



Universidad Nacional

SAN LUIS GONZAGA



Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional

Esta licencia es la más restrictiva de las seis licencias principales Creative Commons, permitiendo a otras solo descargar sus obras y compartirlas con otras siempre y cuando den crédito, pero no pueden cambiarlas de forma alguna ni usarlas de forma comercial.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0>



Recibo de pago N° 807759

Visto el Informe N° 031-2025-PIEO-UI-FIMEE-UNSLG, emitido la operaria del sistema de antiplagio se emite la siguiente constancia:

N° 028-2025

CONSTANCIA

El que suscribe, director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería Mecánica Eléctrica y Electrónica, hace constar que se ha realizado el análisis con el software de verificación de similitud del **Trabajo de Suficiencia Profesional** cuyo título es:

“IMPLEMENTACIÓN DEL ÁREA DE ENSAMBLE DE MOTORES DIÉSEL EN UNA EMPRESA FABRICANTE DE MAQUINARIA PESADA PARA MINERÍA SUBTERRANEA”

Presentado por:

GUERRA BRAVO, ROBERTO JESUS

BACHILLER de la Facultad INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA – Escuela Profesional de INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA. El resultado obtenido es un porcentaje de UNO POR CIENTO (1%), por el cual se le otorga el calificativo de:

APROBADO

Se adjunta al presente, el reporte de evaluación con el software de verificación de originalidad.

Ica, 06 de Febrero del 2025

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA"
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

Dr. José Luis Donayre Pasache
DIRECTOR DE UNIDAD

“UNIVERSIDAD NACIONAL SAN LUIS GONZAGA”
“FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA Y
ELECTRÓNICA”



TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

IMPLEMENTACIÓN DEL ÁREA DE ENSAMBLE DE MOTORES
DIÉSEL EN UNA EMPRESA FABRICANTE DE MAQUINARIA
PESADA PARA MINERÍA SUBTERRANEA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

LINEA DE INVESTIGACIÓN:
INGENIERÍA MECÁNICA

AUTOR:
GUERRA BRAVO ROBERTO JESUS

ASESOR:
PERCY ABEL GONZALES ALLAUJA
ICA-PERU

2024

DEDICATORIA

Esta dedicatoria va dirigida a mi familia por acompañarme en cada momento y ser la fuente de mi inspiración para lograr mis metas.

Guerra Bravo Roberto Jesús

AGRADECIMIENTO

A Dios por permitirme llegar hasta aquí y darme salud para poder continuar con mis objetivos.

Guerra Bravo Roberto Jesús

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
INTRODUCCIÓN	1
Objetivo	2
Objetivo General.....	2
Objetivos Específicos:	3
CAPÍTULO I: CONTEXTO EN EL QUE SE DESARROLLÓ LA EXPERIENCIA	13
1.1. Descripción de la empresa	13
1.1.1. Ubicación.....	14
1.1.2. Actividad	14
1.1.3. Misión y Visión de la empresa	19
1.1.4. Organización.....	20
CAPITULO II: TRAYECTORIA PROFESIONAL	22
2.1. Descripción general de experiencia	22
2.1.1. Actividad profesional desempeñada	22
2.1.2. Propósito del Puesto	23
2.1.3. Producto o Proceso que es objeto del informe.....	23
CAPÍTULO III: APLICACIÓN PROFESIONAL	24
3.1. Contexto Laboral	24
3.2. Determinación y análisis del problema	25
3.3. Proyecto de Solución	26
3.3.1. Planificación de la implementación.....	27
3.3.2. Desarrollo de la Implementación.....	29
3.3.3. Talento Humano	30
3.3.4. Implementación de cambios o mejoras.....	32
CAPITULO IV: APORTES A LA INSTITUCIÓN	41
4.1. Evaluación del proyecto	41
CONCLUSIONES	54
RECOMENDACIONES	55

REFERENCIAS.....	56
ANEXOS.....	57
ANEXO 1: Ficha técnica de Jumbo BOLTER 99	57
ANEXO 2: Ficha técnica de motor CAT C4.4.....	62
ANEXO 3: Formato de Check list ensamble de motores.....	70

ÍNDICE TABLAS

Tabla 1 Portafolio de Productos	15
Tabla 2 Diagrama de Gantt de Implementación.....	28
Tabla 3 Porcentaje de Componentes por Operación	33
Tabla 4 Horas Hombre por Operación	33
Tabla 5 Eficacia pre Implementación.....	41
Tabla 6 Horas Hombre Teóricas en Ensamble de Motor Bolter 99	43
Tabla 7 Indicador de Eficiencia, Eficacia y Productividad del Técnico #1, mes de enero por equipos	44
Tabla 8 Indicador de Eficiencia, Eficacia y Productividad del Técnico #2, mes de enero por equipos	45
Tabla 9 Indicador de Eficiencia, Eficacia y Productividad del Técnico #3, mes de enero por equipos.	45
Tabla 10 Indicador de Eficiencia, Eficacia y Productividad del Técnico #4, mes de enero por equipos	46
Tabla 11 Indicador de Eficiencia, Eficacia y Productividad del Técnico #5, mes de enero por equipos	46
Tabla 12 Indicador de Eficiencia, Eficacia y Productividad Total por Técnico en el mes de enero	47
Tabla 13 Indicador de Eficiencia, Eficacia y Productividad de los 05 Técnicos, mes de febrero por equipos	48
Tabla 14 Indicador de Eficiencia, Eficacia y Productividad Total por Técnico en el mes de febrero	50

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Motor CAT	5
Figura 2 Sistema de aire motor Caterpillar	7
Figura 3 Sistema de combustible motor Caterpillar	8
Figura 4 Arrancador de motor Caterpillar.....	9
Figura 5 Alternador de motor Caterpillar.....	10
Figura 6 Resemin en el mundo.....	14
Figura 7 Equipo Muki FF.....	16
Figura 8 Equipo Troidon 66.....	16
Figura 9 Equipo Bolter 99.....	18
Figura 10 Equipo Raptor 55-2R.....	19
Figura 11 Organigrama	20
Figura 12 Calendario de reuniones.....	29
Figura 13 Formato de Descripción de Puesto de trabajo.....	30
Figura 14 Organigrama del área ensamble de motores	31
Figura 15 Listado de componentes principales del acoplamiento de motor y caja	35
Figura 16 Acoplamiento de motor y caja	35
Figura 17 Soportes para enfriador	36
Figura 18 Soportes de motor	36
Figura 19 Soporte y amortiguador	37
Figura 20 Formato de check list.....	38
Figura 21 Instrumento de análisis de gases	39
Figura 22 Boucher de análisis de gases.....	39
Figura 23 Evolución de la Eficacia pre implementación	41
Figura 24 Eficiencia, Eficacia y Productividad Área de Motores Diciembre-23	44
Figura 25 Indicadores por técnico en el mes de enero	47
Figura 26 Eficiencia, Eficacia y Productividad Área de Motores Enero-24	47
Figura 27 Indicadores por técnico en el mes de febrero.....	50
Figura 28 Eficiencia, Eficacia y Productividad Área de Motores Febrero-24	51
Figura 29 Comparación de indicadores Dic-23, Ene-24 y Feb-24 Fuente: Elaboración propia	51
Figura 30 Evolución de Eficacia del Área de ensamble de motores	52
Figura 31 Cantidad de Observaciones del Área de calidad.....	53

RESUMEN

El presente trabajo de suficiencia se realizó en una empresa fabricante de maquinaria pesada para minería subterránea con el objetivo de implementar un área de ensamble de motores diésel que permita mejorar los procesos productivos en sus diferentes sistemas u operaciones de ensamble, y así contribuir en mejorar los tiempos de ensamble final de un equipo para minería.

Concluye el trabajo después de haberse llevado a cabo la implementación y teniendo como resultados indicadores de control que tienden a una mejora continua.

ABSTRACT

The present sufficiency work was carried out in a company that manufactures heavy machinery for underground mining with the objective of implementing a diesel engine assembly area that allows improving production processes in its different systems or assembly operations, and thus contributing to improving the final assembly times of mining equipment.

The work concludes after having carried out the implementation and having as results control indicators that tend to continuous improvement.

INTRODUCCIÓN

La historia minera de nuestro país se ha preservado y enriquecido gracias a la presencia de destacadas empresas a nivel global. La abundancia de recursos geológicos, la disponibilidad de información catastral y geológica confiable, la presencia de proveedores de alta calidad y un marco legal que fomenta la inversión privada hacen que Perú sea uno de los destinos más atractivos para la inversión en minería a nivel mundial.

Hoy en día la industria minera contribuye al desarrollo económico del país y la tendencia al alza en diversos mercados ha despertado el interés de estas organizaciones en adquirir equipos mineros avanzados para incrementar la producción.

Uno de los requisitos para incrementar la producción y captar clientes es tener el mejor tiempo de ensamble y entrega de equipos jumbos, ante ello nace la necesidad de mejorar los tiempos de ensamble tanto de los ensambles menores como del ensamble final del equipo.

Los sistemas de producción y sus procesos pueden ser diversos y clasificados de varias formas, dentro de los procesos de producción los más usuales son los sistemas continuos, sistemas intermitentes, sistemas modulares y sistemas por proyectos, todos estos tienen la finalidad de transformar materias primas o componentes en productos finales maximizando la eficiencia y productividad.

Los ensambles menores o subensambles de un jumbo son la similitud de un sistema de producción tipo modular, en el cual su ensamblaje debe ser anticipado y en puede llegar ser almacenado, este subensamble cuenta con las características de poder ser utilizado en diversos productos finales, minimizando tiempos y aumentando la productividad.

Problemática

Según Grisold (2022), las empresas han llegado a reconocer que los métodos tradicionales no son suficientes para optimizar los procesos clave en proyectos de gran envergadura e infraestructuras. En este sentido, la Gestión por Procesos emerge como una alternativa innovadora para abordar procesos críticos o que requieren mejoras. [1]

Siguiendo la misma línea, en Bustamante (2020) se destaca la importancia de innovar en la organización de los procesos con el fin de establecer una estructura de actividades que refleje un rendimiento eficiente. Muchas empresas enfrentan desafíos de productividad y, por lo tanto, necesitan abordar nuevos desafíos en la gestión estratégica que influyan en el ciclo operativo, parte integral de la gestión por procesos. En este contexto, el análisis de los problemas permite diagnosticar la situación actual para alinear las acciones con la misión, visión y objetivos de la empresa, buscando mejorar su posicionamiento en un mercado competitivo. [2]

En el escenario local, Resemin es una empresa que desde el año 2015 tiene un incremento sostenido en ventas de equipos de perforación, esto permite que la empresa año tras año se posicione mejor en el mercado local, así como también en el mercado internacional.

Sin embargo, este aumento en la venta de equipos de perforación demanda una mejor respuesta en cuanto a los tiempos de entrega, y la empresa se vio en la necesidad de aumentar su capacidad de planta a corto plazo, lo cual no soluciona por completo el gran reto que tiene Resemin de poder fabricar equipos de calidad en un menor tiempo y a costos competitivos en el mercado, por ello una planificación que crezca de la mano con la capacidad es determinante para el éxito.

Enfocándonos en minimizar tiempos de ensamble, se evidencia que la metodología de ensamble podría mejorarse aún más ya que Resemin cuenta con un tipo de fabricación estacionario en bahías en el cual el equipo inicia y termina en un solo centro de trabajo.

Objetivo

Objetivo General

Implementar un área de ensamble de motores diésel con la finalidad de abastecer oportunamente al área de ensamble de equipos de manera eficaz.

Objetivos Específicos:

- Mejorar la eficiencia en el proceso de ensamble de motores diésel.
- Mejorar la productividad en el proceso de ensamble de motores diésel.
- Mejorar y garantizar la calidad del ensamble de motor y sus sistemas.

Bases teóricas del trabajo

Equipos de perforación

Las perforadoras son un conjunto de piezas y mecanismos que realizarán las tareas de hacer taladros (agujeros) en: macizos rocosos, suelos, concreto, entre otros materiales los que posteriormente serán volados por la acción de los explosivos o permanecerán intactos de acuerdo al uso que se les destine.

Clasificación de los equipos de perforación según el agente impulsor, perforación Mecánica:

- Perforación por aire comprimido
- Perforadoras eléctricas
- Perforadoras a gasolina:
- Perforadoras hidráulicas:

Motor diésel

El motor Cat C4.4 es un motor diésel fabricado por Caterpillar Inc. Es parte de la serie de motores diésel Cat C4, que son conocidos por su eficiencia, durabilidad y rendimiento en una variedad de aplicaciones.

Potencia y rendimiento: El motor Cat C4.4 está disponible en diferentes configuraciones de potencia, que pueden variar según la aplicación específica. Estos motores están diseñados para ofrecer un rendimiento óptimo en una amplia gama de condiciones operativas. El motor Cat C4.4

puede ofrecer una potencia nominal que varía según la aplicación y la configuración específica, pero generalmente se encuentra en el rango de 74 a 129 kilovatios (kW) o 99 a 173 caballos de fuerza (hp).

Tecnología avanzada: El motor Cat C4.4 incorpora tecnología avanzada para cumplir con los estándares de emisiones y mejorar la eficiencia del combustible. Puede incluir características como inyección electrónica de combustible, sistemas de control de emisiones y tecnología de gestión del motor para maximizar la potencia y minimizar el consumo de combustible.

Mantenimiento y servicio: Caterpillar proporciona soporte integral para sus motores, incluido el Cat C4.4. Esto puede incluir programas de mantenimiento preventivo, servicios de reparación y piezas de repuesto originales para garantizar un rendimiento óptimo y una vida útil prolongada del motor.

Desplazamiento: El desplazamiento del motor puede variar dependiendo de la configuración, pero típicamente se encuentra alrededor de 4.4 litros.

Configuración del motor: Es un motor diésel de 4 tiempos, con una configuración en línea de 4 cilindros.

Sistema de inyección: Incorpora un sistema de inyección de combustible electrónico de alta presión (common rail) para una mejor eficiencia y control de la combustión.

Sistema de control de emisiones: Cumple con los estándares de emisiones aplicables, lo que puede incluir la tecnología de reducción catalítica selectiva (SCR) y la recirculación de gases de escape (EGR), según la normativa y la aplicación específica.

Enfriamiento: Utiliza un sistema de enfriamiento líquido para regular la temperatura del motor durante su funcionamiento.

Arranque: Puede estar equipado con un sistema de arranque eléctrico o de arranque manual, dependiendo de la aplicación y las preferencias del cliente.

Aplicaciones: Se utiliza en una amplia variedad de aplicaciones, que incluyen equipos de construcción, maquinaria agrícola, generadores eléctricos, equipos industriales y marinos, entre otros.

Cumplimiento de normativas: El motor Cat C4.4 cumple con las regulaciones y normativas ambientales aplicables en diferentes regiones. Esto puede implicar la incorporación de sistemas de tratamiento de gases de escape para reducir las emisiones contaminantes y cumplir con los estándares de emisiones vigentes.

En resumen, el motor Cat C4.4 es una opción popular en diversas industrias debido a su potencia, rendimiento, versatilidad y fiabilidad. Es utilizado en una amplia gama de aplicaciones y está respaldado por el servicio y soporte de Caterpillar (ver anexo 2).

Figura 1
Motor CAT



Fuente: Pagina web Caterpillar

La construcción de un motor diésel en un equipo de perforación jumbo sigue un procedimiento particular que puede tener algunas variaciones según el fabricante y el modelo del equipo. No obstante, se puede ofrecer una visión general de los sistemas principales que podrían participar en este proceso de ensamblaje:

Sistema de admisión de aire

Este mecanismo tiene la responsabilidad de proveer aire puro al motor diésel con el fin de que pueda llevar a cabo la combustión. Engloba elementos como el filtro de aire, el conducto de entrada y, en ocasiones, un sistema de precalentamiento diseñado para facilitar el arranque en ambientes fríos.

- Elemento de filtración de aire: La etapa inicial del sistema de admisión de aire comprende un filtro de aire altamente eficiente, cuya función principal consiste en eliminar las impurezas y partículas presentes en el aire antes de que este sea introducido en el motor.
- Compresor de sobrealimentación (opcional): En función de la disposición particular del motor, podría incorporarse un compresor de sobrealimentación que eleva tanto la presión como la densidad del aire que ingresa en los cilindros
- Intercooler (opcional): En determinadas variantes, especialmente en aquellas equipadas con compresor de sobrealimentación, se podría integrar un refrigerador de aire de admisión que enfría el aire comprimido previo a su entrada en los cilindros. Esta función contribuye a incrementar aún más la densidad del aire, mejorando de esta manera la eficacia de la combustión.
- Colectores de admisión: El aire purificado y comprimido se dirige desde el filtro de aire y, si está presente, el compresor de sobrealimentación, a través de los conductos de entrada hacia los cilindros del motor. Estos conductos están configurados para distribuir de manera equitativa el aire a cada cilindro, promoviendo una combustión eficaz.
- Sistema de control de aire: El motor Caterpillar C4.4 cuenta con un sistema de gestión electrónica que regula la cantidad de aire ingresado en los cilindros según la carga del motor y otras variables operativas. Esto asegura una mezcla de aire y combustible óptima en todo momento, con el fin de maximizar la eficiencia y minimizar las emisiones.

