

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

DIAGNÓSTICO DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO DE LA EMPRESA INGENIERÍA Y CONSTRUCCIONES S.A.S.

Informe de práctica profesional

Gabriel Jaime Maya Gutiérrez

Ingeniería Mecatrónica

Asesor

M. Ing. Luis Fernando Cardona Sepúlveda

INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO

2019

	<p style="text-align: center;">INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</p>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

RESUMEN

Para una empresa dedicada al sector de la construcción y el desarrollo vial del país, los equipos mayores y menores son el patrimonio y/o bienes activos más importantes de dicha organización. En construcción se incluye un grupo selecto de máquinas que son utilizadas en trabajos de gran formato para el desarrollo de grandes obras; en este grupo de maquinaria se encuentran las de excavación, que son utilizadas para remover capas de suelo con el fin de modificar el perfil de la tierra que sea necesario para las especificaciones de las obras. Están aquellas que se utilizan para el transporte, carga y descarga de materiales ya sean áridos, líquidos, hormigón o cualquier otro elemento requerido. Ingeniería y Construcciones S.A.S. posee un grupo de 150 equipos de gran formato (equipo mayor) y más de 120 de pequeño formato (equipo menor).

En este trabajo se presenta el análisis de las labores del área de mantenimiento de la empresa Ingeniería y Construcciones S.A.S., donde se diagnosticó su estado actual y las posibilidades de mejora de la disponibilidad de los equipos. Esto incluyó el seguimiento de los planes de mantenimientos de los equipos, consulta de repuestos, verificación del funcionamiento correcto y eficaz de los softwares utilizados para llevar el control de la documentación, informes entre otros. Las propuestas de mejora realizadas al interior de la empresa permiten realizar programaciones de mantenimiento en el tiempo y momento indicado, con el objetivo de tener un estándar en la calidad de la información y así poder brindar una atención rápida y ágil a los equipos presentes en las obras y el taller de la empresa.

Palabras clave: equipo mayor, equipo menor, maquinaria, desarrollo vial, análisis, mantenimiento.

	<p style="text-align: center;">INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</p>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

RECONOCIMIENTOS

Quisiera dar mis más sinceros agradecimientos a todo el grupo de docentes de la facultad de ingenierías del programa de Ingeniería Mecatrónica, en especial a los profesores de las áreas que comprenden los procesos de ingeniería y la mecánica, a los docentes Wimar Moreno, Norma Guarnizo, Elkin Henao, Miryam Guerra, Luis Alfonso Loaiza, quienes aportaron gran conocimiento durante el transcurso de mi formación como profesional para la elaboración del presente trabajo de grado.

Al profesor Luis Fernando Cardona Sepúlveda por su profesionalismo, acompañamiento y excelente disposición de asesoría.

A Lina Vanegas, mi jefe, quien, con su trayecto y pasión en el área, me brindó apoyo y acompañamiento.

A mis padres, quienes me brindaron la posibilidad de buscar mis sueños, planear mis metas y lograr mis objetivos.

A mis padrinos Walter y Elizabeth por brindarme apoyo, oportunidades y la admiración de la perseverancia y el emprendimiento.

A mis primas Mariana, Ana María, Anabel, por todas aquellas hermosas experiencias de nuestra niñez, el amor, el cariño y la lucha constante por las metas.

A mis hermanos Juan José y Carlos David para demostrarles que con mucho sacrificio, dedicación y disciplina se cumplen las metas.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Logotipo INGENIERIA Y CONSTRUCCIONES S.A.S.....	12
Figura 2. Excavadora KOBELCO SK350LC IC-EC-07 en el frente de obra quebrada La iguaná, Marzo 2019 INGECON S.A.S.....	13
Figura 3. Bulldozer KOMATSU IC-BD-05 INGECON S.A.S.....	14
Figura 4. Componentes típicos del tren de rodaje de un bulldozer.....	15
Figura 5. Dumper VOLVO A25D IC-DV-04 INGECON S.A.S.	16
Figura 6. Motoniveladora FIAT ALLIS IC-MN-01 INGECON S.A.S.....	17
Figura 7. Perforadora Hidráulica BERETA T19 IC-PH-09 INGECON S.A.S.....	18
Figura 8. Retroexcavadora NEW HOLLAND B115B IC-RE-04 INGECON S.A.S.....	19
Figura 9. Vibrocompactador INGERSOLL RAND SD100 IC-VC-03 INGECON S.A.S.	20
Figura 10. Características técnicas de vibrocompactador INGERSOLL RAND SD100 IC-VC-03	20
Figura 11. Autohormigonera DIECI L3500 IC-AH-02 INGECON S.A.S.	21
Figura 12. Mixer KENWORTH T-800 IC-CC-05 INGECON S.A.S.	22
Figura 13. Volqueta Doble Troque KENWORTH T-800 IC-VD-08 INGECON S.A.S.	23
Figura 14. Autobomba de concreto	24
Figura 15. Grúa telescópica TEREEX 230-1 IC-PG-02 INGECON S.A.S.	25
Figura 16. Torre Grúa LIEBHERR 63LC IC-TG-01 INGECON S.A.S.....	26
Figura 17. Diagrama tipo radar representado para las 5 áreas a evaluar en la técnica MES.	39
Figura 18. Porcentaje de tiempo en taller por actividades, preventivas y programadas durante el periodo agosto a noviembre de 2001	45
Figura 19. Problemas más comunes en la gestión del mantenimiento	46
Figura 20. Diagrama de flujo para implementar indicadores de mantenimiento	47
Figura 21. Diagrama tipo radar para diagnóstico del área de mantenimiento realizado a empresas pesqueras	48
Figura 22. Diagrama análisis realizado estado de equipos empresa Dynasty Mining	49
Figura 23. Obra Intercambio Vial Loma Esmeraldal Envigado Marzo-2019 INGENIERIA Y CONSTRUCCIONES S.A.S.....	50
Figura 24. Organigrama departamento logístico y de compras INGENIERIA Y CONSTRUCCIONES	52
Figura 25. Proceso gestión de mantenimientos INGENIERIA Y CONSTRUCCIONES S.A.S.....	53
Figura 26. Diagrama radar para resultado obtenido en técnica MES.....	59
Figura 27. Excavadora IC-EC-01 y Volqueta IC-VD-21 INGENIERIA Y CONSTRUCCIONES S.A.S.....	63
Figura 28. Formato informe diario versión N°2 página 1 INGECON S.A.S.....	66
Figura 29. Formato informe diario versión N°2 página 2 INGECON S.A.S.....	67
Figura 30. Formato informe técnico de intervención a maquinaria versión N°1 INGENIERIA Y CONSTRUCCIONES S.A.S.....	69

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

Figura 31. Obra Circunvalar Santo Domingo Antioquia Junio-2019 INGENIERIA Y CONSTRUCCIONES S.A.S.	72
Figura 32. Vaciado Canal Obra Circunvalar Santo Domingo con Autohormigonera IC-AH-04 INGENIERIA Y CONSTRUCCIONES S.A.S.	72
Figura 33. Formato informe diario versión N°3 página 1 INGENIERIA Y CONSTRUCCIONES S.A.S.	83
Figura 34. Formato informe diario versión N°3 página 2 INGENIERIA Y CONSTRUCCIONES S.A.S.	84
Figura 35. Informe diario Volqueta IC-VD-16 versión N°3 página 1 INGENIERIA Y CONSTRUCCIONES S.A.S.	85
Figura 36. Informe diario Volqueta IC-VD-16 versión N°3 página 2 INGENIERIA Y CONSTRUCCIONES S.A.S.	86
Figura 37. Formato informe técnico de intervención a maquinaria versión N°2 INGENIERIA Y CONSTRUCCIONES S.A.S.	88
Figura 38. Informe técnico de intervención a maquinaria realizado versión N°2 INGENIERIA Y CONSTRUCCIONES S.A.S.	89
Figura 39. Formato informe técnico relación de activos para dar de baja primera versión INGENIERIA Y CONSTRUCCIONES S.A.S.	91
Figura 40. Informe técnico relación de activos para dar de baja primera versión realizado INGENIERIA Y CONSTRUCCIONES S.A.S.	92
Figura 41. Formato reporte interno de incidente de maquinaria INGENIERIA Y CONSTRUCCIONES S.A.S.	95
Figura 42. Reporte interno de incidente de maquinaria realizado INGENIERIA Y CONSTRUCCIONES S.A.S.	96

