN

Ingeniero de Minas colegiado de la **UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA.**

Con alta capacidad de investigación, mente abierta a nuevos conocimientos, habilidad en el uso del criterio minero en el campo de acción de la Ingeniería para el uso de software aplicado a minería, para el trabajo en equipo y bajo presión. Alto desempeño en la organización, coordinación y trato con personal. Capacidad de liderazgo, responsabilidad, seriedad y actitud proactiva.

ESTUDIOS ACADÉMICOS

✓ **Estudios Superiores:**

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

MAESTRÍA EN GESTIÓN MINERA.

Escuela de Post-Grado FIGMM. (enero 2014-Diciembre2015).

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA.

INGENIERO DE MINAS (Titulado)

Escuela de Ing. de Minas. (2005-2010)

**BS GRUPO Y LA UNIVERSIDAD DE ANTOFAGASTA - ASISTENCIA
TÉCNICA S.A.**

DIPLOMADO INTERNACIONAL EN PLANIFICACION MINERA

(abril 2012 – abril 2013).

✓ **Estudios de Ingles:**

Centro de Idiomas CEPS-UNI (Ingles Maestría)- (junio 2017-Agosto2017).

EXPERIENCIA LABORAL

✓ Ingeniero Planeamiento a Corto Plazo.

GLENCORE –ANTAPACCAY (agosto 2015- Actualmente).

PLANEAMIENTO A CORTO PLAZO: Encargado de la realización e implementación de planificaciones diarias, semanales y mensuales alineados a los planes Forecast y Budget, coordinación con áreas de operaciones mina, voladura, geotecnia, mantenimiento eléctrico, mantenimiento mecánico y planta para el cumplimiento de los mismos.

✓ Ingeniero Administración DISPATCH.

GLENCORE –ANTAPACCAY (Julio 2014- Julio 2015).

Análisis diario de los indicadores claves de desempeño de equipos con búsqueda continua de áreas de oportunidad y mejora.

- ✓ Asistente Planeamiento a Corto Plazo.

XSTRATA COPPER–ANTAPACCA Y (agosto 2012- junio 2014).

PLANEAMIENTO CORTO PLAZO: Asistencia al seguimiento del cumplimiento de las planificaciones diarias, semanales y mensuales, coordinación con áreas involucradas para el cumplimiento de estos. Manejo de polígonos y modelo geológico para planear la ley del día. Cálculo de flota óptima, diseños de tajo, botaderos, stocks, límites, banqueos, rampas, bahías. Diseño de rutas en MINESIGHT y simulación (TALPAC), Manejo de planos Mina y data para topógrafos en WGS84.

- ✓ Profesional en entrenamiento, **COMPAÑÍA MINERA VOLCAN – Cerro SAC**, (enero 2012–Julio 2012). **PLANEAMIENTO MINA SUBTERRÁNEA**, diseño de proyectos control de operaciones unitarias, manejo de DATAMINE, realización de secciones de los proyectos y labores; Planeamiento semanal y mensual de Mina Subterránea, cálculo de flota óptima de equipos de carguío, acarreo y perforación.

TAJO RAÚL ROJAS: perforación, voladura, diseños de malla, simulación en JK BENCH, cálculo de rendimiento de flota y producción equipos.

2.2 CURRICULUM VITAE (English)

CURRICULUM VITAE

PERSONAL INFORMATION

Name: ANDRES MICHAEL ARÓSTEGUI CASTRO.

Address: Urb. PASAJE BAQUIJANO MZ. "H" Lote. 15, Lima.

Phone number: 992419340

Email address: andres68k@hotmail.com

Age: 32 years.



PRESENTACIÓN

Mining Engineer from the UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA. With high research capacity, open mind to new knowledge, skill in the use of mining criteria in the field of action of Engineering for the use of software applied to mining, for teamwork and under pressure. High performance in the organization, coordination and dealing with personnel. Leadership, responsibility, seriousness and proactive attitude.

ESTUDIOS ACADÉMICOS

✓ Education

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Master's Degree in Mining Management (January 2014 to December 2015).

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA.

Mining Engineer (2005-2010)

**BS GRUPO Y LA UNIVERSIDAD DE ANTOFAGASTA - ASISTENCIA
TÉCNICA S.A.**

DIPLOMADO INTERNACIONAL EN PLANIFICACION MINERA

(abril 2012 – abril 2013).

Estudios de Ingles:

Centro de Idiomas CEPS-UNI (Ingles Maestría)- (junio 2017-Agosto2017).

WORK EXPERIENCE

✓ **SHORT TERM PLANNING ENGINEER.**

GLENCORE -ANTAPACCAY (August 2015- Currently).

SHORT TERM PLANNING: Responsible for the implementation and implementation of daily, weekly and monthly plans aligned to the Forecast and Budget plans, coordination with mine operations areas, blasting, geotechnical, electrical maintenance, mechanical maintenance and plant for the fulfillment thereof .

✓ **DISPATCH ADMINISTRATION ENGINEER.**

GLENCORE -ANTAPACCAY (July 2014- July 2015).

Daily analysis of the key performance indicators of teams with continuous search of areas of opportunity and improvement.

✓ **SHORT TERM PLANNING ASSISTANT.**

XSTRATA COPPER-ANTAPACCAY (August 2012- June 2014).

SHORT-TERM PLANNING: Assistance in monitoring compliance with daily, weekly and monthly planning, coordination with areas involved for the fulfillment of these. Polygon management and geological model to plan the law

of the day. Optimal fleet calculation, pit designs, dumps, stocks, limits, banking, ramps, bays. Design of routes in MINESIGHT and simulation (TALPAC), Management of mine plans and data for surveyors in WGS84.

- ✓ Professional in training, COMPAÑÍA MINERA VOLCAN - Cerro SAC, (January 2012-July 2012). UNDERGROUND MINE PLANNING, design of projects, control of unit operations, management of DATAMINE, realization of sections of projects and tasks; Weekly and monthly planning of Underground Mine, calculation of optimal fleet of loading, hauling and drilling equipment. TAJO RAÚL ROJAS: drilling, blasting, mesh designs, simulation in JK BENCH, calculation of fleet performance and production equipment.