En síntesis, el sistema de entrada de aire del motor Caterpillar C4.4 ha sido concebido para ofrecer un suministro de aire limpio, comprimido y regulado a los cilindros del motor, con el propósito de lograr una combustión eficaz y un desempeño óptimo.

Figura 2

Sistema de aire motor Caterpillar



Fuente: Página web Caterpillar

Sistema de combustible

1. Bomba de Inyección: La función principal de la bomba de inyección consiste en comprimir y distribuir el combustible a una presión elevada a través de los conductos de inyección hacia los cilindros en el momento preciso del ciclo de combustión.
2. Inyectores de combustible: Cada cilindro está provisto de un inyector de combustible cuya función es pulverizar el diésel en la cámara de combustión en el momento adecuado. Estos inyectores son controlados electrónicamente para asegurar una inyección precisa y eficiente de combustible, adaptada a las condiciones de funcionamiento del motor.
3. Sistema de filtración de combustible
4. Regulador de presión de combustible
5. Sistema de gestión electrónica: El motor Caterpillar C4.4 cuenta con un sistema de control electrónico que supervisa y regula múltiples aspectos del sistema de combustible, tales como la cantidad de combustible inyectado, el momento de la inyección y la presión del combustible, con el fin de mejorar la eficiencia de la combustión y reducir las emisiones al mínimo.

Figura 3

Sistema de combustible motor Caterpillar



Fuente: Página web Caterpillar

Sistema de Lubricación.

El sistema de lubricación de un motor Caterpillar, como el C4.4, es esencial para garantizar un funcionamiento suave y confiable del motor, así como para prolongar su vida útil. Aquí tienes una descripción general de los conceptos principales relacionados con el sistema de lubricación:

1. Aceite lubricante
2. Bomba de aceite
3. Filtro de aceite
4. Canalización de aceite
5. Refrigeración del aceite
6. Nivel y calidad del aceite
7. Sistema de Enfriamiento.

Durante su operación, el motor diésel produce una considerable cantidad de calor, de ahí la importancia de contar con un sistema de refrigeración que asegure mantenerlo a una temperatura

adecuada. Este sistema puede estar compuesto por elementos como el radiador, el termostato, la bomba de agua y conductos de refrigeración.

Sistema Eléctrico

Compuesto por:

1. Batería
2. Motor de arranque
3. Alternador
4. Sistema de Carga
5. Cableado y conectores
6. Sensores y actuadores
7. Panel de control
8. Sistema de protección eléctrica

Estos son los componentes principales del sistema eléctrico de un motor Caterpillar C4.4. Un sistema eléctrico eficiente y confiable es fundamental para el rendimiento óptimo y la seguridad del motor y del equipo en el que se encuentra instalado.

Figura 4

Arrancador de motor Caterpillar



Fuente: Página web Caterpillar

Figura 5

Alternador de motor Caterpillar



Fuente: Página web Caterpillar

Sistema de Escape

Compuesto por:

1. Colector de escape
2. Tubo de escape
3. Silenciador
4. Sistema de tratamiento posterior de gases (opcional)
5. Sensor de oxígeno
6. Aislamiento térmico

Indicadores de gestión

Es importante antes de ahondar en la evaluación del proyecto definir conceptos básicos sobre parte de los indicadores de medición.

En Arrogante (2018), La productividad se define como la relación entre la cantidad de producción generada y el tiempo empleado en ello. Cuanto menos tiempo y recursos se necesiten para lograr la misma cantidad de producción, mayor será la productividad. [3]

Méndez (2017), La productividad surge de los esfuerzos realizados en las operaciones para alcanzar metas, aprovechando de manera óptima los recursos y materiales en la producción. Implica la relación entre la cantidad de productos elaborados y los factores empleados en su producción. Dentro del proceso productivo, es necesario cumplir con estándares de calidad y las demandas del mercado para satisfacer al cliente. Aunque el término puede variar según el sector o actividad económica, siempre se refiere a la relación entre los resultados obtenidos y los recursos empleados. [4]

Ecuación 1 Cálculo de la productividad.

$$\textit{Productividad} = \textit{Eficiencia} \times \textit{Eficacia}$$

Fuente: Méndez (2017)

Eficiencia

Según Murcia et al. (2019), La eficiencia implica utilizar los recursos disponibles de manera óptima, de modo que se necesiten menos recursos para lograr los mismos resultados. Para asegurar la eficiencia, es crucial considerar el contexto en el que se lleva a cabo la actividad. Además, en la evaluación de proyectos, la eficiencia es una de las categorías de los índices de gestión, que evalúa cómo se cumplen los procesos en relación con los recursos utilizados, integrando diversos factores cuantitativos. [5]

Ecuación 2 Cálculo de la eficiencia.

$$\textit{Eficiencia} = \frac{\textit{Recursos empleados}}{\textit{Recursos planificados}} \times 100\%$$

Eficacia

Murcia et al. (2019), La eficacia evalúa si los objetivos establecidos se han logrado, sin tener en cuenta la cantidad de recursos utilizados. Se expresa en términos cuantitativos y se utiliza como indicador para monitorear el progreso de un proyecto, ya que se enfoca en cumplir con las tareas asignadas. En resumen, lo crucial es alcanzar los logros de acuerdo con los planes estratégicos y operativos establecidos, sin tener en cuenta otros factores. [5]

Ecuación 3 Cálculo de la eficacia,

$$Eficacia = \frac{Producción\ realizada}{Producción\ planificada} \times 100\%$$

Nota. Extraído de Murcia et al (2019)

CAPÍTULO I: CONTEXTO EN EL QUE SE DESARROLLÓ LA EXPERIENCIA

1.1. Descripción de la empresa

El presente informe se desarrolla en Resemin, empresa peruana fundada en el año 1989, en sus primeros años se dedicó a la venta de repuestos para minería y en el año 2001 en un momento de incertidumbre económica a nivel mundial, fabrica su primer equipo de perforación para minería llamado Raptor. En el año 2002, Resemin exporta su primer equipo Raptor a Zambia y en el 2003 tiene su primera venta en el sector sudamericano esta vez en Chile.

En la actualidad, la empresa ha logrado consolidarse como el tercer mayor fabricante global de equipos de perforación para minería subterránea, siendo su mayor virtud el diseño de equipos para ventas angostas por lo que se diferencia significativamente de sus competidores.

El crecimiento en Resemin continua, se sustenta en su estrategia empresarial, su enfoque hacia la innovación tecnológica y la importancia que otorga a su talento humano, respaldado siempre por sus valores fundamentales y los principios centrales de seguridad y productividad.

A lo largo de los años, Resemin ha desarrollado una sólida presencia a nivel mundial. Sus equipos se utilizan en operaciones mineras subterráneas en diversos países, lo que refleja la confianza y la reputación de la empresa en la industria. Resemin trabaja en estrecha colaboración con sus clientes para comprender y satisfacer sus necesidades específicas, adaptándose a las condiciones y regulaciones locales en cada región.

Figura 6

Resemin en el mundo



Fuente: Página web Resemin

1.1.1. Ubicación

País: Perú

Departamento: Lima

Provincia: Lima

Distrito: Ate

Dirección: Luis Galvani N° 356, Ate, Lima – Perú

RUC: 20100307902

Razón social: Resemin S.A.

1.1.2. Actividad

Resemin, es una empresa peruana que fabrica equipos de perforación para la minería subterránea, así como también equipos utilitarios.

La empresa se posiciona como el único productor peruano que suministra equipos mecanizados destinados a la minería subterránea, centrándose especialmente en el segmento de desarrollo de túneles estrechos, con dimensiones aproximadas de tres por tres metros, y se distingue por ofrecer maquinaria con bajos costos operativos. Resemin proporciona máquinas de diseño simple, robustas y a pesar de su

simplicidad fáciles de operar. Además, garantiza el mayor retorno de inversión en el ámbito de la minería subterránea, que presenta un considerable potencial de crecimiento a mediano plazo, superando las perspectivas de la minería a cielo abierto a nivel mundial.

Dentro de su portafolio de productos podemos agruparlos por: Jumbos, los cuales pueden ser de perforación frontal, de fortificación y de taladros largos; los Cargadores o scoops; desatoradores de roca y los utilitarios.

Tabla 1
Portafolio de Productos

		Muki FF
Jumbos	Perforación frontal	Troidon 44
		Troidon 55
		Troidon 66
	Fortificación	Muki Bolter
		Small Bolter 99
		Bolter 99
		Muki 22
	Taladros largos	Muki LHBP
		Raptor 44
		Raptor 55
Cargadores	Raptor 7X	
	Sfl 35	
Otros productos	Desatoradores de roca	Scalemin
		Suri 22
	Utilitarios	Sl 11
		Pbus 20
	Especiales	Pbus 32
Ac-11 Anfo Charger		
		Ec-22 Emulsion Charger

Fuente: Elaboración propia

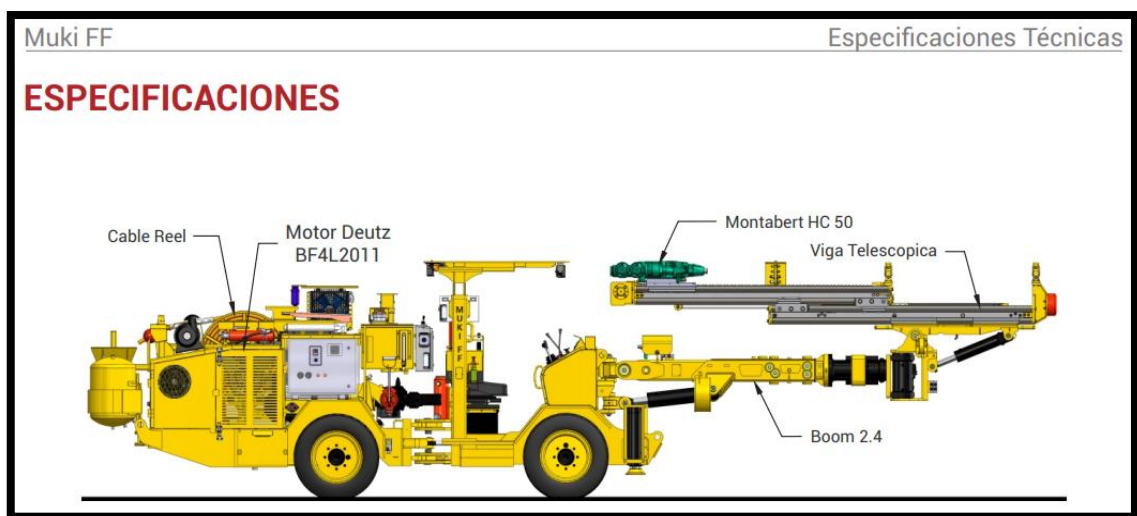
Dentro de los Jumbos más destacados tenemos:

Muki FF

Es un jumbo electrohidráulico de perforación frontal, siendo uno de los equipos emblema de la empresa por contar con dimensiones pequeñas de 1.05 m de ancho, recomendado para secciones pequeñas de 1.5 m de ancho x 2.0 m de alto hasta secciones de 3.5 x 3.5 m. Viene equipado con un brazo hidráulico modelo boom 2.4 que se le monta una viga telescópica de 6'-10' o 8'-10'.

Figura 7

Equipo Muki FF



Fuente: Página web Resemin

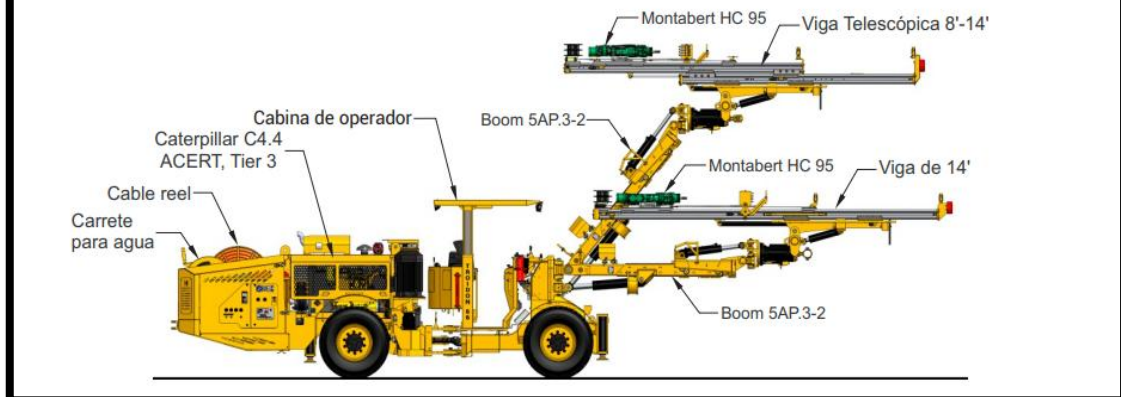
Troidon 66

Es un jumbo electrohidráulico de dos brazos con paralelismo automático con una cobertura de perforación de 45 m², viene con una perforadora Montabert modelo HC 95 de 22kW que incorpora Back Hammering para evitar el atascamiento de barras. Sus modelos de brazos hidráulicos son boom 5AP.3-2 con una viga de avance de 14' o 16', así como también puede contar con vigas telescópicas de 10' a 16'.

El motor diésel de este equipo es un Caterpillar C4.4 ACERT Tier 3 que cuenta con una potencia de 106 kW - 2200 rpm acoplado a una caja de transmisión Danna T20000. (ver anexo 1).

Figura 8

Equipo Troidon 66

ESPECIFICACIONES

Fuente: Página web Resemin

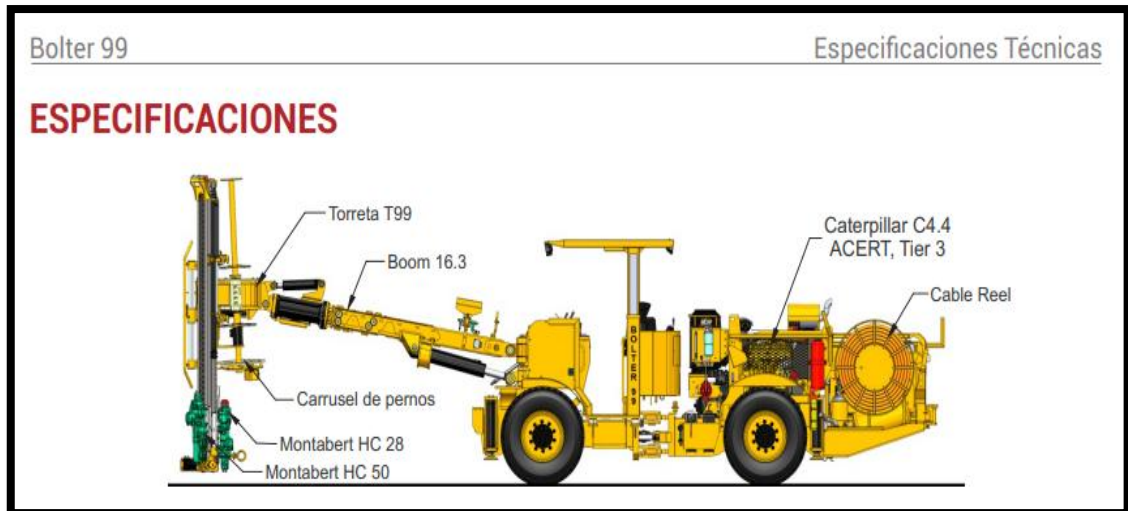
Bolter 99

Es un equipo para fortificación y enmallado mecanizado, permite reforzar de manera eficiente y segura las estructuras de los techos en las minas subterráneas, ideal para secciones de 3.4 x 3.4 m. hasta labores de 7.8 m de altura. Equipado con Torreta de Empernado T99 con dos perforadoras Montabert, una HC 50 para la perforación y una HC 28 para empernado y Carrusel de pernos.

El motor diésel de este equipo es un Caterpillar C4.4 ACERT Tier 3 que cuenta con una potencia de 106 kW - 2200 rpm acoplado a una caja de transmisión Danna T20000 (ver anexo 1).