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Características técnicas de excavadora KOBELCO SK350LC	14
Tabla 2. Características técnicas de Dumper VOLVO A25D IC-DV-04	16
Tabla 3. Preguntas para el área de recursos gerenciales en técnica MES.	34
Tabla 4. Preguntas para el área de gerencia de la información (software de gestión del mantenimiento) en técnica MES.	35
Tabla 5. Preguntas sobre equipos mantenimiento preventivo en técnica MES.	36
Tabla 6. Preguntas relacionadas con la planificación y ejecución en técnica MES.	37
Tabla 7. Preguntas relacionadas con el soporte, calidad y motivación en técnica MES.	38
Tabla 8. Formato para reportar resultados en técnica MES.	39
Tabla 9. Metodología utilizada para estructuración área de mantenimiento	43
Tabla 10. Caracterización de las 72 empresas evaluadas	44
Tabla 11. Listado personal presente en taller.	54
Tabla 12. Resultados de técnica MES, área recursos gerenciales.	55
Tabla 13. Resultados de técnica MES, área gerencia de la información.	56
Tabla 14. Resultados de técnica MES, áreas equipos y técnica de mantenimiento preventivo, planificación y ejecución.	57
Tabla 15. Resultados de técnica MES, área soporte calidad y motivación.	58
Tabla 16. Desviación estándar de los resultados en técnica MES aplicada.	59
Tabla 17. Plan de mantenimiento de excavadora Kobelco SK 350 IC-EC-08	61
Tabla 18. Indicadores equipos críticos mes de Mayo de 2019.	97
Tabla 19. Indicadores equipos críticos mes de Junio de 2019.	98
Tabla 20. Valores de alquiler equipos INGECON S.A.S.	99
Tabla 21. Reporte de pérdidas equipo en Stand-by Mayo de 2019.	100
Tabla 22. Reporte de pérdidas equipo en Stand-by Junio de 2019.	101

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

TABLA DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN	9
1.1	OBJETIVOS	10
1.1.1	Objetivo general	10
1.1.2	Objetivos específicos	10
2.	MARCO TEÓRICO	11
2.1	INGENIERIA Y CONSTRUCCIONES: INGECON S.A.S.	11
2.2	MAQUINARIA AMARILLA UTILIZADA PARA OBRAS CIVILES	13
2.2.1	Excavadora de orugas.....	13
2.2.2	Bulldozer.....	14
2.2.3	Dumper.....	15
2.2.4	Motoniveladora	16
2.2.5	Perforadora hidráulica.....	17
2.2.6	Retroexcavadora	18
2.2.7	Vibrocompactador.....	19
2.2.8	Autohormigonera	21
2.2.9	Camión concretero o mixer	22
2.2.10	Volqueta doble troque	23
2.2.11	Autobomba de concreto	24
2.2.12	Grúa telescópica	24
2.2.13	Torre Grúa	26
2.3	EQUIPOS AUXILIARES PARA OBRAS CIVILES	27
2.3.1	Equipo complementario.....	27
2.3.2	Equipo Menor.....	28
2.4	MANTENIMIENTO.....	28
2.4.1	Indicadores de mantenimiento	30

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

2.5 TÉCNICAS DE AUDITORÍA PARA LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO	32
2.5.1 Técnica MES.....	32
2.5.2 Matriz cualitativa de excelencia en mantenimiento MCEM	40
2.5.3 Técnica MWCS.....	41
2.6 ESTADO DEL ARTE.....	42
3. METODOLOGÍA.....	50
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	52
4.1 Resultado de auditoría al área de mantenimiento	52
4.1.1 Fallas comunes encontradas en los equipos de construcción de la empresa.....	62
4.1.2 Formatos a febrero de 2019.....	64
4.2 Propuestas de mejora	73
4.2.1 Orden de trabajo (O.T.)	74
4.3 Nuevos formatos y actualización de los existentes (Seguimiento)	81
5 CONCLUSIONES	102
Recomendaciones	102
Trabajo Futuro.....	103
REFERENCIAS	104
APÉNDICE.....	106

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

1. INTRODUCCIÓN

El área de equipos de la empresa Ingeniería y Construcciones S.A.S. tiene el personal técnico que brinda la atención de la maquinaria en temas de mantenimientos correctivos y preventivos. Para lograr un estándar de procesos de calidad en esta área, se requieren actividades de análisis minuciosas que supongan el éxito en la calidad de la información, los procesos de mejora y el área técnica unidos por un mismo objetivo. En el 2015, tras 18 años de haberse fundado la compañía, surgió la necesidad de realizar un proceso de gestión estratégica que trajo varios reconocimientos, entre estos, la certificación ICONTEC bajo la norma NTS-ISO 9001 de 2015 para un Sistema de Gestión de la Calidad. Como resultado, fue indispensable para la empresa crear nuevos grupos de trabajo y la búsqueda de encontrar procesos de mejora que se complementaran con un plan estratégico de la calidad de la información.

Para finales del año 2018, se crea el área de análisis de equipos y maquinaria a cargo del analista de equipos, con el objetivo de buscar procesos de mejora, análisis y resguardo de la información, coordinar los procesos de los mantenimientos y velar con pasión por el buen estado de estos. Como parte de la práctica profesional en ésta área, en el cargo de analista de equipos, se llevaron a cabo las siguientes actividades:

- Se identificaron las posibles fallas en el procedimiento y realización de los mantenimientos.
- Se gestionó la documentación para tener una información real, con recomendaciones del fabricante para el buen cuidado de los equipos.
- Se hizo seguimiento al listado de pendientes de los equipos, con el fin de realizar un plan de contingencia y capacitar al personal operativo.

	<p style="text-align: center;">INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</p>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

- Se revisó que los componentes utilizados para los procesos de mantenimiento fueran los idóneos para que haya un equilibrio entre calidad y ahorro de recursos.

En el presente trabajo se muestra el diagnóstico del área de mantenimiento de la empresa Ingeniería y Construcciones S.A.S., las mejoras propuestas desde el área de análisis de equipos y el impacto de estas mejoras en el desarrollo de las actividades de mantenimiento dentro de la empresa.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo general

Analizar el panorama en el que se encuentra el departamento de mantenimiento de la empresa Ingeniería y Construcciones S.A.S, con el fin de identificar errores, realizar aportes y buscar posibilidades de mejora para aumentar la producción y la vida útil de los equipos.

1.1.2 Objetivos específicos

- Elaborar el diagnóstico del estado del área de mantenimiento y de los equipos de la empresa Ingeniería y Construcciones S.A.S.
- Proponer e implementar acciones de mejora al área de mantenimiento de Ingeniería y Construcciones S.A.S, que busquen aumentar la disponibilidad de los equipos.
- Evaluar el impacto que tienen las acciones de mejora en la disponibilidad de los equipos.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

2. MARCO TEÓRICO

2.1 INGENIERIA Y CONSTRUCCIONES: INGECON S.A.S.

INGECON S.A.S. es una empresa dedicada especialmente al sector de la construcción de obras de Infraestructura vial. Inició labores en el año 1997. Cuenta con personas comprometidas con la seguridad, preservación del medio ambiente, calidad y la satisfacción de los clientes. El NIT de la empresa es 811025261-6. El logo de la empresa se presenta en la Figura 1.

La empresa tiene una estructura jerárquica, funcionalista, con procesos documentados, ajustados a los lineamientos de las normas internacionales, generando una alta credibilidad y confianza a sus clientes que por lo general son las entidades públicas, el INVIAS entre otras y entidades privadas, lo que les permite proyectar servicios en la construcción de:

- **Obras civiles hidráulicas:** Presas, diques y muelles, regulación y control de ríos, sistema de irrigación y drenaje, dragados y canales, aguas subterráneas y pozos profundos, generación y modificación de playas, conducción de aguas.
- **Obras sanitarias y ambientales:** Redes de distribución de agua potable, Redes de distribución de aguas servidas, estaciones de bombeo, plantas de tratamiento, tanques de almacenamiento, protección y control de erosiones, recuperación ecológica y morfológica, empradización, revegetalización formación de cobertura vegetal, rellenos sanitarios, pozos sépticos, manejo y control ambiental, explotación de los recursos naturales.
- **Edificaciones y obras de urbanismo:** Edificaciones sencillas hasta 500 m² y de alturas menores de 15 m, edificaciones mayores de 500 m² y de alturas mayores de 15 m, remodelaciones, conservación y mantenimiento, restauración de edificaciones, parques,

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

obras de urbanismo, paisajismo y complementarias, estructura de concretos convencionales, estructuras especiales de concreto, estructuras metálicas, estructura de madera, instalaciones interiores para edificaciones.

- **Montajes electromecánicos y obras complementarias:** Montaje para centrales hidráulicas, montaje para centrales térmicas, subestaciones de energía, sistemas de calefacción refrigeración y enfriamiento, montajes de ascensores, montacargas y puentes-grúas, líneas de transmisión y subtransmisión de energía, redes de distribución áreas y subterráneas, montajes de tuberías de presión.
- **Sistemas/servicios industriales y obras para minería e hidrocarburos:** Explotación minera.
- **Obras de transporte y complementarios:** Vías de comunicación en superficie, pavimentos rígidos, pavimentos flexibles, puentes, perforaciones, túneles y excavaciones subterráneas, puertos marítimos y fluviales, señalización y semaforización, seguridad aérea, servicios generales, sistema de seguridad industrial, actividad consultora.
- **Social:** Infraestructura física educativa.
- **Transporte:** Infraestructura para transporte vial.
- **Desarrollo urbano:** Desarrollo arquitectónico.

Desde su nacimiento esta empresa se ha caracterizado por prestar servicios de alta calidad, trabajando para evitar accidentes e incidentes de trabajo. Existe además compromiso con la preservación del medio ambiente, lo que también genera confianza y tranquilidad para sus clientes.



Figura 1. Logotipo INGENIERIA Y CONSTRUCCIONES S.A.S.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

2.2 MAQUINARIA AMARILLA UTILIZADA PARA OBRAS CIVILES

2.2.1 Excavadora de orugas

Es una máquina autopropulsada de orugas (o cadenas), que tiene una estructura que le permite girar hasta 360° en ambos sentidos sin interrupción, dedicada a excavar terrenos, carga, levanta y descarga diferentes tipos de materiales gracias a la acción del balde o cuchara. Las orugas permiten estabilizar el desplazamiento en terrenos irregulares y de difícil acceso, tales como pendientes, suelos rocosos e incluso ríos y quebradas. La excavadora KOBELCO SK350LC mostrada en la Figura 2, tiene las características técnicas que aparecen en la Tabla 1.



Figura 2. Excavadora KOBELCO SK350LC IC-EC-07 en el frente de obra quebrada La iguaná, Marzo 2019 INGECON S.A.S.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

Tabla 1. Características técnicas de excavadora KOBELCO SK350LC (Kobelco Construction Machinery U.S.A, 2019)

Velocidad de viaje	Velocidad de giro	Torque de giro	Peso operativo
5,8 km/h	10 rpm	88,500 lbf / ft	83,300 lbs
3,6 km/h		(120 kNm)	(37,800 kg)

2.2.2 Bulldozer

El bulldozer, llamada también topadora o tractor sobre orugas, es una máquina cuyo uso principal está orientado al movimiento y empuje de tierras de excavación gracias a que está equipada con una cuchilla u hoja vertical ubicada en la parte delantera. El bulldozer KOMATSU IC-BD-05 se muestra en la Figura 3.



Figura 3. Bulldozer KOMATSU IC-BD-05 INGECON S.A.S.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

El tren de rodaje de un bulldozer típico es modular, permitiendo el montaje/desmontaje de cada componente sin derramar aceite, para efectuar labores de mantenimiento preventivo. En la Figura 4 se muestran dichos componentes.

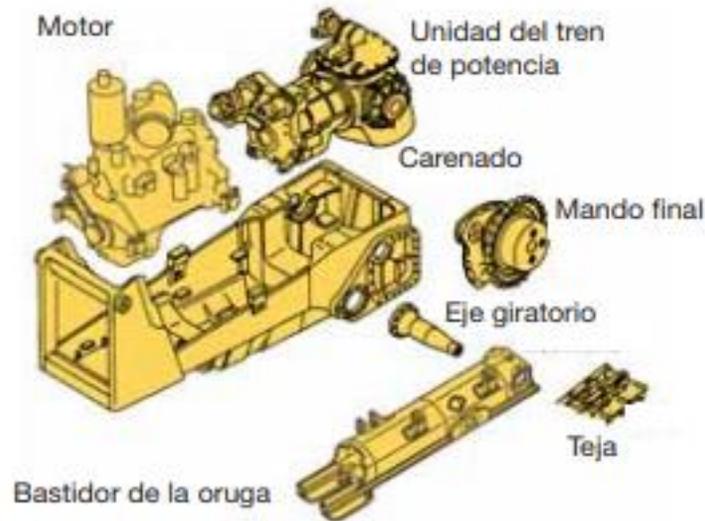


Figura 4. Componentes típicos del tren de rodaje de un bulldozer (Komatsu Europe, 2009)

2.2.3 Dumper

Es un vehículo de la construcción utilizado para el transporte de material de las obras (tierra, roca, arcilla, etc.). Tiene un volco para la carga y descarga del material que funciona mediante gatos hidráulicos que facilitan el levantamiento de este. Es un equipo de gran utilidad debido a que puede desplazarse en terrenos de difícil acceso, tales como ríos y quebradas angostas donde las volquetas no tienen la capacidad de transitar. En la Figura 5 se muestra un dumper de la empresa INGECON S.A.S. y en la Tabla 2 se presentan las principales características técnicas de este equipo.

	<p style="text-align: center;">INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</p>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27



Figura 5. Dumper VOLVO A25D IC-DV-04 INGECON S.A.S.

Tabla 2. Características técnicas de Dumper VOLVO A25D IC-DV-04 (VOLVO Construction Equipment, 2019)

Capacidad de carga útil: 24000 kg	Potencia bruta máxima del motor: 228kW
Torque Max SAE J1349 bruto: 1375 Nm	Velocidad máxima: 53km/h

2.2.4 Motoniveladora

Es una máquina autopropulsada de la construcción que se emplea para nivelar terrenos y es especialmente útil en la construcción de vías. Posee una larga hoja o cuchilla ubicada en el centro de la máquina, justo después de los dos ejes tractores (cabina y motor) y antes del eje frontal. También se puede equipar una segunda hoja en este último para una mayor precisión

	<p style="text-align: center;">INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</p>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

de trabajo de nivelación de terrenos (CNH Industrial, 2019). En la Figura 6 se presenta una motoniveladora de la empresa INGECON S.A.S.



Figura 6. Motoniveladora FIAT ALLIS IC-MN-01 INGECON S.A.S.

2.2.5 Perforadora hidráulica

Es una máquina construida y diseñada para el montaje o instalación de pilotes en terrenos donde la capacidad portante del suelo es ineficiente para soportar cualquier estructura. Este trabajo lo realiza mediante la perforación en pendientes o montañas que tienen un riesgo de colapso por ser zonas geológicamente inestables, ver Figura 7. Los pilotes sirven para dar soporte al terreno y disminuir considerablemente el riesgo de derrumbes; la perforadora hinca los pilotes ya sea de concreto prefabricado, tubos de acero o madera (Beretta Alfredo S.r.l, 2019).

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27



Figura 7. Perforadora Hidráulica BERETA T19 IC-PH-09 INGECON S.A.S.

2.2.6 Retroexcavadora

Es una máquina de construcción empleada para trabajos de excavación. Usualmente es confundida con la excavadora (ya que es una variante de esta), pero se diferencia en que la retroexcavadora dispone de grandes ruedas para su tracción en vez de cadenas; además, aparte del balde, posee una pala u hoja adicional en la parte frontal. Es utilizada para abrir zanjas para el paso de tuberías, alcantarillados, drenajes, cables, etc.

La empresa cuenta con retroexcavadoras New Holland Serie B, equipadas con motores turboalimentados de 4,5 litros, tal como se muestra en la Figura 8. La transmisión posee cuatro velocidades hacia adelante y cuatro hacia atrás, con comando mecánico de selección de marchas y modulación electrónica para inversión de sentido, lo que proporciona más

	<p style="text-align: center;">INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</p>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

comodidad de operación y mayor rapidez en los ciclos de trabajo. El conjunto transmisión/convertidor de par está ensamblado directamente en el volante del motor, lo que mejora la distribución de pesos y evita pérdidas de potencia (CNH Industrial, 2019).



Figura 8. Retroexcavadora NEW HOLLAND B115B IC-RE-04 INGECON S.A.S.

2.2.7 Vibrocompactador

Es una máquina autopropulsada de la construcción que sirve para compactar el suelo o material sobre el cual se desplaza, gracias a su peso y a que se encuentra dotada de uno o varios rodillos o ruedas. En algunos compactadores se utiliza un elemento vibratorio ubicado dentro del cilindro para incrementar su capacidad de compactación y reducir el peso del equipo. En la Figura 9 se presenta una vibrocompactadora INGERSOLL RAND de la empresa INGECON S.A.S y en la Figura 10 se presentan algunas de las características técnicas de esta máquina.



Figura 9. Vibrocompactador INGERSOLL RAND SD100 IC-VC-03 INGECON S.A.S.

Dimensiones	
A. Largo total con cuchilla	571.5 cm
B. Anchura desde neumaticos	236.22 cm
C. Altura a la cabina	309.88 cm
D. Distancia entre ejes	330.2 cm
F. Diametro de Tambor	149.86 cm
Capacidad de sistema hidraulico	204.4 Lt
Capacidad de tanque de combustible	272.5 Lt
Marca de motor	Cummins
Modelo	B3.9-C
Número de cilindros	4
Potencia bruta	125 Hp
Ancho de tambor	213.36 cm
Amplitud Nominal - Alta	.17 cm
Amplitud nominal - Baja	.084 cm
Fuerza centrifuga - Alta	52500 Lb
Fuerza centrifuga - Baja	26200 Lb

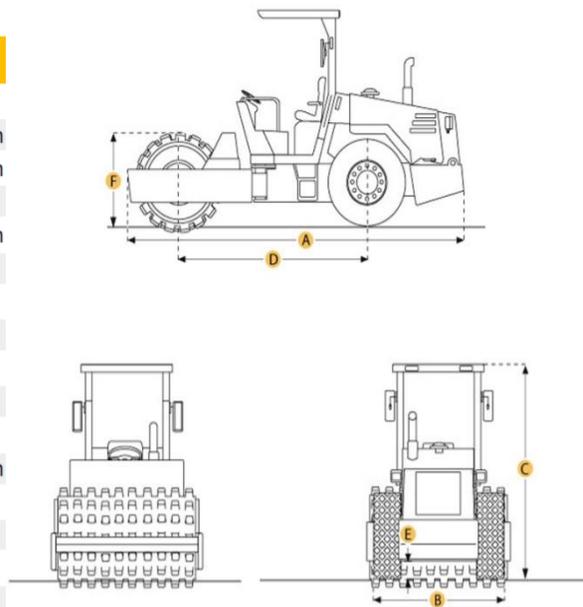


Figura 10. Características técnicas de vibrocompactador INGERSOLL RAND SD100 IC-VC-03

(Obra Plaza, 2019)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

2.2.8 Autohormigonera

Es una máquina de la construcción empleada para la elaboración y transporte del hormigón o concreto al interior de las obras. Su principal función es reemplazar el amasado manual de los elementos que componen el hormigón (cemento, áridos y agua). Brinda un fácil acceso en obra, puede producir una mayor cantidad de material y una disposición inmediata de este. El diseño de las palas internas en espiral asegura la homogeneidad de la mezcla en todas las secciones. El alto espesor del acero utilizado para el tambor de mezcla garantiza la indeformabilidad y la larga duración en el tiempo.