Figura 9

Equipo Bolter 99



Fuente: Página web Resemin

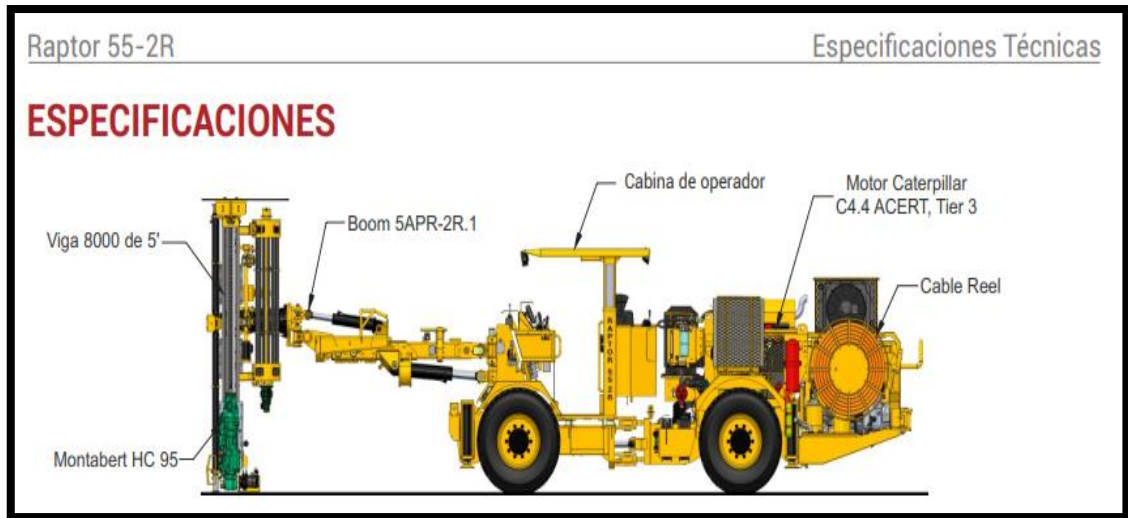
R 55-2R

es un jumbo electrohidráulico para perforación de tiros largos, su brazo hidráulico

cuenta con paralelismo automático, equipado con 2 unidades de rotación que permite perforar muy cerca de ambas paredes de la sección de la mina. El motor diésel de este equipo es un Caterpillar C4.4 ACERT Tier 3 que cuenta con una potencia de 106 kW - 2200 rpm acoplado a una caja de transmisión Danna T12000.

Figura 10

Equipo Raptor 55-2R



Fuente: Pagina web Resemin

1.1.3. Misión y Visión de la empresa

Misión

Atender los requerimientos de clientes, accionistas, empleados y proveedores en la industria minera mediante la oferta de productos y la administración de nuestras operaciones, asegurando elevados niveles de calidad, eficacia y competitividad. Buscamos mantener la mejor relación entre precio y valor, lograr una rentabilidad destacada y experimentar un crecimiento sostenido en la producción de maquinaria destinada a soluciones en la minería subterránea.

Visión

Ser una corporación líder en el sector minero nacional e internacional, con un portafolio completo de maquinarias innovadoras, de fácil manejo y alta calidad, diseñadas especialmente para solucionar diferentes necesidades en la operación y explotación de la minería subterránea.

Valores de la empresa

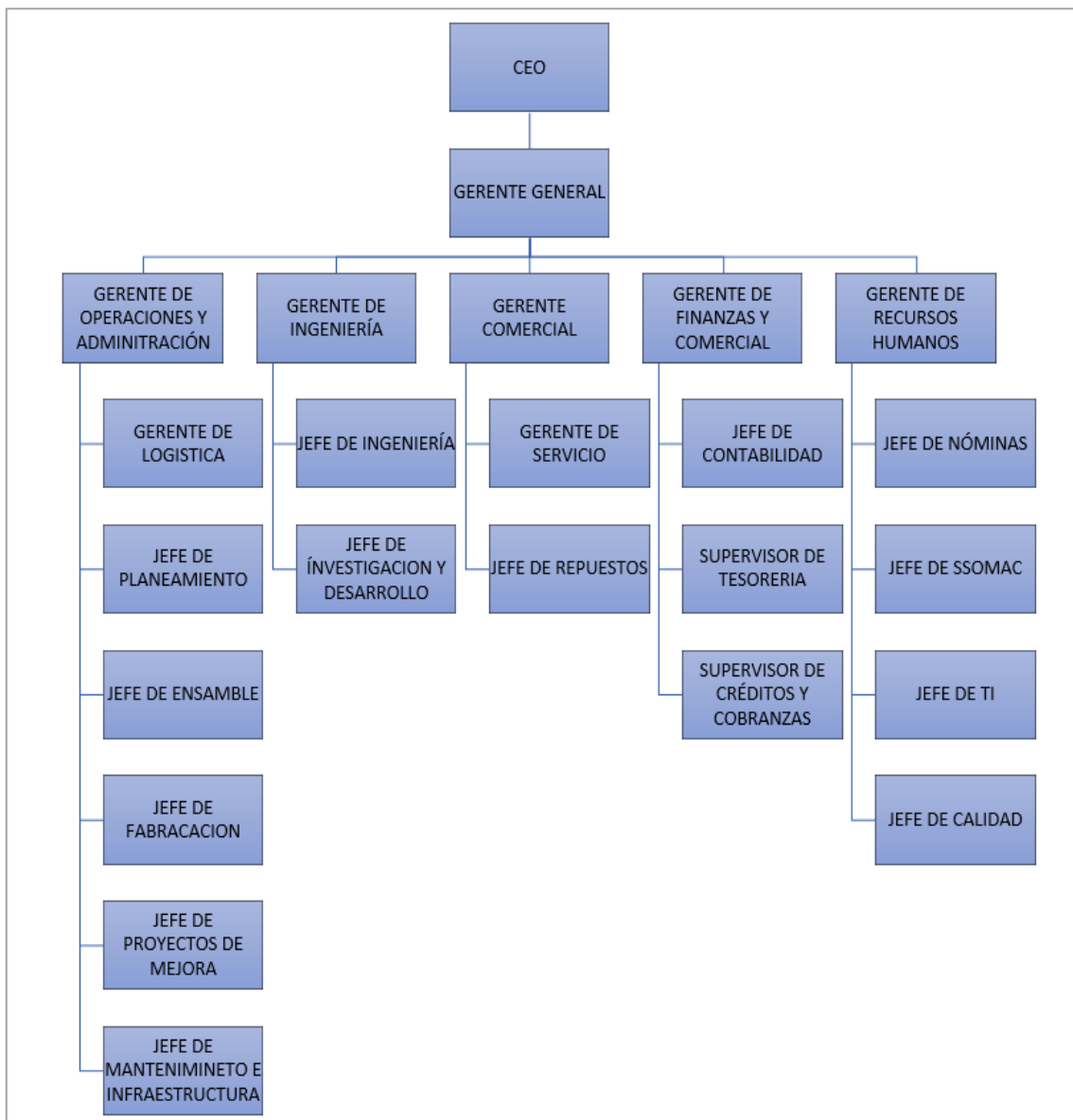
- ✓ Confianza
- ✓ Lealtad

- ✓ Innovación
- ✓ Compromiso
- ✓ Calidad
- ✓ Seguridad

1.1.4. Organización.

La Organización de la empresa cuenta con un CEO y un gerente general que a su vez tiene a cargo 5 gerencias confirmadas estratégicamente las cuales trabajan en coordinación con un propósito común.

Figura 11
Organigrama



Fuente: Elaboración propia

Áreas de trabajo

Investigación y Desarrollo (I+D): Resemin dedica recursos significativos a la investigación y desarrollo de nuevas tecnologías y mejoras en sus productos existentes. Esta área se centra en la innovación para diseñar equipos de perforación más eficientes, seguros y sostenibles que cumplan con las necesidades cambiantes de la industria minera.

Ingeniería de Diseño: El equipo de ingeniería de diseño de Resemin es responsable de convertir las ideas y conceptos en productos tangibles. Trabajan en estrecha colaboración con el equipo de I+D para desarrollar diseños innovadores y funcionales que cumplan con los estándares de calidad y seguridad de la industria.

Producción y Fabricación: Resemin cuenta con instalaciones de producción y fabricación equipadas con tecnología de vanguardia. Esta área se encarga de la fabricación de los equipos de perforación, desde la adquisición de materias primas hasta el montaje final, asegurando altos estándares de calidad en cada etapa del proceso.

Control de Calidad: Para garantizar la fiabilidad y durabilidad de sus productos, Resemin tiene un riguroso sistema de control de calidad. Este equipo se encarga de realizar pruebas exhaustivas en cada unidad fabricada para asegurar que cumpla con las especificaciones técnicas y los estándares de la empresa antes de su entrega al cliente.

Venta y Distribución: la empresa tiene una red global de ventas y distribución que abarca varios países y regiones. Este equipo se encarga de comercializar los productos de la empresa, identificar oportunidades de negocio y establecer relaciones con clientes potenciales en el mercado de la minería subterránea.

Servicio Posventa: La empresa ofrece un servicio posventa integral que incluye instalación, puesta en marcha, capacitación técnica, mantenimiento y soporte técnico continuo. Este equipo se encarga de garantizar el funcionamiento óptimo de los equipos de perforación y la satisfacción del cliente a lo largo de toda la vida útil del producto.

CAPITULO II: TRAYECTORIA PROFESIONAL

2.1. Descripción general de experiencia

La empresa cuenta con diferentes áreas creadas estratégicamente, en mi experiencia profesional e logrado trabajar en tres de ellas, estas son: Operaciones técnicas, Planeamiento de la producción y el área de ensamble de Motores.

La experiencia profesional se sustenta en 6 años ininterrumpidos laborando en la empresa Resemin en el cual adquirí los conocimientos y vivencias que forman parte de mi experiencia profesional que se ha sostenido a lo largo de este tiempo, por tanto, se puede evidenciar que he venido realizando una formación de línea de carrera.

2.1.1. Actividad profesional desempeñada

El área de ensamble de Motores cuenta con autonomía y sus actividades son reportadas directamente a la gerencia de Operaciones, su creación nace a partir de la demanda de poder anticipar el ensamble parcial de motores diésel y poder mejorar la eficiencia del producto final que son los equipos de perforación o utilitarios.

Como Analista de Planeamiento de Producción y encargado del área de Ensamble de Motores reporto a la gerencia de Operaciones.

Al tener el cargo de Analista de Planeamiento de Producción, verificaba el estricto cumplimiento de normativas de seguridad de la empresa en el proceso de ensamble de motores, así como también el oportuno cumplimiento de cuotas de ensamble de calidad para el ensamble final del equipo de perforación o utilitario.

✓ Habilidades profesionales

- Liderazgo de equipos
- Planeación
- Gestión
- Trabajo en equipo
- Visión estratégica
- Innovación
- Autoaprendizaje

- Visión de servicio al cliente

➤ Funciones Principales

- Asegurar el cumplimiento de ensambles de motores a tiempo
- Dar seguimiento al indicador de eficiencia de ensambles de motores diésel
- Dar seguimiento al indicador de eficacia de ensamble de motores diésel
- Gestionar informes de avances de ensambles de motores
- Gestión de personal a cargo
- Análisis del MRP
- Coordinación con las diferentes áreas involucradas en el proceso de ensamble
- Análisis de programación de ensamble
- Supervisión general en el avance del ensamble
- Asegurar que se cumplan las políticas de seguridad
- Verificar el cumplimiento del IPERC

2.1.2. Propósito del Puesto

El propósito del Puesto tiene como objetivo principal un análisis efectivo en la planificación y ejecución de los ensambles de motores diésel que obedecen a una programación la cual cuenta con estándares de ensamblaje que permiten que este producto sea de calidad.

2.1.3. Producto o Proceso que es objeto del informe

El producto del trabajo es el ensamble completo del motor diésel y sus sistemas en un equipo de perforación para minería subterránea o utilitarios.

CAPÍTULO III: APLICACIÓN PROFESIONAL

3.1. Contexto Laboral

Resemin es una empresa especializada en la fabricación y distribución de equipos de perforación para minería subterránea y se ha convertido en un líder reconocido a nivel internacional en la industria de la minería subterránea.

La empresa se especializa en la fabricación de equipos de perforación de alta calidad y tecnología avanzada, diseñados para operar en entornos mineros subterráneos exigentes. Estos equipos incluyen jumbos de perforación, equipos de carga y transporte, así como sistemas de soporte y fortificación para túneles y galerías mineras. Se ha destacado por su compromiso con la innovación y la calidad, así como por su capacidad para adaptarse a las necesidades específicas de sus clientes en la industria minera.

Además de sus sedes en Lima, Perú, Resemin cuenta con una red global de distribuidores y centros de servicio para atender a clientes en todo el mundo.

La empresa cuenta con certificaciones de calidad y estándares internacionales que garantizan la calidad y confiabilidad de sus productos y procesos de fabricación. Esto incluye certificaciones ISO y otros estándares de la industria.

EL ensamble de un equipo de perforación en Resemin consta de varios procesos que forman parte de la cadena de valor, el proceso inicia en el área de corte para posterior pasar al área de armado, es aquí donde el equipo aún se encuentra en grandes bloques de estructuras ya cortadas y presentadas; luego pasamos al área de soldadura y es aquí donde el equipo va tomando forma a nivel estructural y se encuentra listo para ser enviado a las bahías de ensamble. Una vez se tienen las estructuras en el centro de trabajo inicia en proceso de ensamble de los sistemas hidráulicos, eléctricos y automotriz. El ensamble concluye con el montaje del brazo y viga de perforación.

El trabajo de suficiencia profesional se lleva a cabo en al área de planeamiento en la empresa Resemin, esta área juega un papel importante en la organización y gestión de recursos, actividades y metas de la empresa, por tanto, requiere de un análisis de precisión de los trabajos y funciones que se llevan a cabo.

El equipo de planificación colabora con la creación de la estrategia a corto y largo plazo mediante análisis del entorno empresarial y la identificación de oportunidades.

Desarrollando el cargo de Analista de Planeamiento de Producción una de las principales funciones es asegurar el oportuno inicio de ensamble de motores diésel, así como también los cumplimientos de entrega.

3.2. Determinación y análisis del problema

En cualquier ámbito empresarial, académico o de investigación, reconocer y examinar los problemas son etapas esenciales para alcanzar el éxito y avanzar. Es crucial comprender y enfrentar de manera efectiva los desafíos presentes para mejorar los procedimientos, tomar decisiones fundamentadas y progresar hacia soluciones viables. En esta introducción, examinaremos la importancia de identificar y analizar problemas, resaltando su relevancia en diversos contextos y proporcionando un resumen de los pasos implicados en este proceso.

En la actualidad, el entorno empresarial se encuentra ante una variedad de obstáculos complejos, que abarcan desde mejorar la eficiencia de los procesos y administrar los recursos hasta adaptarse a fluctuaciones en el mercado y promover la innovación constante. De manera similar, en el ámbito académico y de investigación, descubrir vacíos en el conocimiento y resolver dilemas teóricos son aspectos fundamentales para impulsar el progreso en el área correspondiente.

El proceso de ensamblaje de jumbos en nuestra planta ha estado experimentando una serie de desafíos que han afectado significativamente su eficiencia y productividad. A través de observaciones detalladas, análisis de datos y consultas con el personal involucrado en el proceso, se han identificado varios problemas clave que contribuyen a esta baja eficiencia. A continuación, se detallan los problemas identificados:

Demoras frecuentes: Se han observado demoras recurrentes durante el proceso de ensamblaje de jumbos, lo que resulta en una pérdida considerable de tiempo y recursos. Estas demoras parecen ser causadas por una combinación de factores, incluida la falta de eficacia en el cumplimiento de equipos programados a ser culminados.

Desorden en el flujo de trabajo: Se ha notado una falta de flujo de trabajo eficiente y organizado en el área de ensamblaje de jumbos. Los componentes y materiales necesarios

para el ensamblaje no están siempre disponibles en el momento adecuado, lo que resulta en tiempos de inactividad prolongados mientras los trabajadores esperan por su llegada.

El procedimiento de ensamble de motores y sus sistemas no está totalmente claro y por consecuencia su eficiencia no sería la más óptima.

Falta de capacitación del personal: Algunos miembros del equipo pueden no estar completamente capacitados en el uso de herramientas y equipos específicos necesarios para el ensamblaje de jumbos, esto ha llevado a errores en el proceso y a una menor eficiencia general.

Problemas de calidad: Se han observado inconsistencias en la calidad del ensamblaje de motor y sus sistemas, así como también en el equipo en general, lo que sugiere posibles problemas en los procedimientos y estándares de ensamblaje. Estos problemas pueden estar contribuyendo a repetición de trabajos y desperdicios adicionales, afectando aún más la eficiencia y productividad.

En un principio, es crucial entender la posición de la empresa en cuanto al rendimiento de la parte operativa. Se evalúa el nivel alcanzado utilizando los indicadores previamente establecidos y se analiza la tendencia de la implementación de indicadores.

3.3. Proyecto de Solución

La planificación de la implementación implica elaborar un detallado plan que dirija la ejecución de una solución, proyecto o iniciativa. Esto requiere definir acciones, recursos, responsabilidades y plazos con claridad para llevar a cabo la implementación de manera efectiva y eficiente. Es esencial para abordar sistemáticamente todos los aspectos del proyecto, minimizando riesgos y aumentando las probabilidades de éxito.