Una de las autohormigoneras de la empresa INGECON S.A.S, mostrada en la Figura 11, es capaz de producir de 100 m³ de hormigón en tan solo 5 horas de trabajo y está homologada para circular por carretera incluso con plena carga (DIECI, 2019).



Figura 11. Autohormigonera DIECI L3500 IC-AH-02 INGECON S.A.S.

	<p style="text-align: center;">INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</p>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

2.2.9 Camión concretero o mixer

Es un vehículo de la construcción que, al igual que la autohormigonera, se emplea para la elaboración y transporte del hormigón o concreto, siendo este más especializado ya que gracias a su cuba cilíndrica giratoria mantiene el hormigón en movimiento y en perfectas condiciones mientras es transportado desde la planta de producción hasta la obra misma. La mixer T800, mostrada en la Figura 12, está diseñada para resistir y operar en extensas jornadas de trabajo. Tiene una capacidad de 8 mt³ de agitador y mezclador (KENWORTH DE LA MONTAÑA, 2019).



Figura 12. Mixer KENWORTH T-800 IC-CC-05 INGECON S.A.S.

	<p style="text-align: center;">INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</p>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

2.2.10 Volqueta doble troque

Las volquetas son quizás los vehículos más utilizados en cualquier tipo de obra civil. Poseen un dispositivo mecánico o volco para cargar, descargar y transportar el material requerido. En la mayoría de las veces realizan grandes movimientos de tierra. La composición mecánica de la volqueta depende precisamente del volumen de material que pueda transportar su volco. Las volquetas doble troque (tal como la mostrada en la Figura 13) se denominan de esta manera ya que tienen una capacidad de transportar 15 metros cúbicos versus los 7 metros de una volqueta convencional. Para tener dicha capacidad y para poder transportarla posee tres ejes y es de ahí de donde viene su nombre, a diferencia de las demás que solo cuentan con la convencional configuración de 2 ejes. El volco implementa un gato hidráulico que permite el levantamiento de este para así realizar la descarga del material (KENWORTH DE LA MONTAÑA, 2019).



Figura 13. Volqueta Doble Troque KENWORTH T-800 IC-VD-08 INGECON S.A.S.

	<p style="text-align: center;">INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</p>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

2.2.11 Autobomba de concreto

Se puede decir que son dos equipos en uno, debido a que actúa como vehículo y a su vez transporta en su remolque una bomba de concreto que funciona por medio de un control remoto, controlado por el operador, para dirigir las tuberías superiores al punto exacto donde se requiere el vaciado del concreto. Este equipo es necesario debido a que las mixer y las autohormigoneras no alcanzan a llegar a ciertos lugares donde requiere la obra. Este equipo se muestra en la Figura 14.



Figura 14. Autobomba de concreto (GENERAL EQUIPOS DE COLOMBIA, 2019)

2.2.12 Grúa telescópica

Es un tipo de grúa pesada capaz de elevarse sobre sí misma que, en vez de estar fija o empotrada en una superficie, tiene ruedas para su fácil transporte, tal como se muestra en la Figura 15. Una vez es utilizada tiene soportes que se extienden de derecha a izquierda y que luego se adhieren al suelo para una buena fijación y así facilitar un el trabajo. Están además equipadas con ajustes de altura para transportar los materiales. Esta grúa posee una pluma

	<p style="text-align: center;">INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</p>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

telescópica hueca que contiene varios tubos montados y ensamblados en un lado y otro, funciona con un mecanismo hidráulico que realiza el movimiento para alargamiento y refracción de la viga.



Figura 15. Grúa telescópica TEREX 230-1 IC-PG-02 INGECON S.A.S.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

2.2.13 Torre Grúa

Es un tipo de grúa elaborada en una estructura metálica rígida, que a su vez es desmontable, orientada especialmente al sector de la construcción. Su alimentación es por corriente eléctrica y de acuerdo a su movilidad pueden ser fijas, apoyadas, empotradas, móviles, entre otras. Poseen una gran capacidad de carga y por su altura son muy útiles en construcción de puentes, edificaciones o para el levantamiento de materiales en zonas de difícil acceso. Las cabinas ergonómicas permiten a los operadores de la grúa trabajar eficientemente (TEREX Corporation, 2019). Una torre-grúa de la empresa INGECON S.A.S se muestra en la Figura 16.



Figura 16. Torre Grúa LIEBHERR 63LC IC-TG-01 INGECON S.A.S.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

2.3 EQUIPOS AUXILIARES PARA OBRAS CIVILES

2.3.1 Equipo complementario

En este campo se encuentran:

- **Compresores:** Utilizados para el funcionamiento de las perforadoras hidráulicas.
- **Bombas de agua:** Sirven para sacar el agua que interfiere en la obra en situaciones de elaboración de canales en ríos y quebradas.
- **Bombas de lanzamiento de concreto:** Sirven para suministrar concreto hasta el punto del vaciado.
- **Bombas de inyección:** cuando se realiza la perforación del pilote las bombas de inyección son las encargadas de suministrar el concreto hacia el interior de este.
- **Miniexcavadoras:** Realizan las mismas funciones que una excavadora, debido a su tamaño más compacto son de utilidad en obras pequeñas o lugares de difícil acceso para las de gran tamaño.
- **Compactadores de rodillo:** Su función es similar al de un vibrocompactador, pero este es de un tamaño reducido para uso manual de un operador.
- **Minicargador:** Utilizado en las obras para realizar el levantamiento y transporte de materiales de un lugar a otro.
- **Minidumper:** Sus funciones son similares a las de la dumper, pero como su nombre lo indica es de un tamaño mucho más reducido para llegar a lugares donde el acceso es más complicado.
- **Planta eléctrica a gasolina:** Muy utilizada ya que esta brinda energía eléctrica a los equipos básicos de la obra por medio de un motor de combustión a gasolina.

	<p style="text-align: center;">INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</p>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

2.3.2 Equipo Menor

Es denominado de esta manera todo aquel equipo de mano o herramienta utilizada por los obreros, tales como:

1. Taladros.
2. Pulidoras.
3. Roto martillos.
4. Tronzadoras.
5. Vibradores de concreto.
6. Apisonadores canguro.
7. Bombas de superficie
8. Caladoras.
9. Concretadoras a gasolina.
10. Cortadoras de pavimento.
11. Guadañadoras.
12. Esmeril eléctrico.
13. Motor Tool.
14. Sopladoras eléctricas.
15. Polichadoras.

2.4 MANTENIMIENTO

A nivel técnico, mantenimiento se define a todo tipo de acción que este destinada a preservar, conservar y mejorar un artículo o equipo restaurándolo a un estado óptimo para su funcionamiento, aumentando así producción y la vida útil de este (Mora, 2009).

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

En el sector de la construcción se realizan dos tipos de mantenimiento principalmente, el correctivo y el preventivo:

- **Con el mantenimiento correctivo** se realizan las reparaciones y las correcciones de las fallas observadas en ese instante. Para el caso de la empresa INGECON S.A.S, puede ser por ejemplo cuando a una autohormigonera se le pincha uno de sus neumáticos. Son acciones correctivas que para un equipo de tal importancia en la obra requiere una acción inmediata ya que, desde el mismo instante de la pausa del equipo, empiezan a contar las pérdidas por disponibilidad de equipo sin avance de trabajo de obra, pérdidas económicas que si se agravan llegarían a generar retrasos que implicarían planes de contingencia hasta el punto de tener una obra trabajando las 24 horas del día para cumplir con el plazo establecido en el contrato.
- **Con el mantenimiento preventivo**, se realizan actividades para garantizar que el equipo este en óptimas condiciones de trabajo y funcionamiento evitando que pueda producirse una avería o un accidente por algún deterioro ya sea de un componente tan importante como el motor o algo tan pequeño como la lubricación de un piñón y la tornillería. Un ejemplo claro de este mantenimiento, para cualquier equipo de la empresa de maquinaria de línea amarilla, es el cambio de aceites con su respectiva filtración, el engrase y lubricación de partes, las respectivas revisiones programadas de sistemas eléctricos, mecánicos, que garantizan un buen funcionamiento y un periodo más largo de vida útil de los equipos.

Cualquier obra civil del sector público o privado dispone de un ente de supervisión, revisión, control y observación que busca garantizar el buen funcionamiento de los procesos que lleva a cabo el contratista (Empresa que realiza la obra). A este grupo de personas se le denomina **interventoría**.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

Además de realizar un buen plan de mantenimiento para beneficio de la empresa constructora y mantener en las mejores condiciones sus equipos y su rentabilidad, también hay una responsabilidad con la interventoría del contratante de la obra. El contratista está en la obligación de responder a las peticiones de éste ente de supervisión, donde se pide información como los cronogramas de mantenimientos y sus respectivos soportes, los informes diarios de los equipos, documentación legal, entre otros, con el objetivo de garantizar que los equipos estén en óptimas condiciones para evitar accidentes a los trabajadores de obra y población civil que podrían llegar a convertirse en un lio legal y jurídico. Adicionalmente, el correcto manejo de la información sobre los mantenimientos también es útil para poder realizar el cobro y pago de las actas de los trabajos realizados.

2.4.1 Indicadores de mantenimiento

Los indicadores de mantenimiento son parámetros numéricos que pueden ofrecer una oportunidad de mejora continua en el desarrollo y aplicación de métodos y técnicas específicas de mantenimiento. Sirven para comparar con un valor o nivel de referencia con el fin de adoptar acciones correctivas, modificativas, predictivas según sea el caso. (Rodríguez, Cubillos, & Nuñez, 2012)

Los indicadores de mantenimiento de clase mundial, son indicadores básicos de mantenimiento mundialmente reconocidos (Mora, 2009):

- **MTBF** (Tiempo medio entre fallos): es una medida de la confiabilidad de un equipo o sistema y relaciona el tiempo de operación de los equipos y el número de fallos detectados.

$$MTBF = \frac{HROP}{\sum NTFALLAS} \quad (1)$$

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

Donde HROP son las horas de operación del equipo y $\Sigma NTFALLAS$ es el número de fallas detectadas.

- **MTTR** (El tiempo promedio de reparación): Es el tiempo medio necesario para realizar la reparación. Es una medida de la mantenibilidad y mide la relación del tiempo total invertido es el mantenimiento correctivo en un conjunto de objetos que han fallado durante un periodo de tiempo observado:

$$MTTR = \frac{TTF}{\Sigma NTFALLAS} \quad (2)$$

Donde TTF es el tiempo total de fallas y $\Sigma NTFALLAS$ es el número de fallas detectadas.

- **Disponibilidad (D)**: Es la probabilidad de que un equipo funcione satisfactoriamente en el momento en que sea requerido después del comienzo de su operación y se calcula de la siguiente manera:

$$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \quad (3)$$

Donde MTBF es el tiempo promedio entre fallos y MTTR es el tiempo promedio de reparación. La disponibilidad fluctúa en los siguientes rangos:

- 70% - 80% → Mala
- 81% - 90% → Regular
- 91% - 96% → Normal
- Mayor a 96% → Óptima

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

2.5 TÉCNICAS DE AUDITORÍA PARA LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO

2.5.1 Técnica MES

La auditoría MES (Maintenance Effectiveness Survey) es una auditoría propuesta por el instituto Marshall (Marshall Institute, 2019) y está basada en un cuestionario de evaluación de 60 preguntas repartidas en 5 áreas del mantenimiento. Las respuestas a cada pregunta se limitan a cinco posibles opciones. Las áreas de mantenimiento evaluadas son:

- Recursos gerenciales
- Gerencia de la información (Software de gestión del mantenimiento)
- Equipos y técnicas de mantenimiento preventivo
- Planificación y ejecución
- Soporte, calidad y motivación

El proceso de aplicación de la auditoría es a nivel de personal de gerencia, supervisión operaciones y mantenimiento, recomendándose pasar el cuestionario a 8 participantes, como mínimo.

El proceso de cuantificación de las áreas de mantenimiento a diagnosticar se realiza de la siguiente forma: las personas seleccionadas, evalúan las 12 preguntas desarrolladas para cada área (total: 5 áreas / 60 preguntas) en función de una escala del 1 al 5. Para la calificación se puntúa, de acuerdo con la siguiente escala: 1 = no se cuenta o muy deficiente, 2 = deficiente, 3 = regular, 4 = bueno y 5 = excelente). Cada área por evaluar se considera con el mismo nivel de importancia. Las posibles puntuaciones máximas y mínimas que obtener son:

- Puntuación máxima: por área: 60 unidades, por las 5 áreas: 300 unidades.
- Puntuación mínima: por área 12 unidades, por las 5 áreas: 60 unidades.

Las puntuaciones totales se suman y promedian entre el número de personas encuestadas. Finalmente, se estima la posición de mantenimiento en función de los siguientes rangos:

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

- 261-300: Categoría “Clase Mundial” / Nivel de excelencia en mantenimiento
- 201-260: Categoría “Muy Buena” / Nivel de buenas prácticas en mantenimiento
- 141-200: Categoría “Por arriba del nivel promedio” / Nivel aceptable en mantenimiento
- 81-140: Categoría “Por debajo del promedio” / Nivel no muy bueno de mantenimiento, con oportunidades para mejorar
- Menor de 80: Categoría “Muy por debajo del promedio” / Nivel muy malo de mantenimiento con muchas oportunidades para mejorar

Las 60 preguntas del cuestionario para las 5 áreas se presentan de la Tabla 3 a la Tabla 7.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

Tabla 3. Preguntas para el área de recursos gerenciales en técnica MES. Adaptada de (Marshall Institute, 2019)

ÁREA RECURSOS GERENCIALES						
	Preguntas por evaluar	1	2	3	4	5
1	¿Usted siente que mantenimiento está dotado para realizar su trabajo?					
2	¿La estructura completa del mantenimiento parece ser lógica y favorece al cumplimiento de las actividades de mantenimiento?					
3	¿La organización ayuda a eliminar las barreras que el personal de mantenimiento encuentra en su trabajo y de las cuales no tiene control?					
4	¿La gerencia estimula a mantenimiento a alcanzar las metas de producción?					
5	¿La gerencia estimula a producción a que ayude a mantenimiento en la realización de sus actividades?					
6	¿Se desarrollan equipos de trabajo (mantenimiento y producción), para resolver tópicos que afectan a ambos departamentos?					
7	¿La gerencia estimula al personal de mantenimiento (mecánicos, eléctricos...) y a los operadores a que trabajen juntos en la resolución de problemas que afectan la disponibilidad de sus procesos?					
8	¿El personal de mantenimiento posee las habilidades necesarias para realizar sus áreas de trabajo?					
9	¿Los trabajadores en general han recibido el adiestramiento adecuado en sus áreas de trabajo?					
10	¿La gerencia involucra al personal de mantenimiento en la definición de sus objetivos y metas por cumplir?					
11	¿La gerencia revisa y hace seguimiento a los objetivos de la planta en reuniones de trabajo con el personal de mantenimiento y operaciones?					
12	¿Los objetivos del mantenimiento están alineados con la visión y misión del negocio?					
	Puntuación total por criterio					

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

Tabla 4. Preguntas para el área de gerencia de la información (software de gestión del mantenimiento) en técnica MES. Adaptada de (Marshall Institute, 2019)

ÁREA GERENCIA DE LA INFORMACIÓN (SOFTWARE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO)						
	Preguntas por evaluar	1	2	3	4	5
13	¿La organización utiliza de forma eficiente el sistema computarizado de gestión del mantenimiento (SAP, etc.)?					
14	¿Está cada componente identificado, codificado y asociado a un sistema dentro de toda la planta?					
15	¿La organización mantiene actualizado el software de gestión de mantenimiento (SAP, etc.)?					
16	¿Ha sido el personal debidamente entrenado para su uso?					
17	¿La organización mantiene registros precisos de fallas de sus sistemas?					
18	¿Están los inventarios de repuestos dentro del software de gestión de mantenimiento (SAP, etc.)?					
19	¿Se toman decisiones a partir de los reportes generados en el software de gestión de mantenimiento (SAP, etc.)?					
20	¿La organización estima y hace seguimiento a los costos de mantenimiento?					
21	¿La organización evalúa los tiempos operativos y fuera de servicio?					
22	¿La organización de mantenimiento se compara contra otras organizaciones para medir su desempeño?					
23	¿El tiempo de realización de mantenimiento es registrado y evaluado?					
24	¿La gerencia de mantenimiento utiliza algún tipo de medida de comparación (por ejemplo: costos de mantenimiento/costos de producción)?					
	Puntuación total por criterio					

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

Tabla 5. Preguntas sobre equipos mantenimiento preventivo en técnica MES. Adaptada de (Marshall Institute, 2019)

EQUIPOS Y TÉCNICAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO						
	Preguntas por evaluar	1	2	3	4	5
25	¿La organización utiliza ordenes de trabajo para las actividades de mantenimiento preventivo?					
26	¿Se revisan periódicamente los planes de mantenimiento preventivo, necesidades de adiestramiento, etc.?					
27	¿La organización tiene personal de mantenimiento dedicado exclusivamente a realizar actividades de mantenimiento preventivo?					
28	¿Los operadores ayudan en las actividades de mantenimiento menor (limpieza, lubricación, ajustes e inspección visual)?					
29	¿La organización utiliza técnicas de mantenimiento predictivo (vibraciones, análisis de aceite, ultrasonido, termografías, etc.)?					
30	¿La organización hace seguimiento a los costos de mantenimiento preventivo y predictivo?					
31	¿Los grupos de producción y operaciones permiten que el personal de mantenimiento tenga acceso a los equipos en las fechas estimadas del mantenimiento preventivo?					
32	¿La organización tiene cultura de analizar y evitar fallas repetitivas?					
33	¿Se incluye al personal de mantenimiento y producción en el proceso de evaluación de equipos nuevos?					
34	¿Se adiestra de forma adecuada a las personas que van a operar los equipos nuevos?					
35	¿Se adiestra de forma adecuada a las personas que van a mantener los equipos nuevos?					
36	¿La organización hace seguimiento y evalúa los costos de operación y mantenimiento, a lo largo del ciclo de vida de sus activos?					
	Puntuación total por criterio					