Se han considerado las etapas esenciales para promover cambios positivos. Esta metodología, una disciplina que busca lograr agilidad, eficacia y eficiencia en las operaciones técnicas, representa un enfoque de mejora que supervisa la estructura organizativa de una empresa. Se adapta a diversos tipos de negocios al basarse en una metodología orientada a estandarizar procesos y controlar indicadores de rendimiento para evaluar resultados. Como resultado de este enfoque, se utiliza un diagrama de Gantt para definir los plazos necesarios

3.3.1. Planificación de la implementación

Se han considerado las etapas esenciales para promover cambios positivos dentro del marco de la Gestión por Procesos. Esta metodología que se presenta como una disciplina, tiene como meta lograr agilidad, eficacia y eficiencia en las operaciones empresariales. Además, se destaca como un modelo de mejora que regula la estructura organizativa de una compañía y puede adaptarse a diversos tipos de negocios. Se basa en una metodología que busca estandarizar procesos y supervisar los indicadores de rendimiento para evaluar los resultados obtenidos.

Como parte de este enfoque, se emplea un diagrama de Gantt para establecer los plazos necesarios.

Tabla 2

Diagrama de Gantt de Implementación

Fases	Actividad	Mes 1				Mes 2				Mes 3				Mes 4				Mes 5			
		semana 1	semana 2	semana 3	semana 4	semana 5	semana 6	semana 7	semana 8	semana 9	semana 10	semana 11	semana 12	semana 13	semana 14	semana 15	semana 16	semana 17	semana 18	semana 19	semana 20
Planificación estratégica	Adaptación al cambio	■																			
	Planificación		■	■																	
	Equipo de trabajo			■	■																
Modelado	Operaciones del proceso					■	■														
	Análisis del proceso					■	■														
	Simulación							■	■												
Implementación	Capacitaciones						■	■	■	■											
	Procedimiento de trabajo									■	■	■									
	fichas de trabajo									■	■	■	■	■							
	Evaluación del proceso									■	■	■	■	■	■						
Seguimiento y control	Acciones correctivas											■	■	■							
	Formatos										■	■	■	■	■	■	■				
Refinamiento	Reuniones de Mejora										■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	Análisis de entorno																		■	■	■

Fuente: Elaboración propia

3.3.2. Desarrollo de la Implementación

Calendario

Figura 12

Calendario de reuniones

Oct-23						
LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
						1
2 Reunión de Producción	3	4	5	6 Reunión de Pendientes	7	8
9 Reunión de Producción	10	11	12	13 Reunión de Pendientes	14	15
16 Reunión de Producción	17	18	19	20 Reunión de Pendientes	21	22
23 Reunión de Producción	24	25	26	27 Reunión de Pendientes	28	29
30 Reunión de Producción	31					

Fuente: Elaboración propia

Es importante detallar puntualmente las reuniones semanales que se tenían ,en este caso existen dos tipos de reuniones, las reuniones de producción estas son llevadas con la gerencia donde se detallan los avances tanto del proyecto como de los ensambles para los equipos de producción , mientras en las reuniones de pendientes se lleva con el área ensamble técnico , es aquí donde se detallan pendientes de componentes críticos que puedan significar una parada de ensamble y posterior una postergación de fecha final del equipo.

3.3.3. Talento Humano

Como parte de este proyecto la conformación del grupo de trabajo fue un punto importante dentro del proceso, ya que el talento humano necesario para llevar a cabo esta implementación debe estar capacitado para los retos que demandarían.

Para ello se llevó a cabo las actualizaciones de las descripciones de los puestos de trabajo para cada personal que confirmaría esta área, esto enfocado a las nuevas responsabilidades y funciones que demandaría la implementación como tal.

Figura 13

Formato de Descripción de Puesto de trabajo

		DESCRIPCIÓN DE PUESTO		CÓDIGO: FT-GTH-005
				VERSIÓN: 03
				FECHA: 25/11/2020
I. DATOS GENERALES				
NOMBRE DEL PUESTO	TÉCNICO MECÁNICO DE MOTORES A / B			
FAMILIA DE PUESTO	CONTRIBUIDOR CLAVE DE EJECUCIÓN – TÉCNICO			
GERENCIA	PLANEAMIENTO			
AREA	ENSAMBLE DE MOTORES			
SEDE	PRIALÉ			
REPORTA A	ROBERTO GUERRA			
SUPERVISA A	-	N°		
	-			
	-			
	-			
GRUPO OCUPACIONAL	EMPLEADO			
II. MISIÓN DEL PUESTO				
Asegurar y realizar el ensamblaje de los Motores Diesel de acuerdo con las especificaciones técnicas, con la finalidad de cumplir con las programaciones establecidas y brindar un producto de calidad.				
III. FUNCIONES ESPECÍFICAS				
<ol style="list-style-type: none"> 1. Revisión de componentes por LMAT y notificación de componentes sobrantes para su devolución. 2. Realizar correctamente el preensamble de Motores Diesel siguiendo procedimientos o indicaciones preestablecidas. 3. Operar el puente grúa de forma segura, con la finalidad de mover y colocar las componentes grandes en el centro de trabajo o en el equipo durante el proceso de ensamble. 4. Montar y desmontar correctamente el Motor Diesel en el Carrier del equipo. 5. Ensamblar los diferentes sistemas que competen a la instalación completa del motor Diesel en el equipo. 6. Instalar los componentes mecánicos e hidráulicos, incluyendo ajustes y calibraciones, con el objetivo de cumplir los estándares de calidad y asegurar el correcto funcionamiento del equipo. 7. Maniobrar y utilizar las herramientas proporcionadas en el área de trabajo para realizar las tareas de montaje. 8. Revisar y confirmar la culminación del motor Diesel y sus sistemas en el equipo. 9. Informar al supervisor o jefe inmediato por cualquier defecto de materiales (estructurales o comprados), incongruencia en la información de Ingeniería (planos y lista de materiales) o cualquier otro evento que genere una parada de bahía, con el objetivo de darle el tratamiento correctivo correspondiente. 				

Fuente: Elaboración propia

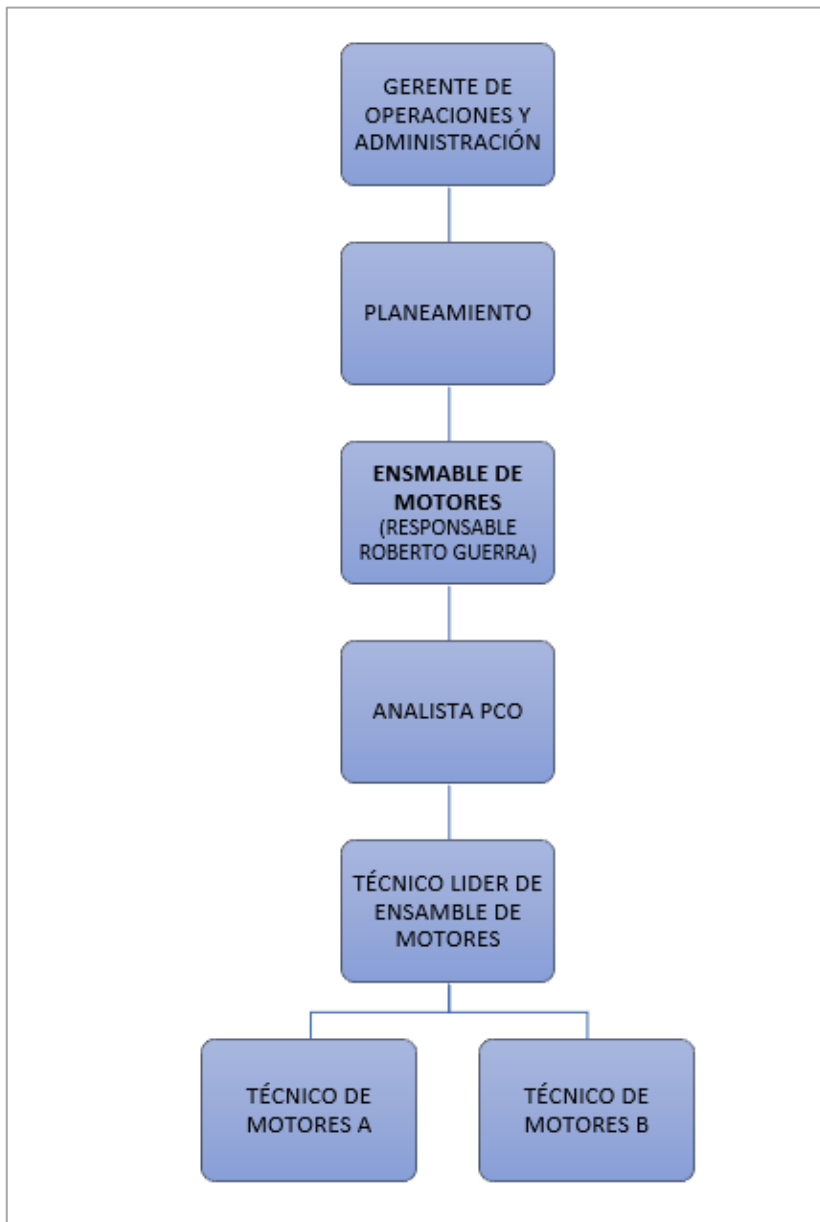
También se deja en evidencia los formatos DP, donde se detallan las funciones del nuevo grupo de trabajo que se está formando, aquí se definen las funciones principales y específicas por cada puesto de trabajo, así como también los requisitos necesarios para estos.

Organigrama

El organigrama, una herramienta esencial en la gestión empresarial, nos brinda una representación visual de la jerarquía y la estructura funcional de nuestra empresa. Nos ayuda a comprender la organización del flujo de trabajo, quién lidera cada área.

Figura 14

Organigrama del área ensamble de motores



Fuente: Elaboración propia

En la figura #14 nos muestra como quedaría confirmado el organigrama de la nueva área de subensamble de motores diésel.

3.3.4. Implementación de cambios o mejoras

Implementación de indicadores

Una de las estrategias para llevar a cabo este proyecto de implementación de un área de ensamble de motores es que esta nueva área tenga autonomía y sea medida bajo sus propias métricas e indicadores y sirva como una especie de proveedor al área de operaciones técnicas que es donde finalmente se completa el ensamble del equipo jumbo o utilitario.

Estandarización de secuencia de ensamble

El ensamble de motor diésel comprende de varias fases o sistemas que lo conforman, según el modelo de equipo estas pueden variar, no obstante, algunas de ellas son comunes mayormente para los jumbos. Estandarizar una secuencia nueva de trabajo sería una estrategia llevada a cabo en este proyecto que nos permitiría replantear y ordenar distinta a la forma de trabajo que se venía llevando a cabo con anterioridad.

La finalidad de esta estrategia es optimizar el ensamble del motor diésel en su centro de trabajo propio antes de ser montado en el equipo, todo esto bajo una estricta secuencia de trabajo que debe ser aplicada y repetida por los trabajadores de esta nueva área.

El proceso de ensamble del motor diésel se divide en dos tiempos, uno dentro de su propio centro de trabajo y otro en el equipo propiamente.

Se realizó el análisis de todos los procesos y operaciones que competen el ensamble completo del motor diésel y sus sistemas, y se redefinió estratégicamente las operaciones que serían realizadas dentro del centro de trabajo del área de motores y cuáles serían realizadas en los centros de trabajo de los equipos.

Para ejemplificar uno de los modelos de ensambles más usados es el de motor diésel y caja de transmisión, tomando en este caso el motor Caterpillar C4.4 y la caja de transmisión Deutz T20000, para este ensamble se tiene las siguientes operaciones:

Tabla 3

Porcentaje de Componentes por Operación

Operaciones	Componentes
Motor y caja T20000	15.10%
Soporte P/enfriador motor Cat	8.60%
Soportes de motor	8.60%
Sistema alimentación diésel	34.40%
Sistema admisión diésel	7.50%
Sistema escape diésel	7.50%
Sistema drenaje diésel	18.30%
total	100.00%

Fuente: Elaboración propia

En esta tabla 3 podemos identificar cuáles son las operaciones principales que demanda el ensamblaje del motor diésel por completo dentro del equipo final, como se puede observar a nivel de componentes la operación que demanda más componentes es la del sistema de alimentación con un porcentaje de 34.4% y la de menor uso de componentes es la del sistema de admisión y sistema de escape con un 7.5%.

Teniendo esta información la segunda parte es contar con las horas teóricas que demanda el ensamble de cada operación y sistema respectivo.

Tabla 4

Horas Hombre por Operación

Operación	Puesto de trabajo	Horas Hombre
Motor y caja T20000	CT_Motor	12.00
Soportes de motor	CT_Motor	2.00
Sistema alimentación diésel	CT_Motor	8.00
Sistema admisión diésel	CT_Motor	4.00
Sistema escape diésel	CT_Motor	4.00
Sistema drenaje diésel	CT_Motor	5.00
Soporte P/enfriador motor cat	CT_Motor	6.00
Total		41.00

Fuente: Elaboración propia

Teniendo ya los datos sobre la cantidad de componentes por operaciones y la cantidad de horas hombre a emplear en cada una de ellas, se confirma las secuencias que se mantendrían en el área de motores y cuales por ahora quedarían dentro del equipo, pero estas seguirían siendo realizadas por el área de motores, lo único que está variando es el lugar de trabajo.

Operaciones dentro del área de motores:

- Acoplamiento de Motor y Caja
- Soportes para enfriador
- Soportes de motor

Operaciones dentro del equipo:

- Sistema de alimentación diésel
- Sistema de admisión diésel
- Sistema de escape diésel
- Sistema de drenaje diésel

Acoplamiento de Motor Cat y Caja T20000

Esta operación se realiza dentro del área de motores, una vez llega el aprovisionamiento del motor y caja de transmisión se procede a revisar todo el listado de componentes a ser utilizados en esta operación, para el cual el personal técnico cuenta con un listado que le proporciona el área de abastecimiento y planeamiento.

El motor es izado mediante el puente grúa a su área de trabajo compuesto por una estructura diseñada para posicionar el motor, luego de ello se procede con el acoplamiento de la caja de transmisión también haciendo uso del puente grúa y todos los equipos de protección personal que amerita estas operaciones.

Figura 15

Listado de componentes principales del acoplamiento de motor y caja

Seq.	Activity	Texto breve material	Ctd.nec.	PstoTbjo	Descripción operación
4	0010	MOTOR DIESEL CAT C4.4 OEM	1.000	CT_MOTOR	MOTOR Y CAJA T20000
4	0010	PLANCHA 5/8"X115X107	1.000	CT_MOTOR	MOTOR Y CAJA T20000
4	0010	PLANCHA 5/8"X115X107 IZQUIERDO	1.000	CT_MOTOR	MOTOR Y CAJA T20000
4	0010	PLATINA 1/2"X2"X115	2.000	CT_MOTOR	MOTOR Y CAJA T20000
4	0010	FLEX PLATE T12000 13.125" - CAT	1.000	CT_MOTOR	MOTOR Y CAJA T20000
4	0010	ESPARRAGO 3/8"X24UNFX1"-M10X1.5X25 G12.9	8.000	CT_MOTOR	MOTOR Y CAJA T20000
4	0010	ESPACIADOR CAJA T20000 & CUMMINS QSB4.5	1.000	CT_MOTOR	MOTOR Y CAJA T20000
4	0010	CAJA DE TRANSMISIÓN 3043FT20349-100	1.000	CT_MOTOR	MOTOR Y CAJA T20000
4	0010	ESPARRAGO M10X1.5X90 C/TUERCA	12.000	CT_MOTOR	MOTOR Y CAJA T20000
4	0010	ADAP 90° M.JIC 12 - M.SAE 12	2.000	CT_MOTOR	MOTOR Y CAJA T20000
4	0010	ARANDELA PLANA M10	20.000	CT_MOTOR	MOTOR Y CAJA T20000
4	0010	TUERCA CON SEGURO M10X1.5 - 8.8 ZNC	20.000	CT_MOTOR	MOTOR Y CAJA T20000
4	0010	ADAP 90° M.JIC 12 - M.NPT 16	1.000	CT_MOTOR	MOTOR Y CAJA T20000
4	0010	ADAP M.JIC 6 - M.SAE 6	1.000	CT_MOTOR	MOTOR Y CAJA T20000

Fuente: Elaboración propia

Figura 16

Acoplamiento de motor y caja



Fuente: Elaboración propia

Instalación de soportes para enfriador

Figura 17

Soportes para enfriador



Fuente: Elaboración propia

Instalación de soportes de motor

Figura 18

Soportes de motor



Fuente: Elaboración propia

Figura 19

Soporte y amortiguador



Fuente: Elaboración propia

Mejora en la calidad del ensamble del motor y sistemas

Otra de las estrategias es mejorar la calidad del ensamble completo del motor diésel en el equipo final, esto con la finalidad de reducir los tiempos en reprocesos, así como la confiabilidad de nuestro cliente inmediato que este caso es el área de operaciones técnicas, para ello se realizó la mejora en el control y seguimiento del check list del proceso de ensamble del motor (ver anexo 3)

limitaciones, pero todos permiten determinar la concentración de gases específicos en los gases de escape, como el dióxido de carbono (CO₂), monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO_x) y oxígeno (O₂).