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Tabla 6. Preguntas relacionadas con la planificación y ejecución en técnica MES.
Adaptada de (Marshall Institute, 2019)

PLANIFICACIÓN Y EJECUCIÓN						
	Preguntas por evaluar	1	2	3	4	5
37	¿Son priorizadas las actividades de mantenimiento correctivo/preventivo?					
38	¿La organización utiliza órdenes de trabajo para las actividades correctivas?					
39	¿Se le hace seguimiento a la ejecución de las actividades de mantenimiento correctivo/preventivo?					
40	¿La organización controla el sobre tiempo (adicional al planificado)?					
41	¿La organización registra la información obtenida por la ejecución de la actividad de mantenimiento (correctiva/preventiva)?					
42	¿Son los trabajadores de mantenimiento asignados a las distintas labores en función de sus conocimientos y habilidades?					
43	¿Son las actividades correctivas bien planificadas antes de ejecutarse?					
44	¿La organización utiliza planificadores de mantenimiento para preparar el alcance de mantenimientos mayores (“overhauls”, paradas de planta, etc.)?					
45	¿La organización utiliza contratistas calificados para realizar labores de mantenimiento (“outsourcing”)?					
46	¿La organización participa en la definición de las actividades de trabajo y en la estimación de tiempos de ejecución de los contratistas?					
47	¿Se tiene en cuenta el impacto (seguridad, ambiente y producción) que tiene el sistema en el cual se va a ejecutar el mantenimiento?					
48	¿Se define el camino crítico de los mantenimientos mayores y se identifican los repuestos críticos?					
	Puntuación total por criterio					

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Tabla 7. Preguntas relacionadas con el soporte, calidad y motivación en técnica MES.
Adaptada de (Marshall Institute, 2019)

SOPORTE, CALIDAD Y MOTIVACIÓN						
	Preguntas por evaluar	1	2	3	4	5
49	¿Están disponibles los repuestos y materiales a la hora de ejecutar actividades de mantenimiento?					
50	¿Está el almacén de repuestos bien organizado y sus tiempos de respuesta son eficientes?					
51	¿Se controla bien la salida y entrada de repuestos al almacén?					
52	¿Se tiene un proceso de cuantificación de stock de repuestos que incluya el criterio del impacto de no tener el repuesto en el almacén?					
53	¿Se tienen identificados los tiempos de reposición y los costos de los repuestos?					
54	¿El criterio de calidad en el desarrollo de las actividades de mantenimiento está por encima del criterio de rapidez?					
55	¿Se tiene un proceso que permita verificar la calidad de las actividades de mantenimiento ejecutadas?					
56	¿Es la calidad en el área de mantenimiento un objetivo importante?					
57	¿Tiene la organización un interés real en satisfacer las diferentes necesidades de sus trabajadores?					
58	¿El buen desempeño de los trabajadores es bien recompensado dentro de la organización (económico-motivacional)?					
59	¿El personal de mantenimiento está motivado para realizar su trabajo lo mejor posible?					
60	¿El personal de mantenimiento sigue las políticas y procedimientos de seguridad?					
	Puntuación total por criterio					

Tabla 8. Formato para reportar resultados en técnica MES. Adaptada de (Marshall Institute, 2019)

Resultados por áreas	Valor obtenido (hasta 60 puntos por área)	Desviación estándar
Recursos gerenciales		
Gerencia de la información		
Equipos y técnicas de mantenimiento preventivo		
Planificación y ejecución		
Soporte, calidad y motivación		
Puntaje total		

Otra forma de presentar estos resultados es a partir de un diagrama tipo “radar”, en el que se presentan los valores promedios obtenidos por cada una de las 5 áreas evaluadas (valor máximo a obtener por área: 60 puntos).

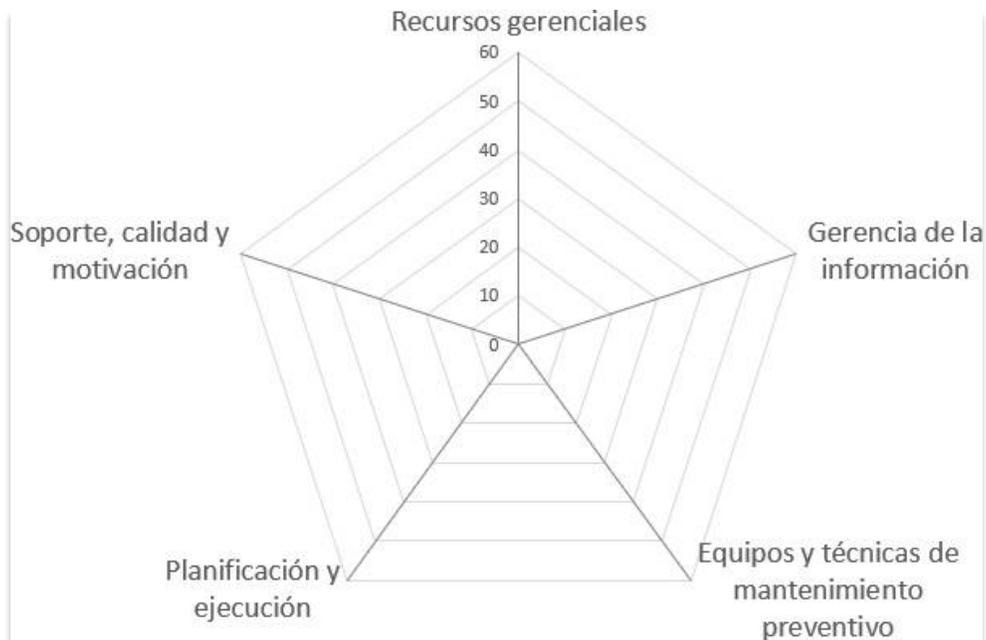


Figura 17. Diagrama tipo radar representado para las 5 áreas a evaluar en la técnica MES.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

2.5.2 Matriz cualitativa de excelencia en mantenimiento MCEM

La matriz cualitativa de excelencia en mantenimiento está basada en una matriz de 5 x 7 (Parra & Crespo, 2012). Los ejes de la matriz se detallan a continuación:

- Eje horizontal: corresponde a las 5 etapas de mejora del mantenimiento: incertidumbre, conciencia, entendimiento, madurez y excelencia.
- Eje vertical: Corresponde a los factores de gestión del mantenimiento a evaluar: aptitud de la alta gerencia, status de la organización mantenimiento, costes del mantenimiento / costes totales, formas de resolver los problemas en mantenimiento, calificación y entrenamiento del personal de mantenimiento, manejo de la información y toma de decisiones, posición de la organización en relación al mantenimiento.

Las áreas de mantenimiento propuestas a ser evaluadas:

- Aptitud en la alta gerencia
- Status de la organización mantenimiento
- Costes de mantenimiento / costes totales
- Formas de resolver los problemas en mantenimiento
- Calificación y entrenamiento del personal de mantenimiento
- Manejo de la información y toma de decisiones
- Posición de la organización en relación al mantenimiento

El proceso de cuantificación de las áreas de mantenimiento a diagnosticar se realiza tomando los resultados de cada una de las evaluaciones realizadas por cada participante y promediándolos. Cada participante evaluará cada uno de los 7 factores propuestos, las puntuaciones irán desde el 1 hasta el 5 (siendo 1: Incertidumbre, 2: Conciencia, 3: Entendimiento, 4: Madurez y 5: Excelencia).

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

2.5.3 Técnica MWCS

Es una auditoria basada en un cuestionario de evaluación de 105 preguntas repartidas en 9 áreas del mantenimiento (Parra y Omaña, 2001). Las áreas de mantenimiento evaluadas son:

- Organización del departamento de mantenimiento (18 preguntas)
- Clima laboral (10 preguntas)
- Medios de soporte técnico para el mantenimiento (14 preguntas)
- Desarrollo de planes de mantenimiento (7 preguntas)
- Relación entre el mantenimiento programado y el mantenimiento correctivo (10 preguntas)
- Desarrollo de procedimientos para la ejecución del mantenimiento (7 preguntas)
- Generación de órdenes de trabajo y herramientas informáticas de soporte (12 preguntas)
- Manejo de repuestos para mantenimiento (12 preguntas)
- Manejo de indicadores técnicos de mantenimiento (15 preguntas)

El proceso de aplicación es a nivel de personal de gerencia, supervisión, operaciones y mantenimiento (y se recomienda igualmente aplicar el cuestionario a 8 participantes, como mínimo).

El proceso de cuantificación de las áreas de mantenimiento a diagnosticar se realiza de la siguiente forma (Parra & Crespo, 2012): las personas seleccionadas evalúan las 105 preguntas desarrolladas para el total de las 9 áreas en función de una escala del 1 al 5. Para la calificación se puntúa, de acuerdo con la siguiente escala: 1 = no se cuenta (o muy deficiente), 2 = deficiente, 3 = regular, 4 = bueno y 5 = excelente. Cada área a ser evaluada se considera con el mismo nivel de importancia. Las posibles puntuaciones máximas y mínimas a obtener son:

- Puntuación máxima por las 9 áreas: 525 unidades.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- Puntuación mínima: por las 9 áreas: 105 unidades.

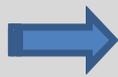
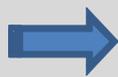
Las puntuaciones totales se suman y promedian entre el número de personas encuestadas. Finalmente, se estima la posición del mantenimiento en función de los siguientes rangos:

- 525–470: Categoría “Clase Mundial”/nivel de excelencia en mantenimiento.
- 469–370: Categoría “Muy buena”/nivel de buenas prácticas en mantenimiento.
- 369–270: Categoría “Por arriba del nivel promedio”/nivel aceptable en mantenimiento.
- 269–170: Categoría “Por debajo del promedio”/nivel no muy bueno de mantenimiento, con oportunidades para mejorar.
- Menos de 169: Categoría “Muy por debajo del promedio” / nivel muy malo mantenimiento con muchas oportunidades para mejorar.

2.6 ESTADO DEL ARTE

Botero (2010) diagnosticó el estado de los diferentes criterios de mantenimiento, en cada nivel en la empresa Arrendaequipos S.A Esta es una empresa dedicada al alquiler de equipos para la construcción y los montajes industriales. El crecimiento no planeado en mano de obra y maquinaria generó en Arrendaequipos debilidades en diversas áreas, especialmente en aquellas relacionadas con el mantenimiento de la compañía. En la tabla 9 se presenta la metodología utilizada por Botero (2010).

Tabla 9. Metodología utilizada para estructuración área de mantenimiento (Botero Álvarez, 2010)

1		Diagnóstico y análisis del estado del área de mantenimiento por medio del acompañamiento de las tareas dentro de la empresa
2		Diagnóstico y análisis por medio metodología Flash Audit
3		Análisis de los principales conceptos de mantenimiento
4		Análisis del estado de los 4 niveles de mantenimiento dentro de la empresa
5		Plantear alternativas de mejoramiento
6		Conclusiones y recomendaciones

Oliveira, Lopez y Rodriguez (2016) realizaron una investigación con objetivo de identificar y analizar el uso de los indicadores de desempeño de mantenimiento adoptados por 72 empresas del centro industrial de Manaus en Brasil. En la tabla 10 se muestra la caracterización de las 72 empresas evaluadas. Se desarrolló un cuestionario que se envió a estas empresas y se analizaron los datos recibidos para identificar los comportamientos de las compañías respecto al uso de los indicadores de rendimiento del área de mantenimiento. Los resultados mostraron que el uso de indicadores de rendimiento en el área de mantenimiento es bajo y depende de la cantidad de equipos, el tamaño del personal de mantenimiento, la adopción del mantenimiento productivo total y la utilización de la gestión de mantenimiento computarizada.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Tabla 10. Caracterización de las 72 empresas evaluadas (Oliveira, Lopes, & Rodrigues, 2016)

Characteristics	N	%
Activity Sector		
Electrical & Electronics	27	37.50%
Metallurgical/ metal-mechanic	12	16.67%
Automotive industry & components	12	16.67%
Plastics & Molding injection	10	13.89%
Food	5	6.94%
Personal care	3	4.17%
Others	3	4.17%
Number of equipment under maintenance responsibility		
Less than 20	6	8.33%
[20-50[	16	22.22%
[50-100[	12	16.67%
[100-200[	11	15.28%
[200-400[	15	20.83%
Over 500	12	16.67%
Maintenance team dimension		
Less than 5	15]	20.83%
[5-10[	24	33.33%
[10-20[	16	22.22%
[20-40[	9	12.50%
Over 40	8	11.11%
Origin of the company		
National (Brazilian)	31	43.06%
International (Not Brazilian)	41	56.94%

Girón y Madero (2002) realizaron una investigación sobre el desempeño del área de mantenimiento en la empresa METROCAR, la cual no poseía en un comienzo una política clara sobre el mantenimiento que se realizaría a sus vehículos, no tenía instalaciones adecuadas para la realización de los trabajos de mantenimiento, la mayoría de las actividades eran subcontratadas, sólo contaba con un jefe de taller y tres mecánicos en nómina. Los resultados de esta investigación permitieron entender y disminuir los tiempos dedicados a acciones correctivas en la empresa, tal como se muestra en la Figura 18.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

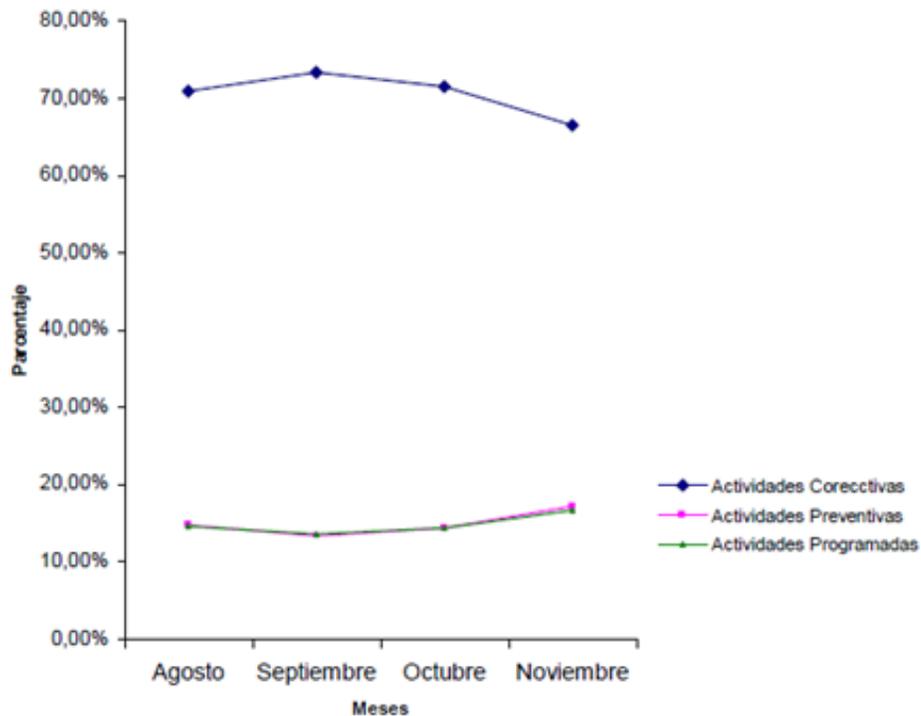


Figura 18. Porcentaje de tiempo en taller por actividades, preventivas y programadas durante el periodo agosto a noviembre de 2001 (Girón & Madero, 2002)

La Asociación Colombiana de Ingenieros (ACIEM) presentó en 2018 un diagnóstico del mantenimiento en Colombia con el fin de conocer y evaluar las tendencias a nivel de:

- **Gestión:** Acciones correspondientes a la planeación, organización, dirección y control de las actividades del mantenimiento en las empresas.
- **Ejecución:** Actividades de mantenimiento desarrolladas para asegurar el adecuado funcionamiento de las máquinas, equipos, sistemas y componentes en la empresa.
- **Costos:** Valor de la mano de obra, repuestos, materiales y servicios especializados, entre otros, de las actividades del mantenimiento en las empresas.
- **Entorno:** Factores externos a la gestión del mantenimiento dentro de una empresa y que son impactados por las actividades propias del mantenimiento.

- **Formación:** Programas establecidos para el desarrollo de las habilidades y competencias del personal del área de mantenimiento en la empresa.

El informe tomó análisis comparativos de la Encuesta de mantenimiento ACIEM Cundinamarca (2008) en la mayoría de los aspectos, donde participaron profesionales del área de mantenimiento aportando su conocimiento y experiencia con el fin de observar tendencias históricas y estado actual de la industria. Adicionalmente, se analizan los resultados de la versión 2015 de la encuesta de mantenimiento, a la luz de indicadores de clase mundial, con el fin de ubicar a la industria colombiana en el mapa de la gestión de activos y mantenimiento global (ACIEM -Asociación Colombiana de Ingenieros -, 2018). Los problemas mas comunes que identificó este estudio se muestran en la Figura 19.



Figura 19. Problemas más comunes en la gestión del mantenimiento (ACIEM -Asociación Colombiana de Ingenieros -, 2018)

Amendola (2012) realizó un diagnóstico del estado actual de la gestión del mantenimiento de una empresa del sector de automoción localizada en España, con el fin de optimizar su gestión del mantenimiento y costos asociados. Este estudio fue enfocado hacia dos ejes:

evaluación de la eficiencia y efectividad del mantenimiento (estrategias correctivas, preventivas y predictivas), y gestión del costo del ciclo de vida de los activos a través de un modelo matemático. El diagnóstico parte de un análisis de criticidad de activos considerando múltiples criterios cualitativos y cuantitativos, y luego se evaluaron los dos ejes comentados del estudio con énfasis en los equipos más críticos. En la Figura 20 se muestra el diagrama de flujo para implementar indicadores de mantenimiento seguido en dicho trabajo.