En este caso se llevó un mejor control al seguimiento y registro de los análisis de gases para todos los equipos ensamblados.

Figura 21

Instrumento de análisis de gases



Fuente: Elaboración propia

Figura 22

Boucher de análisis de gases

KAME450 SN13392 V1.21
 RESEMIN 20100307902
 LAS NORERAS-HUACHIPA
 NUM SERIE 184821003
 REG. No. 16
 FECHA 04/01/24
 HORA 14:24:36

 NUEVA CAL 04/03/23

 AUXILIAR

 TIPO GAS PETR LIG
 CO PPM 106
 CO2 % 3.1
 NO2 PPM 7
 O2 % 16.87
 PERDIDA % -----
 EXCESO AIRE % 200.0

 CLIENTE

 APARATO

Fuente: Elaboración propia

CAPITULO IV: APORTES A LA INSTITUCIÓN

4.1. Evaluación del proyecto

Es importante conocer cómo se encontraba trabajando antes de la implementación del área de subensamble de motor con respecto a su productividad. Lastimosamente no se tiene data respecto a índices de eficiencia y productividad puesto que estos forman parte de la post implementación, pero si se pudo obtener la información sobre su eficacia, teniendo en cuenta que esta se mide en base a cumplimiento de metas o tareas asignadas, sin tener en cuenta necesariamente la cantidad de recursos asignados.

Tabla 5

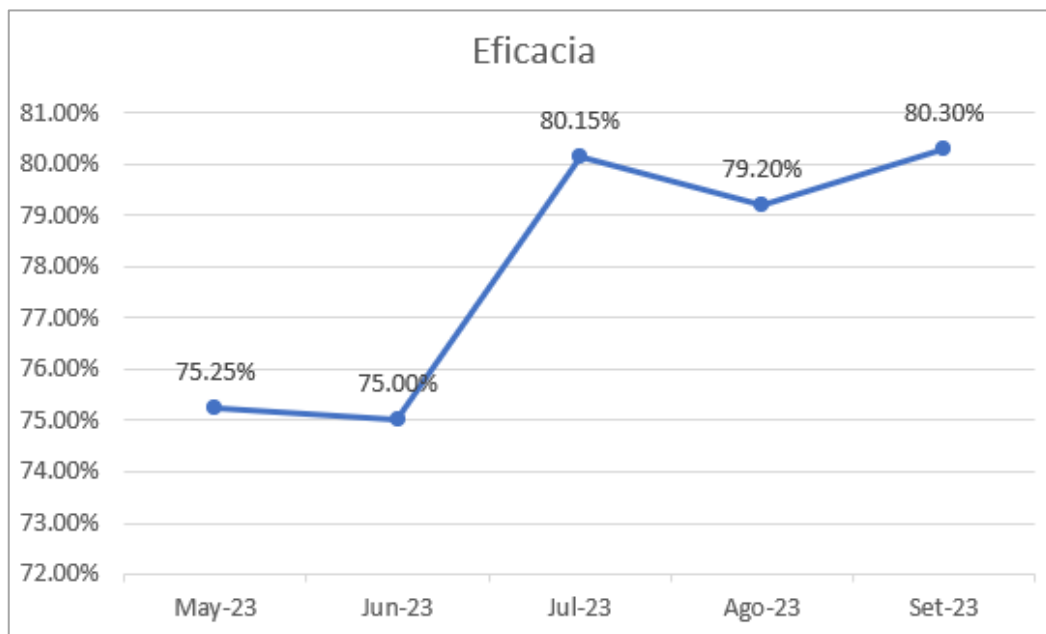
Eficacia pre Implementación

Mes	Eficacia
May-23	85.00%
Jun-23	87.80%
Jul-23	86.00%
Ago-23	78.20%
Set-23	91.50%

Fuente: Elaboración propia

Figura 23

Evolución de la Eficacia pre implementación



Fuente: Elaboración propia

En la figura #23 se muestra como la eficacia tiene variaciones a lo largo de los 5 meses antes del inicio del proyecto de implementación, como se puede observar el promedio de eficacia se mantiene por los 85.7% por tanto este es uno de los indicadores a comparar y a mejorar en el desarrollo del proyecto de implementación del área de subensamble de motores.

Parte de la implementación del área de ensamble de motores es poder implementar indicadores de control, estos son instrumentos empleados para evaluar y medir el rendimiento, avance o efectividad de un proceso, proyecto o actividad. Estos indicadores suministran datos cuantitativos o cualitativos que ayudan a los responsables de la toma de decisiones a comprender mejor la situación actual y a tomar medidas correctivas si es necesario. Pueden abordar diversos aspectos, como la calidad, la eficiencia, la productividad, el cumplimiento de plazos, el desempeño financiero, entre otros. Son esenciales para supervisar el progreso hacia los objetivos establecidos y garantizar que se estén alcanzando las metas de manera eficaz.

Para ello se implementó una base de datos en el software de Excel donde se recolecta la información para luego procesarla.

Horas Hombre, es una métrica empleada para calcular la cantidad de tiempo dedicado al trabajo por parte de un individuo. Suele utilizarse en la administración de proyectos y en la planificación de recursos humanos para estimar la cantidad de trabajo humano necesaria para finalizar una tarea o proyecto en particular.

En este trabajo donde vamos a analizar indicadores como eficacia, eficiencia y productividad del área de motores, esta se basa en los indicadores del equipo de trabajo ya que el ensamble de motores es realizado por el personal técnico capacitado para realizar dichas funciones, por tanto, estos indicadores ya mencionados tienen relación directa con el tiempo empleado por cada trabajador.

Para ejemplificar tenemos un equipo Bolter 99 y sus tiempos de horas hombre teóricas, el cual para el análisis de eficiencia es tomado en cuenta.

Tabla 6

Horas Hombre Teóricas en Ensamble de Motor Bolter 99

Operación	Puesto de trabajo	Horas Hombre
Motor y caja T20000	CT_Motor	12.00
Soportes de motor	CT_Motor	2.00
Sistema alimentación diésel	CT_Motor	8.00
Sistema admisión diésel	CT_Motor	4.00
Sistema escape diésel	CT_Motor	4.00
Sistema drenaje diésel	CT_Motor	5.00
Soporte P/enfriador motor Cat	CT_Motor	6.00
Montaje de motor diésel	CT_Motor	4.00
Habilitado y puesta en marcha	CT_Motor	2.00
Total		47.00

Fuente: Elaboración propia

Para hallar la eficiencia de cada técnico en un tiempo de un mes utilizamos la fórmula de eficiencia ya mencionada, donde se relaciona las horas efectivas versus las horas teóricas, para esto nos apoyamos del software Excel donde esta nuestra base de datos de horas de trabajo efectivas que llena cada técnico de motor. Estos resultados serán detallados y expuestos en el desarrollo del trabajo.

Para hallar la eficacia del área de motores por mes, hacemos uso de la formula ya mencionada en la cual relacionamos la producción realizada entre la producción planificada, en este caso por cada técnico mecánico de motor tenemos planificado una cuota de 4 ensambles de motor por mes, esta se relaciona con su avance real al final del mes. Estos resultados serán detallados y expuestos en el desarrollo del trabajo.

Para hallar la productividad multiplicamos la eficacia y eficiencia para poder obtener el porcentaje de productividad por personal, así como también el indicador de productividad total del área de ensamble de motores.

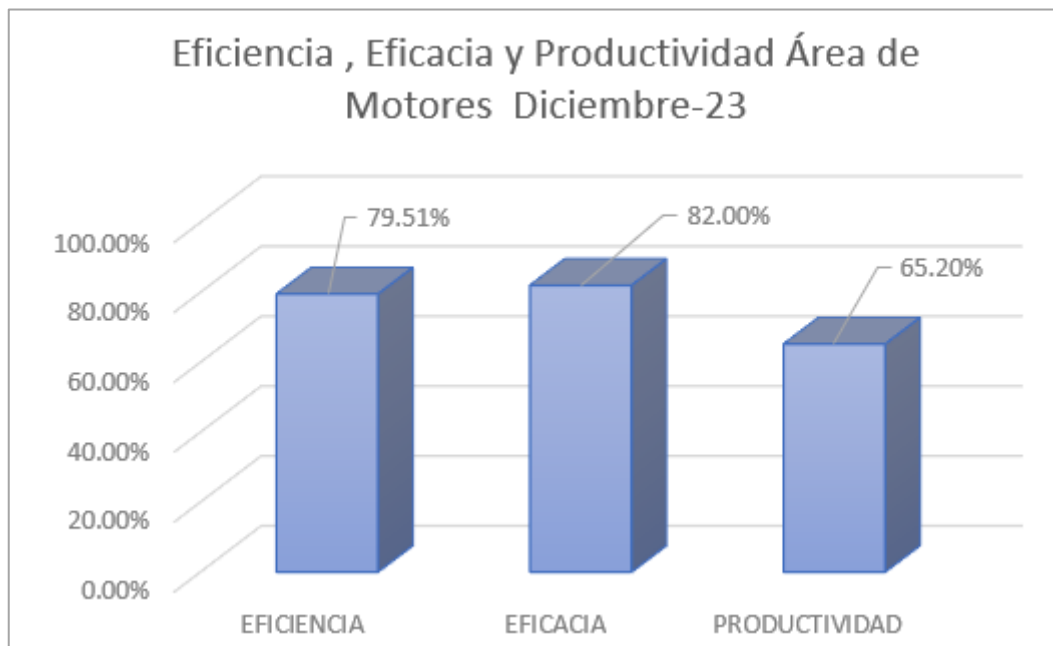
La recolección de datos para los indicadores de eficiencia y productividad se llevan a cabo a partir del tercer mes de implementación diciembre del 2023 ya que antes de esto se ha realizado el análisis de tiempos teóricos de ensamble y estructuración del área.

Indicadores en el mes de diciembre 2023

En el mes de diciembre, se tiene muestran los resultados finales de los indicadores de eficiencia, eficacia y productividad del área de ensamble de motores.

Figura 24

Eficiencia, Eficacia y Productividad Área de Motores Diciembre-23



Fuente: Elaboración propia

Indicadores en el mes de enero 2024

En el mes de enero del 2024 vamos a detallar los indicadores de eficiencia, eficacia y productividad de cada técnico en sus respectivos equipos de perforación, en el cual pueden trabajar hasta con cuatro equipos en paralelo. Para ello se detallan las siguientes tablas:

Tabla 7

Indicador de Eficiencia, Eficacia y Productividad del Técnico #1, mes de enero por equipos

Personal	Equipo	Mes	Centro de trabajo	de	Eficiencia	Eficacia	Productividad
Técnico 1	Equipo 1	Enero	Motor		85.05%	79.05%	67.23%
Técnico 1	Equipo 2	Enero	Motor		84.06%	82.20%	69.10%
Técnico 1	Equipo 3	Enero	Motor		77.20%	78.80%	60.83%
Técnico 1	Equipo 4	Enero	Motor		82.50%	80.50%	66.41%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8

Indicador de Eficiencia, Eficacia y Productividad del Técnico #2, mes de enero por equipos

Personal	Equipo	Mes	Centro de trabajo	Eficiencia	Eficacia	Productividad
Técnico 2	Equipo 5	Enero	Motor	83.25%	80.20%	66.77%
Técnico 2	Equipo 6	Enero	Motor	84.25%	75.15%	63.31%
Técnico 2	Equipo 7	Enero	Motor	84.89%	68.50%	58.15%
Técnico 2	Equipo 8	Enero	Motor	85.75%	91.20%	78.20%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9

Indicador de Eficiencia, Eficacia y Productividad del Técnico #3, mes de enero por equipos.

Personal	Equipo	Mes	Centro de trabajo	Eficiencia	Eficacia	Productividad
Técnico 3	Equipo 9	Enero	Motor	79.90%	99.95%	79.86%
Técnico 3	Equipo 10	Enero	Motor	83.20%	100.00%	83.20%
Técnico 3	Equipo 11	Enero	Motor	82.90%	100.00%	82.90%
Técnico 3	Equipo 12	Enero	Motor	81.90%	99.90%	81.82%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10

Indicador de Eficiencia, Eficacia y Productividad del Técnico #4, mes de enero por equipos

Personal	Equipo	Mes	Centro de trabajo	Eficiencia	Eficacia	Productividad
Técnico 4	Equipo 13	Enero	Motor	80.95%	85.40%	69.13%
Técnico 4	Equipo 14	Enero	Motor	79.58%	91.05%	72.46%
Técnico 4	Equipo 15	Enero	Motor	87.80%	82.00%	72.00%
Técnico 4	Equipo 16	Enero	Motor	89.90%	75.50%	67.87%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11

Indicador de Eficiencia, Eficacia y Productividad del Técnico #5, mes de enero por equipos

Personal	Equipo	Mes	Centro de trabajo	Eficiencia	Eficacia	Productividad
Técnico 5	Equipo 17	Enero	Motor	78.15%	78.45%	61.31%
Técnico 5	Equipo 18	Enero	Motor	91.50%	92.00%	84.18%
Técnico 5	Equipo 19	Enero	Motor	78.90%	85.20%	67.22%
Técnico 5	Equipo 20	Enero	Motor	75.80%	84.90%	64.35%

Fuente: Elaboración propia

Los cinco técnicos mecánicos de motores tienen la capacidad para poder trabajar en 4 bahías de equipos, esto nos da una capacidad de 20 equipos al mes, pero no todos trabajan al mismo ritmo ni con la misma experiencia por ello hemos podido visualizar las diferencias de indicadores de eficiencia, eficacia y productividad, las cuáles también pueden variar depende el grado de complejidad del equipo. Para el mes de enero en general se obtuvieron los siguientes indicadores.

Tabla 12

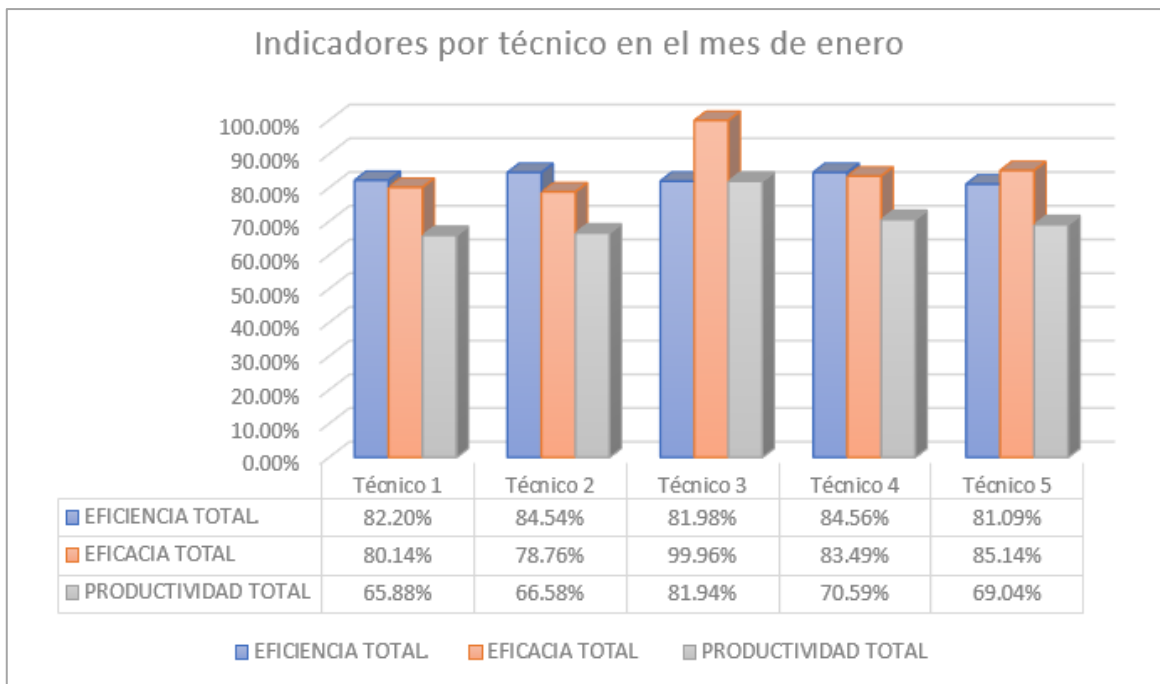
Indicador de Eficiencia, Eficacia y Productividad Total por Técnico en el mes de enero

Mes	Personal	EFICIENCIA TOTAL.	EFICACIA TOTAL	PRODUCTIVIDAD TOTAL
Enero	Técnico 1	82.20%	80.14%	65.88%
Enero	Técnico 2	84.54%	78.76%	66.58%
Enero	Técnico 3	81.98%	99.96%	81.94%
Enero	Técnico 4	84.56%	83.49%	70.59%
Enero	Técnico 5	81.09%	85.14%	69.04%
Total		82.87%	85.50%	70.81%

Fuente: Elaboración propia

Figura 25

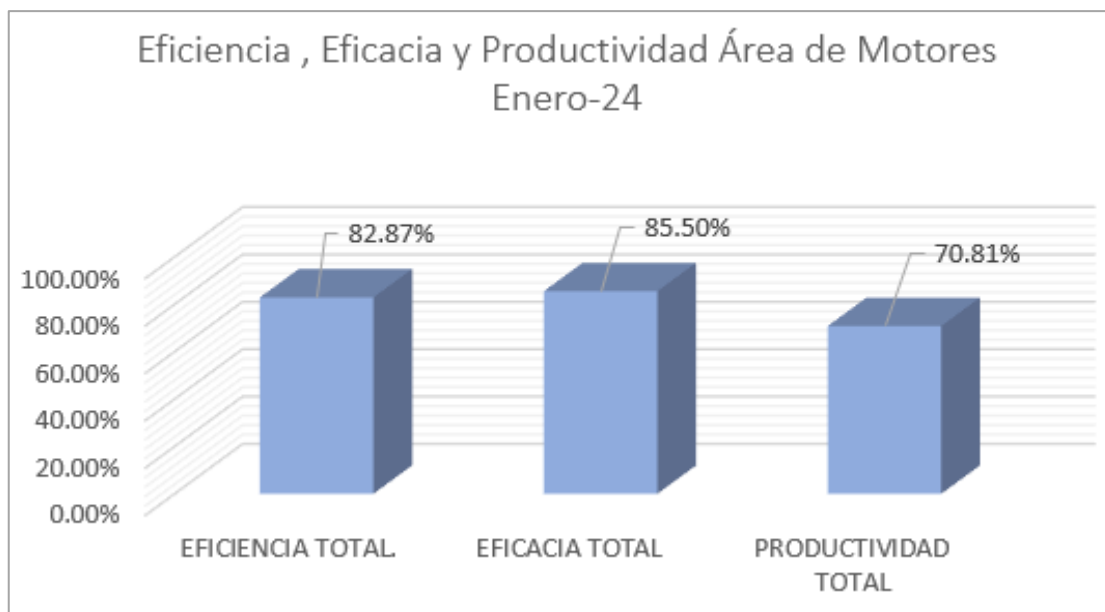
Indicadores por técnico en el mes de enero



Fuente: Elaboración propia

Figura 26

Eficiencia, Eficacia y Productividad Área de Motores Enero-24



Fuente: Elaboración propia

Indicadores en el mes de febrero 2024

De la misma forma se realizó la recolección de datos y análisis respectivo para el mes de febrero, del cual se puede detallar el siguiente cuadro:

Tabla 13

Indicador de Eficiencia, Eficacia y Productividad de los 05 Técnicos, mes de febrero por equipos

Personal	equipo	Mes	Centro de trabajo	Eficiencia	Eficacia	Productividad
Técnico 1	Equipo 21	Febrero	Motor	86.00%	81.10%	69.75%
Técnico 1	Equipo 22	Febrero	Motor	85.50%	83.20%	71.14%
Técnico 1	Equipo 23	Febrero	Motor	78.50%	82.50%	64.76%
Técnico 1	Equipo 24	Febrero	Motor	92.50%	80.95%	74.88%
Técnico 2	Equipo 25	Febrero	Motor	85.90%	80.20%	68.89%

Técnico 2	Equipo 26	Febrero	Motor	85.50%	90.00%	76.95%
Técnico 2	Equipo 27	Febrero	Motor	86.35%	91.00%	78.58%
Técnico 2	Equipo 28	Febrero	Motor	87.00%	91.20%	79.34%
Técnico 3	Equipo 29	Febrero	Motor	80.10%	95.00%	76.10%
Técnico 3	Equipo 30	Febrero	Motor	84.40%	98.80%	83.39%
Técnico 3	Equipo 31	Febrero	Motor	83.10%	99.50%	82.68%
Técnico 3	Equipo 32	Febrero	Motor	91.20%	100.00%	91.20%
Técnico 4	Equipo 33	Febrero	Motor	82.00%	100.00%	82.00%
Técnico 4	Equipo 34	Febrero	Motor	82.20%	100.00%	82.20%
Técnico 4	Equipo 35	Febrero	Motor	89.50%	100.00%	89.50%
Técnico 4	Equipo 36	Febrero	Motor	91.10%	100.00%	91.10%
Técnico 5	Equipo 37	Febrero	Motor	81.20%	98.00%	79.58%
Técnico 5	Equipo 38	Febrero	Motor	93.40%	95.00%	88.73%
Técnico 5	Equipo 39	Febrero	Motor	81.20%	85.70%	69.59%
Técnico 5	Equipo 40	Febrero	Motor	78.80%	95.50%	75.25%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 14

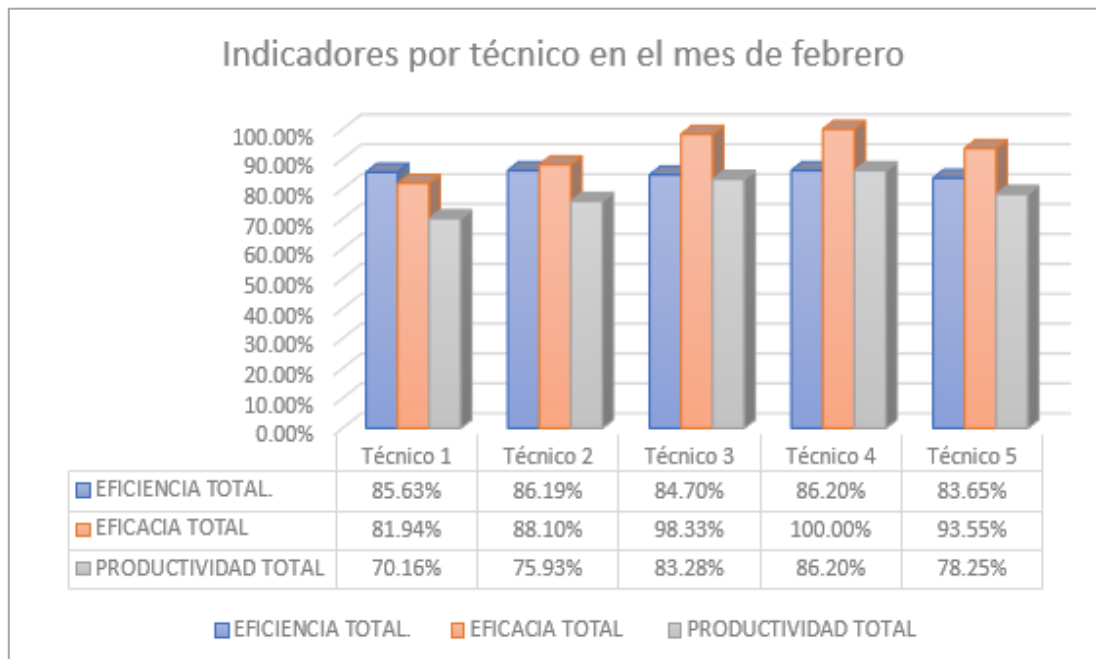
Indicador de Eficiencia, Eficacia y Productividad Total por Técnico en el mes de febrero

Mes	Personal	EFICIENCIA TOTAL.	EFICACIA TOTAL	PRODUCTIVIDAD TOTAL
Febrero	Técnico 1	85.63%	81.94%	70.16%
Febrero	Técnico 2	86.19%	88.10%	75.93%
Febrero	Técnico 3	84.70%	98.33%	83.28%
Febrero	Técnico 4	86.20%	100.00%	86.20%
Febrero	Técnico 5	83.65%	93.55%	78.25%
Total		85.27%	92.38%	78.77%

Fuente: Elaboración propia

Figura 27

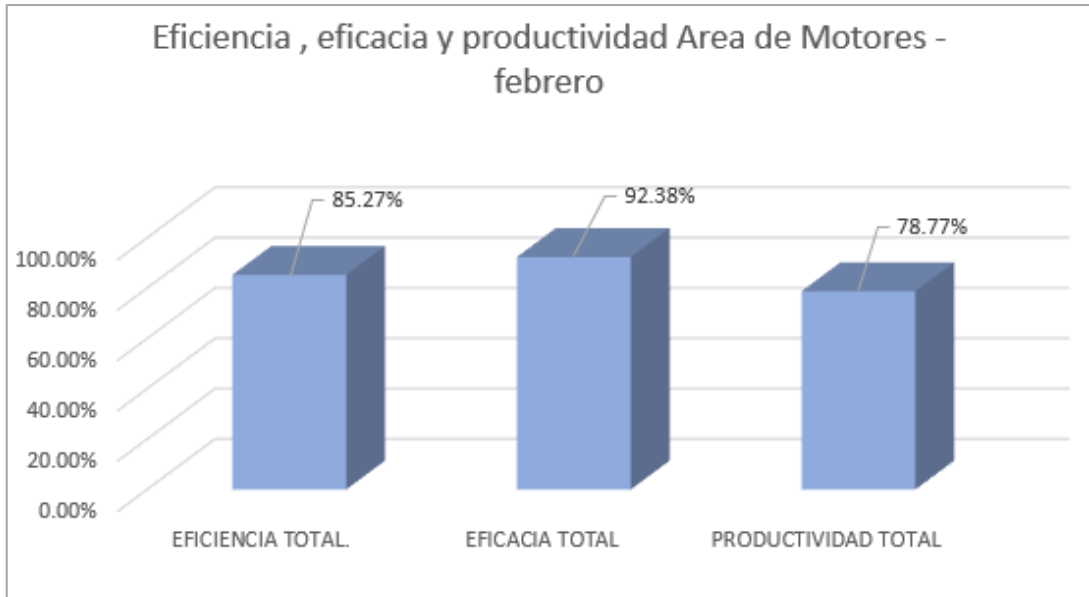
Indicadores por técnico en el mes de febrero



Fuente: Elaboración propia

Figura 28

Eficiencia, Eficacia y Productividad Área de Motores Febrero-24

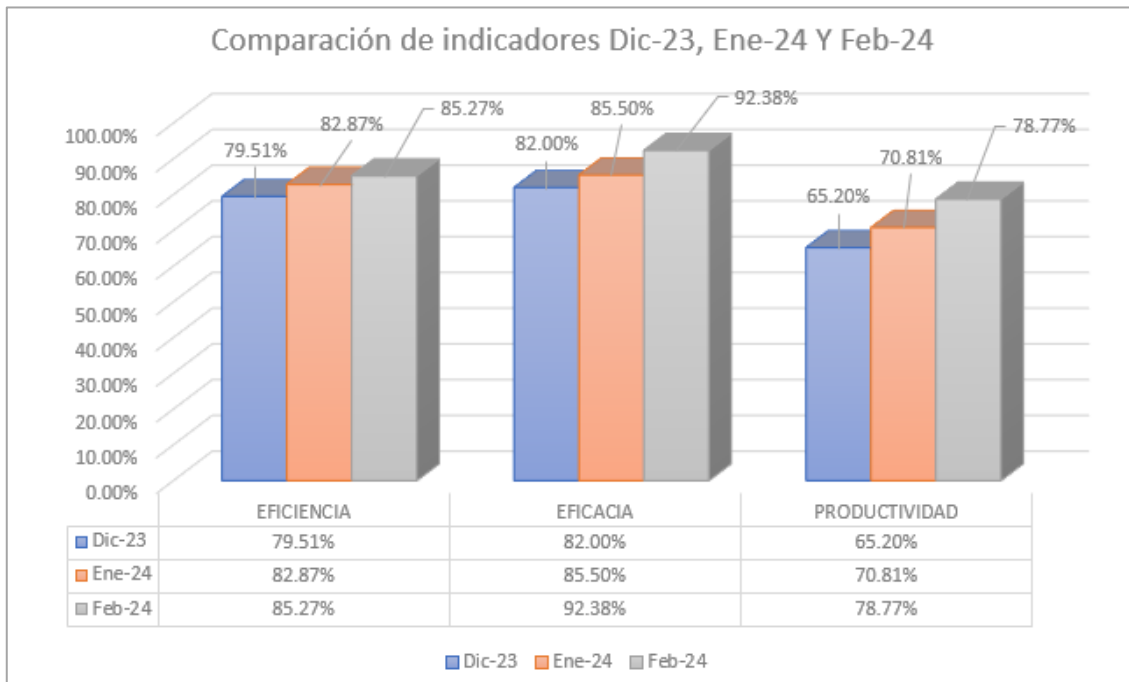


Fuente: Elaboración propia

Teniendo los índices de eficacia, eficiencia y productividad total de los meses de diciembre 2023, enero y febrero del 2024 podemos comparar cual es la tendencia a futuro.

Figura 29

Comparación de indicadores Dic-23, Ene-24 y Feb-24

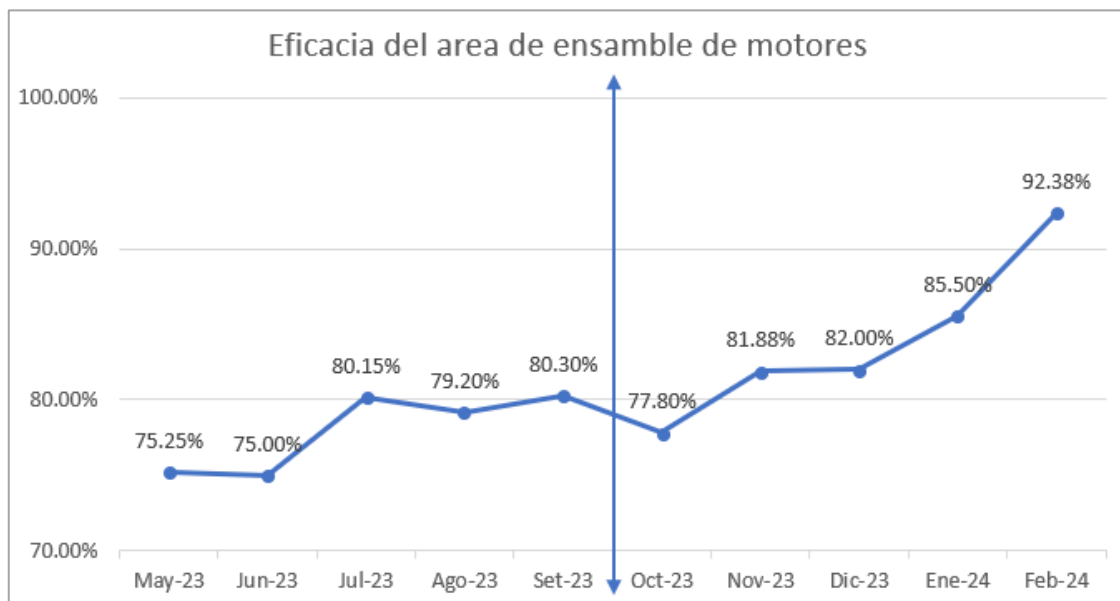


Fuente: Elaboración propia

Tal como se mencionó al inicio de la evaluación del proyecto, el indicador que si se tiene registro pre implementación del área de motores es el de la eficacia, por tanto, es que vamos a comparar pre y post implementación, como se ha mencionado la implementación inicia desde el mes de octubre del 2023 por lo que para la comparativa debemos hacerlo contra los cinco meses antes y 5 meses después.

Figura 30

Evolución de Eficacia del Área de ensamble de motores

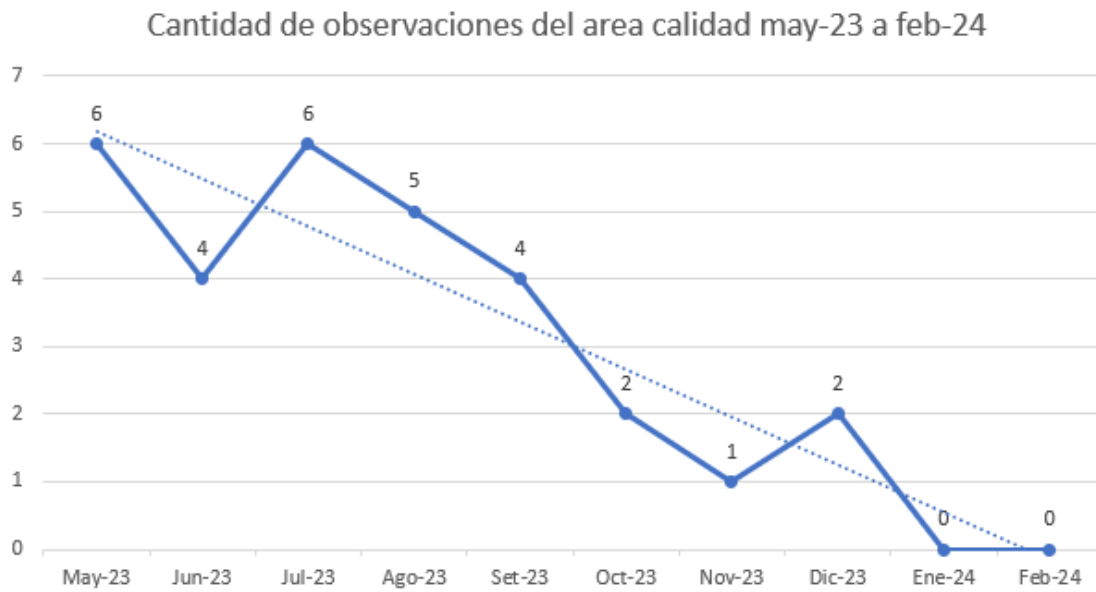


La figura #30, nos muestra gráficamente como la eficacia aumento en gran medida al pasar de 80.30 % antes de la implementación a un 92.38% en el mes de febrero del 2024 post implementación, lo que nos hace pronosticar que la tendencia es que este indicador se acerque al 95% con el transcurrir de los meses.

Respecto a las observaciones por parte del área de calidad al área de ensamble de motores, estos también han sido cuantificados antes y después de la implementación tal como se muestra en el siguiente grafico:

Figura 31

Cantidad de Observaciones del Área de calidad



En la figura #31, observamos que el grafico de la cantidad de observaciones disminuye considerablemente a partir del mes de octubre, pasando de 4 observaciones en el mes de setiembre 2023 a 0 observaciones en los meses de enero y febrero del 2024.

CONCLUSIONES

La conclusión general se logró mediante la implementación de indicadores y organización del área de motores, dado que ahora se cuenta con un área que integra procesos de manejo de la información, planificación de ensamble y abastecimiento, garantizando así la optimización de recursos y la entrega a tiempo al área de ensamble de equipos; en tanto a la eficacia paso de un 80.30% en setiembre23 a un 92.38% en febrero24 siendo este un indicador de éxito para los primeros meses de desarrollo y ejecución del proyecto.

Con relación al primer objetivo específico, si bien se hace mención en el desarrollo de este trabajo de suficiencia que no se tiene datos o estadística antes de la implementación del área de motores respecto a la eficiencia del proceso de ensamble de motor, no obstante es parte de este proyecto implementar este indicador para poder tener un control adecuado, en el desarrollo del trabajo se evidencia como la eficiencia aumenta de 82.87% a 85.27% por tanto se concluye que es posible mejorar los indicadores de eficiencia en el ensamble del motor mediante la estandarización de secuencia de ensamble, seguimiento de indicadores, capacitaciones al personal y supervisión en el proceso de ensamble.

Con relación al segundo objetivo específico, si bien se hace mención en el desarrollo de este trabajo de suficiencia, no se tiene datos antes de la implementación del área de motores respecto a la productividad del ensamble del motor, no obstante es parte de este proyecto implementar este indicador para poder tener un control adecuado, en el transcurso del trabajo se evidencia como la productividad aumenta significativamente de 70.81 % a 78.77% por tanto se concluye que es posible mejorar los indicadores de productividad en el ensamble del motor.

Con relación al tercer objetivo específico, es posible mejorar el índice de reportes de observaciones por el área de calidad, esto bajo la reestructuración de funciones y la implementación de controles como los formatos de check list de ensamble de motor de modo que las observaciones se redujeron de 6 a 0 a nivel cuantitativo para el área de motores lo que nos hace concluir que la calidad el ensamblaje de motores aumento exitosamente.

RECOMENDACIONES

Se recomienda a la gerencia de Operaciones continuar con las reuniones de seguimiento de avances, ya que esto incentiva a tener mediciones a corto plazo y a poder prevenir cualquier cambio en la planificación.

Se recomienda mantener y mejorar continuamente el llenado de check list de ensamble de motor cat, ya que este previene posibles observaciones y mejora la calidad del producto final.

Finalmente se recomienda en un futuro pueda incluir más operaciones dentro del propio centro de trabajo del área de motores, como por ejemplo los sistemas de admisión y escape los cuales podrían ser incorporados siempre y cuando exista una modificación en la parte estructural de los equipos, esto conllevaría a una restructuración de la parte del techo de los equipos jumbos, el cual podría lograrse bajo un exhaustivo análisis.

REFERENCIAS

- [1] Grisold, T., Groß, S., Stelzl, K., vom Brocke, J., Mendling, J., Röglinger, M., & Rosemann, M. (2022). The Five Diamond Method for Explorative Business Process Management. *Business & Information Systems Engineering* Vol 64, 149–166.
- [2] Bustamante Jáuregui, I. (2022). Nueva metodología orientada a la mejora de procesos. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*.
- [3] Arrogante Ramirez, A. (2018). *Organización de eventos empresariales*. Madrid, España: Ediciones Paraninfo.
- [4] Méndez Delgado, F. (2017). *Los procesos industriales y el medio ambiente: Un nuevo paradigma*. Bogotá, Colombia: Alfaomega Colombiana S.A.
- [5] Murcia Murcia, J., Díaz Piraquive, F., Medellín Duarte, V., Santana Vilorio, L., Oñate Bello, G., Rodríguez Murcia, S., . . . Rodríguez López, G. (2019). *Proyectos: Formulación y criterios de evaluación*. Bogotá, Colombia: Alfaomega Colombiana S.A.

ANEXOS

ANEXO 1: Ficha técnica de Jumbo BOLTER 99

BOLTER 99

Empernador para secciones medianas a grandes



BOLTER 99 para fortificación y enmallado mecanizado, permite reforzar de manera eficiente y segura las estructuras de los techos en las minas subterráneas, ideal para secciones de 3.4 x 3.4 m. hasta labores de 7.8m de altura.

Equipado con Torreta de Empernado T99 con dos perforadoras Montabert, una HC 50 para la perforación y una HC 28 para empennado y Carrusel de pernos. Puede instalar pernos Split Set, Helicoidales con resina y cemento, Hydrabolt, Swellex y Phytton.

La opción de brazo enmallador permite realizar enmallado mecanizado. Toda la operación combinada se puede realizar de forma segura para el operador.

Chasis para trabajo pesado, articulado 4WD, auto propulsado con motor diésel y sistema electrohidráulico para la perforación.

ESPECIFICACIONES



PERFORADORAS

Viga de Perforación

• Modelo	Montabert HC 50
• Potencia de impacto	14 kW
• Presión de percusión	110 - 130 bar
• Frecuencia de percusión	62.5 Hz (3750 bpm)
• Velocidad de rotación	0 - 193 rpm
• Torque de rotación	385 Nm
• Diámetros de perforación	33 - 45 mm
• Consumo de aire (barrido)	7m ³ /min (8-10 bar)
• Consumo de aire (lubricación)	300 l/min (a 3 bar)
• Consumo de aceite (lubricación)	0.8 cc/min
• Consumo de agua	30-60 l/min (12-20 bar)
• Shank Adapter	R32 hembra
• Peso	104 kg

Viga de Empernado

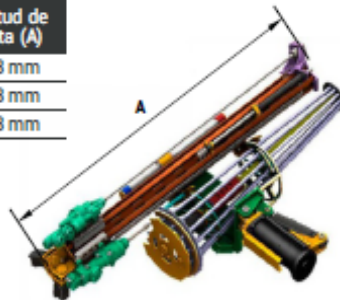
• Modelo	Montabert HC 28
• Potencia de impacto	9.5 kW
• Shank adapter	R32 hembra
• Peso	103 kg

TORREJA

• Modelo	T99
• Capacidad de carrusel y planchuela	10 pernos con planchuela de 20 cm 12 pernos con planchuela de 15 cm
• Viga doble	RE 5000 Series
• Extensión de viga	340 mm
• Avance por cadena	Motor hidráulico y cadena
• Acople sujetador de malla en viga de perforación	
• Tipo de pernos	Split Set, Hydrabolt, Helicoidal, Swellex

Opciones:

Perno	Longitud de Torreja (A)
7"	3,383 mm
8"	3,633 mm
10"	4,213 mm



CARRIER

• Modelo	C66X
• Motor diesel	Caterpillar C4.4 ACERT, Tier 3
- Potencia	106 kW @ 2200 rpm
• Catalizador de escape	Estándar
• Transmisión	Hidrodinámica
• Caja de Transmisión Powershift	Dana, T20000
• Ejes diferenciales	Dana, Serie 113
• Eje oscilante posterior	± 8°
• Velocidad de desplazamiento:	
- Horizontal	máx. 16 Km/h
- Rampa positiva 15%	máx. 7 Km/h
• Bomba de posicionamiento	Parker
• Frenos de servicio	Discos húmedos, POSI STOP
• Frenos de emergencia y parqueo	SAHR (Spring Applied Hydraulic Release)
• Dirección hidráulica (Carrier articulado)	±40°
• Llantas	12.00 x R20
• Gatos hidráulicos	2 delanteros extensible, 2 posterior
• Cabina de operador	FOPS / ROPS
• Tanque de combustible	20.6 gal / 78 l
• Baterías	2x12 V 90 Ah
• Sistema eléctrico	24 VDC
• Luces de marcha	8X, LED 26W, 10.5 - 32 VDC
• Sistema centralizado de engrase	SKF
• Sistema de lubricación de perforación	SKF
• Sistema automático de supresión de incendios	ANSUL, 4 boquillas
• Extintor manual	1x5kg, Tipo ABC
• Sistema de lavado de alta presión	Manual
• Pistola de engrase con carrete	Manual

BOOM

• Modelo	Boom 16.3
• Extensión de boom	1600 mm
• Angulo de levante	+50° / -20°
• Angulo de giro	±30°
• Rotación	360°
• Cilindros hidráulicos	Parker

SISTEMA DE CONTROL HIDRÁULICO

• Válvula de control directo	Parker KA-18
• Control DCS (Direct Control System)	
• Bomba de percusión (Presión compensada)	Rexroth A10VO 71
• Bomba de rotación triple	Parker
• Presión de trabajo	180 -200 bar
• Tanque de aceite hidráulico	39.6 gal / 150 l
• Filtro hidráulico de retorno	Parker, 10µ
• Filtro hidráulico de alta	Parker, 10µ
• Indicador de saturación del filtro hidráulico	Parker
• Indicador de bajo nivel de aceite	Hydac
• Indicador de temperatura de aceite	Hydac

SISTEMA DE AIRE Y AGUA

• Compresor eléctrico	CTN3
• Capacidad máxima	1.65 m ³ /min
• Presión de trabajo	8 bar
• Bomba de agua motor hidráulico	Grundfoss, CR5 - 9
• Caudal Máximo	6.9 m ³ /h (115 l/m) ³ @3500rpm
• Presión de entrada de agua min.	2 bar
• Enfriador tubular Bowman	FG-120, 48.6 GPM, 20 bar
• Tanque de aire	87 l

SISTEMA ELÉCTRICO

• Motor eléctrico	ABB - 55kW (75 HP)
• Voltaje	380 - 440 - 550 - 690 - 1,000 VAC
• Frecuencia	50 - 60 Hz
• Método de arranque	Estrella - Triángulo
• Opción a 1000 VAC	Arranque directo
• Protección contra sobrecarga y falla a tierra	Schneider, Module VIGI
• Horómetro de percusión	24V
• Indicador de secuencia de fase	Siemens
• Cargador de batería	IN 32 VAC, 300W 13A OUT 28 VDC
• Transformador principal	3.5 kVA
• Luces de trabajo	2X, LED 56W, 9-33 VDC
• Carrete de cable eléctrico	90 m
• Cable eléctrico	3x1/0 - AWG (50 mm)
• Grado de protección	IP 55
	IP 65 (opcional)
• Cable Reel	

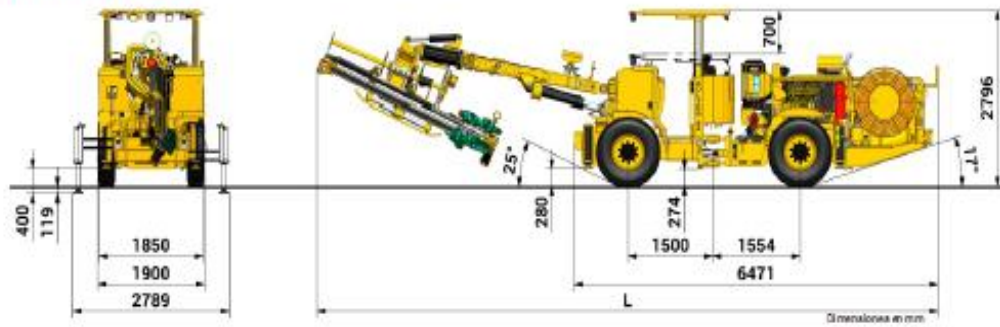
OPCIONES

• Motor diesel	Deutz BF4L914, Tier II, EPA II 72.4 kW @ 2300 rpm FOPS/ROPS
• Cabina de Cerrada A/C	
• Enfriador tropical para ambientes calientes	
• Kit de barrido por agua	Parker, BOL-725-2-3 Compressor G11 P 28,3 l/s (56 CFM)
• Brazo Enmallador	100 kg capacidad de carga
• Torreta T99 (HC 50)	Sistema de Perforación HC 50 Sistema de Empernado HC 50

OPCIONAL: - BRAZO ENMALLADOR



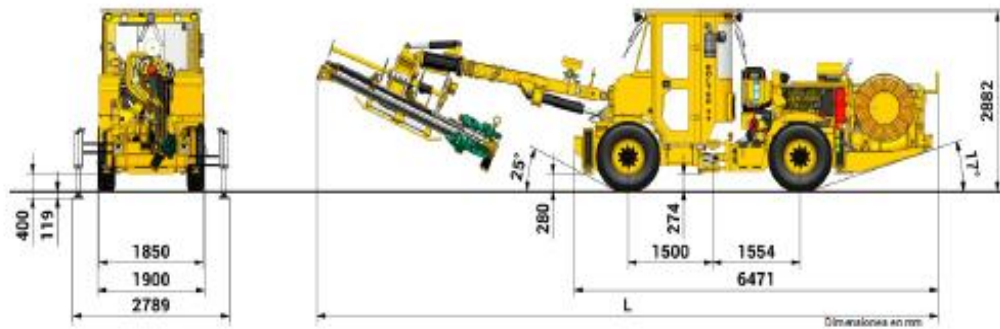
DIMENSIONES



Perno	7'	8'	10'
Longitud de equipo (L)	11,046	11,274	11,455

Peso del equipo	15,720 kg
-----------------	-----------

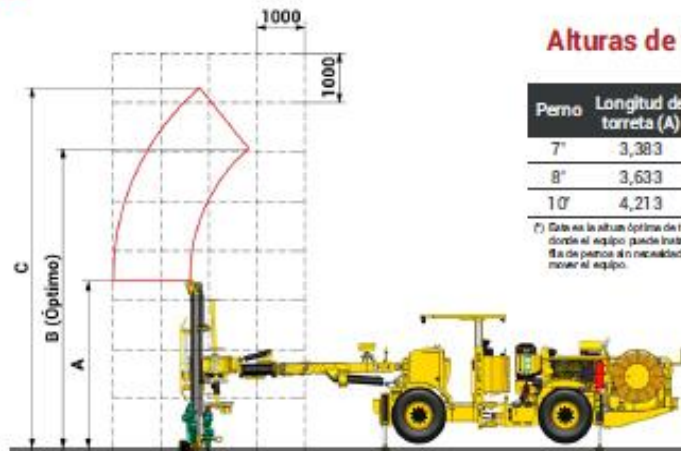
Opción: Cabina Cerrada A/C



Peso del equipo	16,260 kg
-----------------	-----------



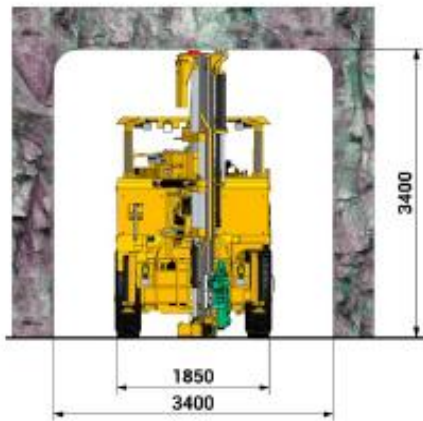
COBERTURA



Alturas de trabajo en labor (*)

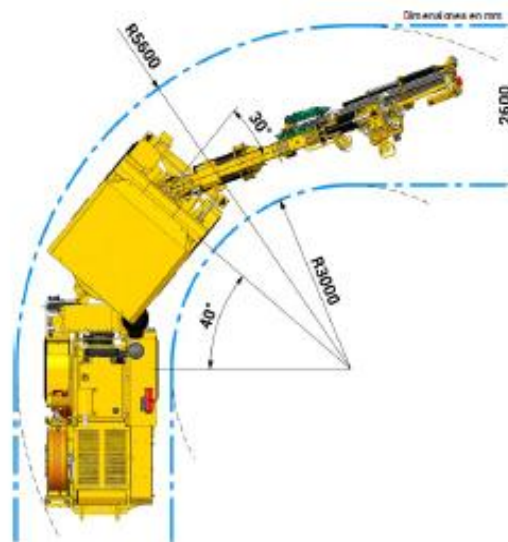
Perno	Longitud de torreta (A)	Óptimo (B)	Altura máx. (C)
7"	3,383	6,068	7,299
8"	3,633	6,319	7,550
10"	4,213	6,569	7,800

(*) Esta es la altura óptima de trabajo, donde el equipo puede instalar una fila de pernos sin necesidad de mover el equipo. Dimensiones en mm.



Perno	Sección mínima
7"	3,400 x 3,400 mm
8"	3,700 x 3,700 mm
10"	4,300 x 4,300 mm

RADIO DE GIRO



ANEXO 2: Ficha técnica de motor CAT C4.4



Caterpillar C4.4 IND
Rating C
106 kW@2200 rpm



MOTOR
CATERPILLAR C4.4 IND ACERT

RATING C

106 kW @ 2200RPM

ALCANCE DE SUMINISTRO

Motor diesel CATERPILLAR modelo C4.4 ACERT, incorporando los componentes que se describen según sus distintos sistemas.

SISTEMA DE ADMISIÓN

Filtro de aire, montado sobre motor

SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

Radiador montado sobre motor, formado por dos núcleos montados en paralelo, uno aire-aire para postenfriador y otro aire agua para refrigeración de camisas incorporando tanque de expansión. Suministrado con rejilla de protección en descarga de aire.

Ventilador aspirante con protecciones accionado por el motor diesel a través de correas, montado sobre el radiador

Bomba de agua centrífuga accionada por el motor diesel.

Anticongelante para primer llenado

SISTEMA DE COMBUSTIBLE

Filtro de primario de combustible con decantador de agua

Filtro secundario de combustible.

SISTEMA DE LUBRICACIÓN

Cárter de aceite.

Enfriador de aceite de lubricación.

Filtro de aceite.

Bomba de circulación de aceite de engranajes accionada por el motor.

Eliminación de gases.

SISTEMA DE ESCAPE

- Silencioso de escape de 3" de diámetro interior, de 15 dBA de atenuación.

SISTEMAS AUXILIARES

Carcasa de volante, y volante

Cáncamos de elevación delanteros y traseros

SISTEMA DE ARRANQUE Y CARGA

Motor de arranque de 24 Vcc.

Alternador de carga de 24 V y 55 Amp.

Bujías de precalentamiento del gasoil.

SISTEMA DE CONTROL

Módulo electrónico de control y velocidad de motor modelo ADEM 4. Este módulo vigila los parámetros del motor, generando códigos de alarma y posteriormente parada antes de que sufra daños irreparables el motor. Genera códigos de diagnóstico de fallos de cableado, fallo de sensores, de alarmas y paradas del motor para transmitir a distancia vía CAN Bus (J1939). El ADEM 4 es totalmente programable y por tanto se pueden configurar los parámetros de alarma y parada del motor, así como su potencia y RPM.

Varias posibilidades de entrada al control para variar las RPM del motor.

Conector, pines y tapones sueltos para conexionado de señales de cliente a ECM.

INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL

Elementos montados en el motor:

ECM (Electronic Control Module) de control del motor.
Sensores analógicos de adquisición de datos del ECM.

OPCIONALES NO INCLUIDOS EN EL PRECIO

OPCIONAL 1: NKINS002(3)(Referencia de pedido)

Panel de control montado sobre el motor incluyendo:
Horas de funcionamiento de motor.
Llave para arranque/paro manual.
Seta de parada de emergencia.
Interruptor para variación de RPM del motor.

OPCIONAL 2: NKINS003 (Referencia de pedido)

Módulo CANdrive con Led`s indicadores de la alarma producida en el motor, comunicado con el ECM del motor vía CAN Bus (J1939) y con indicador analógico de temperatura de agua del motor.

El cliente monta y hace el cableado en su armario.

OPCIONAL 3: NKINS004 (Referencia de pedido)

Módulo POWERVIEW, comunicado con el ECM del motor vía CAN Bus (J1939), con teclas para desplazarse por los diferentes menús y display donde se pueden monitorizar:

- Todos los parámetros del motor.
- Códigos de alarma.
- Códigos de diagnóstico.

El cliente monta y hace el cableado en su armario.

OPCIONAL 4: NKINS005 (Referencia de pedido)

Armario de control con cableado de elementos a un regletero conteniendo:

- Horas de funcionamiento de motor.
- Llave para arranque/paro manual.
- Seta de parada de emergencia.
- Magnetotérmicos de protección de los diferentes circuitos.
- Interruptor para variación de RPM del motor.
- Módulo CANdrive con Led`s indicadores de la alarma producida en el motor, comunicado con el ECM del motor vía CAN Bus (J1939) y con indicador analógico de temperatura de agua del motor.

Se suministra el armario suelto, el cliente instala y hace el cableado de interconexión.

OPCIONAL 5: 3 x NLACE001 (Referencia de pedido)

Aceite para primer llenado del motor (no incluido en el estandar).

GENERAL

Garantía según documento self 5391 garantía ACERT

Certificado según EPA/CARB TIER 3 europeas, fase III A

Pintura amarilla en motor

DOCUMENTACIÓN

Con la entrega física del motor se suministra la siguiente documentación:

Plano de conexiones eléctricas del motor.
Manual de operación de mantenimiento de motor.
Libro de despiece motor.

Adjunto al presente documento se incluye:

Plano de dimensiones generales de motor

DATOS TÉCNICOS

DATOS GENERALES

Marca	CATERPILLAR
Modelo	C4.4 ACERT
Tipo de combustible	Gas-oil
Número de cilindros	4
Disposición	En línea
Diámetro	105mm
Carrera	127 mm
Cilindrada	4,4 litros
Relación de compresión	16,2:1
Aspiración	Turboalimentado y Postenfriador aire-aire
Refrigeración	Circuito separado JW
Velocidad	2200 rpm
Potencia al volante (sin ventilador)	106,2 kWm
Sentido de giro (desde el volante).....	CCW

SISTEMA DE ADMISIÓN

Volumen de aire de combustión	8.54 m ³ /min
Máxima restricción entrada de aire.....	5 kPa

SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

Volumen de agua del motor (sin radiador).....	7 litros
---	----------

SISTEMA DE ESCAPE

Caudal de gases de escape	20.46 m ³ /min
Temperatura gases de escape	516 °C
Contrapresión máxima de escape	15 kPa

SISTEMA DE COMBUSTIBLE

Densidad mínima de combustible	
sin pérdida de potencia	0,845 kg/m ³

SISTEMA DE LUBRICACIÓN

Capacidad del cárter de aceite	11 litros
Tipo de aceite recomendado	API CI-4 y normativa Caterpillar ECF-1

SISTEMAS AUXILIARES

Carcasa de volante SAE 3

SISTEMA DE ARRANQUE

Tensión de baterías 24 Vcc

CONDICIONES DE TRABAJO

Datos a 2200 rpm y 106.2 kWm

Calor absorbido en agua de refrigeración 60,1 kW

Calor residual en el escape 89,7 kW

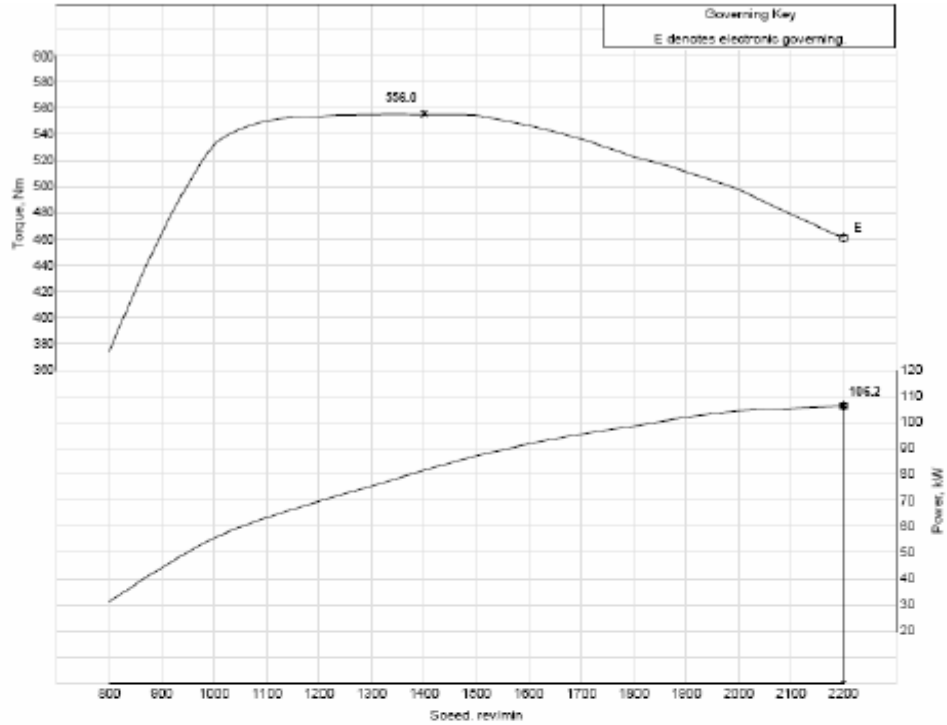
Calor radiado..... 21,1 kW

Calor en postenfriador..... 16,9 kW

Consumo de combustible..... 293,8 kW

DATOS DE POTENCIA-PAR

Velocidad (rev/min)	Par (Nm)	Potencia (kW)
2200	461	106.2
2100	479	105.3
2000	498	104.3
1800	523	98.6
1600	547	91.7
1400	556	81.5
1200	554	69.6
1000	533	55.8



DETARAJE DE POTENCIA

La potencia está basada en las condiciones de temperatura y presión de entrada de aire de 25°C y 100 kPa, y con una presión de vapor de 1kPa. Para valores diferentes consultar detaraje

DIMENSIONES Y PESOS

Largo	631,0 mm
Ancho	626,0 mm
Alto	958,0 mm
Peso sin aceite y refrigerante.....	360 kg
Peso con aceite y refrigerante.....	395 kg

NOTAS

La potencia especificada para el motor se define como la disponible para servicios donde la potencia y/o la velocidad son cíclicos, siendo el tiempo total a plena carga inferior al 50%.


La potencia según ISO/TR 14396, condiciones estándar de entrada de aire: temperatura 25°C, presión 100 kPa, y presión de vapor de 1kPa. Dicha especificación también aplica a las condiciones estándar según ISO3046/1.

El consumo de combustible está basado en un gasóleo EPA 2D 89.330-96, con una densidad entre 845 y 850 g/l a 15°C, y una temperatura de entrada de combustible de 40°C

Los datos técnicos contenidos en el presente documento están basados en la referencia T3026. Alcance de suministro según 3070425

Los materiales y especificaciones están sujetos a cambio sin previo aviso. Para la elaboración del presente documento se ha utilizado el Sistema Internacional de unidades

ANEXO 3: Formato de Check list ensamble de motores

RESEMIN 		CHECK LIST PROCESO ENSAMBLE			CODIGO	FT-MON-014	
					VERSION	02	
					FECHA	1/01/2024	
SUPERVISOR MONTAJE			FIRMA		SERIE		
TÉCNICO MONTAJE			FIRMA		CLIENTE		
TÉCNICO MONTAJE			FIRMA		OT EQUIPO		
TÉCNICO MONTAJE			FIRMA		SUB OT		
TÉCNICO MONTAJE			FIRMA		FECHA ENTREGA		
ESPECIALISTA CALIDAD			FIRMA		HORA ENTREGA		
SEC	OPER	ACTIVIDADES	MONTAJE		CALIDAD		
		MOTORES	✓ / NA	COMENTARIO S	✓ / X	COMENTARIOS	
0	10	REVISIÓN DE MATERIALES					
4	10	MOTOR Y CAJA DE TRANSMISION					
		ESTADO DE MOTOR DIESEL:					
		ESTADO DE ESPACIADOR CAJA T:					
		VERIFICAR MONTAJE CORRECTO DE FLEX PLATE					
		ESTADO DE CAJA TRANSMISIÓN T:					
		VERIFICAR ESTADO DE ADAPTADORES					
		VERIFICAR ESTADO DE RADIADOR					
		VERIFICAR LAS MANG. Y TUBERÍAS DE LAS LÍNEAS DE AFTERCOOLER.					
		VERIFICAR COLISIÓN DE VENTILADOR CON PROTECTOR					

		VERIFICAR TENSADO DE FAJAS				
		DRENADO DE ACEITE CONSERVANTE DE MOTOR				
		DRENADO DE ACEITE CONSERVANTE DE CAJA DE TRANSMISIÓN				
		PERNOS Y/O TUERCAS MARCADOS				
4	20	SOPORTES DE MOTOR				
		ESTADO DE SOPORTE MOTOR				
		AJUSTES DE PERNOS				
		VERIFICAR COLISIÓN DE ESTRUCTURA DE CARRIER CON MOTOR DIÉSEL				
		PERNOS Y/O TUERCAS MARCADOS				
4	30	SISTEMA ALIMENTACION DIESEL				
		VERIFICAR EMPAQUETADURA DE TANQUE DE COMBUSTIBLE				
		ESTADO DE SENSOR NIVEL DE COMBUSTIBLE				
		ESTADO DE TAPA CON FILTRO TANQUE COMBUSTIBLE				
		ESTADO DE MANG. DE ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE				
		VERIFICAR TAPON DE TANQUE DE COMBUSTIBLE				

		ESTADO DE TUBO DE SUCCIÓN RETORNO DE COMBUSTIBLE				
		ESTADO DE KIT FILTRADO DIESEL CAT (CATALIZADOR DE COMBUSTIBLE)				
		VERIFICAR RECORRIDO DE MANGUERAS DE COMBUSTIBLE				
		VERIFICAR ESTADO DE FILTRO DE SEPARADOR DE AGUA				
		PERNOS Y/O TUERCAS MARCADOS				
4	40	SISTEMA ADMISIÓN DIESEL				
		VERIFICAR AJUSTE DE ABRAZADERA SISTEMA DE ADMISIÓN				
		ESTADO DE MANG DE ADMISION P/MOTOR				
		VERIFICAR MONTAJE CORRECTO DE PORTAFILTRO				
		VERIFICAR LIBRE INGRESO DE AIRE AL PORTAFILTRO				
		PERNOS Y/O TUERCAS MARCADOS				
4	50	SISTEMA ESCAPE DIESEL				
		ESTADO DE TUBO FLEXIBLE				
		ESTADO DE CATALIZADOR DC:				
		ESTADO DE SILENCIADOR				

		VERIFICAR MONTAJE CORRECTO DEL SIST. DE ESCAPE				
		ESTADO DE MANGA TERMICA P/TUBO FLEX CAT				
		ESTADO DE PROTECTOR CODO TURBO P/CAT				
		ESTADO DE EMPAQUES Y ABRAZADERAS DE CATALIZADOR				
		VERIFICAR FUGAS DE GASES DEL SISTEMA DE ESCAPE				
		ESTADO DE PROTECTOR SILENCIADOR				
		PERNOS Y/O TUERCAS MARCADOS				
4	60	SISTEMA DRENAJE DIESEL				
		ESTADO DE VALVULA BOLA BRONCE 3/4"				
		ESTADO DE VALVULA BOLA BRONCE 3/8"				
		AJUSTES DE LAS MANGUERAS DE DRENAJE				
		CORRECTO AJUSTE DE TAPON HEMBRA JIC				
4	70	HABILITADO Y PUESTA EN MARCHA				
		LLENADO DE ACEITE DE MOTOR DIESEL				
		VERIFICAR NIVEL DE ACEITE DE MOTOR				

		SEGUNDO CAMBIO DE ACEITE DE MOTOR DIESEL				
		LLENADO DE ACEITE DE CAJA DE TRANSMISIÓN				
		VERIFICAR NIVEL DE ACEITE DE CAJA DE TRANSMISIÓN				
		LLENADO DE REFRIGERANTE				
		VERIFICAR NIVEL DE REFRIGERANTE				
		LLENADO DE COMBUSTIBLE				
		VERIFICAR EL NIVEL DE COMBUSTIBLE				
		VERIFICAR FUGAS DE COMBUSTIBLE				
		PRUEBAS DE GASES				
		VEREFICAR RPM MINIMO				
		VERIFICAR RPM MAXIMO				
		VERIFICAR PRESIÓN DE ACEITE DE MOTOR DIESEL				
		VERIFICAR RPM POSICIONAMIENTO				
		VERIFICAR PRUEBA DE GASES DE ESCAPE CO PPM				
		VERIFICAR PRUEBA DE GASES DE ESCAPE NO PPM				
OTRAS OBSERVACIONES						
SEC	OPER	ACTIVIDADES	COMENTARIOS MONTAJE		COMENTARIOS CALIDAD	