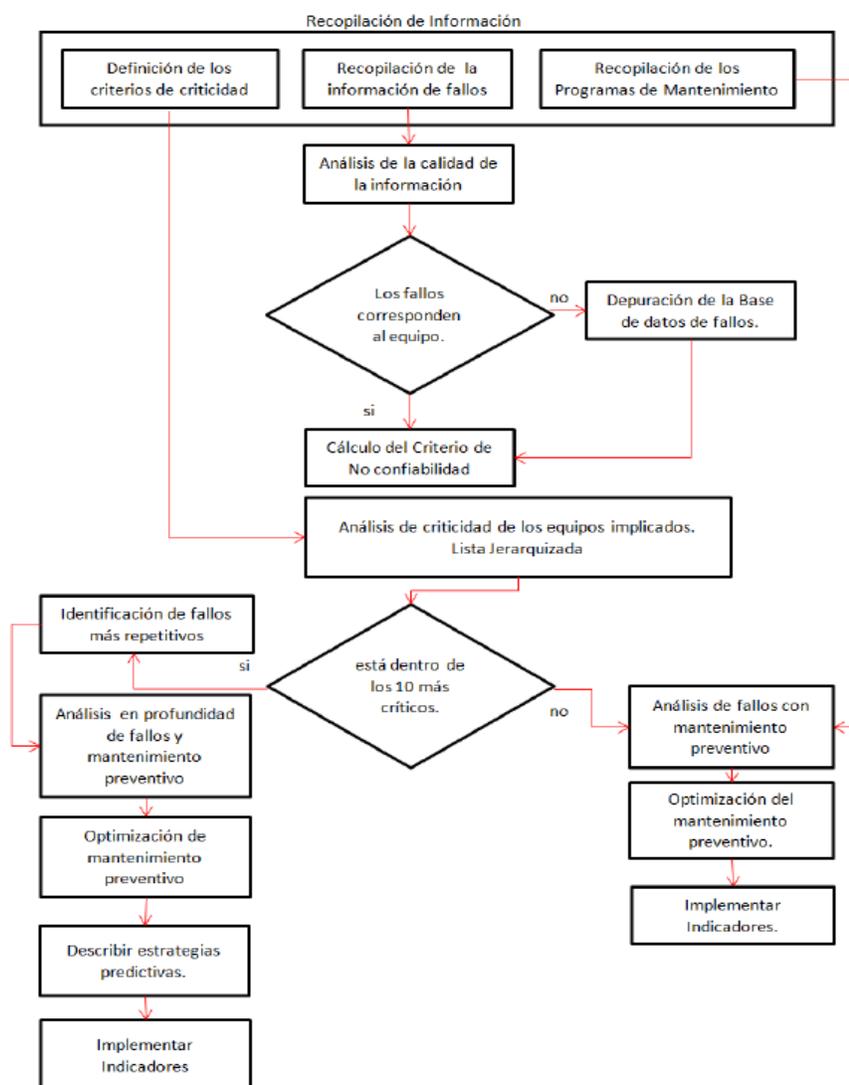


Figura 20. Diagrama de flujo para implementar indicadores de mantenimiento (Amendola, 2012)

Por otra parte, Saenz (2016) realizó una investigación para proporcionar información sobre la función del área de mantenimiento y su aporte en el beneficio de aumentar la rentabilidad en las empresas pesqueras de la Región Norte del Perú. Este diagnóstico se recopiló información que revela el grado de desarrollo de las actividades de mantenimiento. Los principales resultados de este estudio se muestran en un diagrama de radar en la Figura 22.

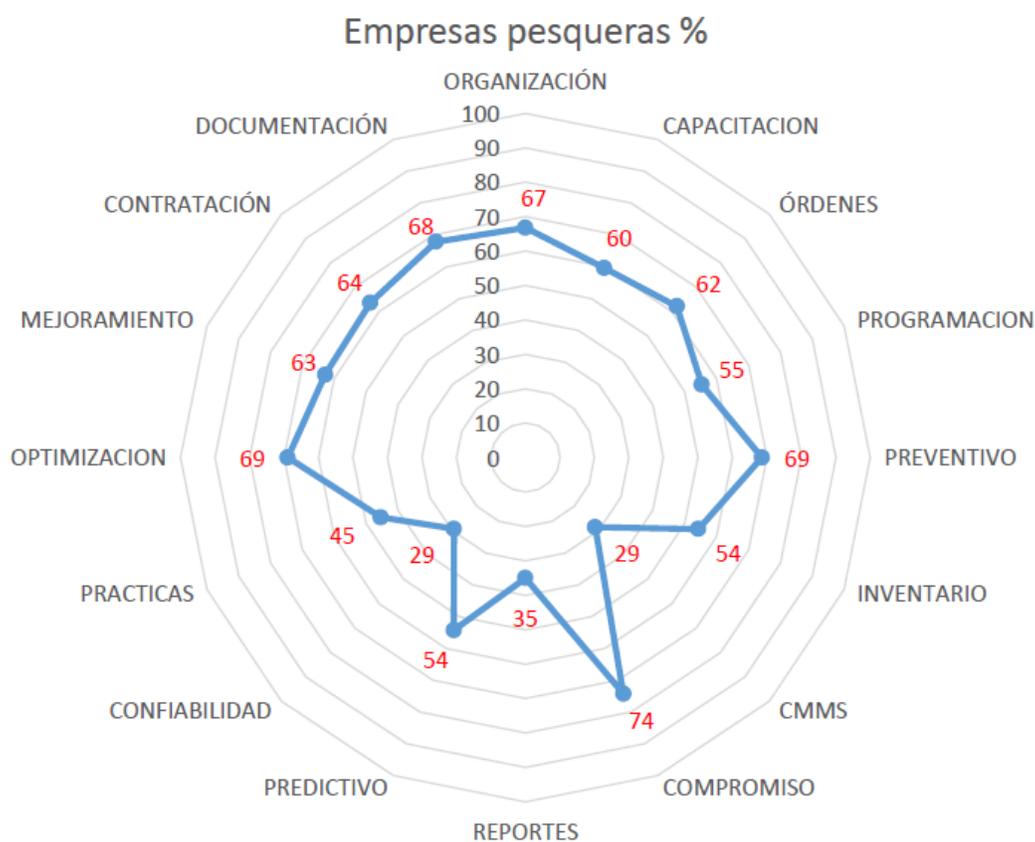


Figura 21. Diagrama tipo radar para diagnóstico del área de mantenimiento realizado a empresas pesqueras (Sáenz Torrico, 2016)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Maldonado y Sigüenza (2012) realizaron el diagnóstico de la empresa Minera Dynasty Mining de Ecuador en todo lo relacionado al mantenimiento: talleres, personal de mantenimiento, bodegas de repuestos, etc. Para obtener la información necesaria se emplea el recurso de las encuestas que serán dirigidas al jefe de taller, mecánicos, y bodegueros de la empresa. Con esta metodología encuentran que aprox. un 40% de los equipos de la empresa no funcionan (ver Figura 23).

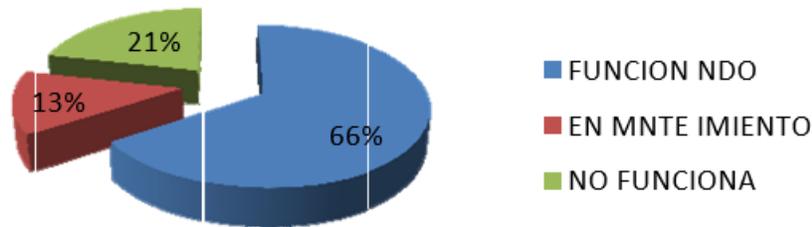


Figura 22. Diagrama análisis realizado estado de equipos empresa Dynasty Mining (Maldonado & Sigüenza, 2012)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

3. METODOLOGÍA

Inicialmente se procede a implementar un análisis del estado actual de la planificación y ejecución de los mantenimientos de la compañía, realizando visitas a cada uno de los frentes de obra (ver Figura 24 por ejemplo) y al taller para ver la experiencia y percibir las necesidades del equipo allí presente, tomando en cuenta las sugerencias de los operadores, ingenieros residentes e interventorías.



Figura 23. Obra Intercambio Vial Loma Esmeralda Envigado Marzo-2019 INGENIERIA Y CONSTRUCCIONES S.A.S

Se programan reuniones con el jefe de equipos, la directora de logística y compras y se proyectan varios puntos que se podrían mejorar en cuanto a informes, próximos mantenimientos, compra de insumos y repuestos, entre otros. En estas reuniones se realiza el diagnóstico del estado actual de la gestión del área de mantenimiento de la

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

compañía utilizando la metodología MES, descrita en la sección 2.5.1., la cual evaluó a nivel global el estado de cada área que comprende una buena gestión del mantenimiento.

En el análisis de equipos se revisan detalladamente los formatos existentes para encontrar posibilidades de mejora o si bien, es necesario una reforma completa. Para realizar esta actividad se contó con el apoyo del software SMA Ingeniería (donde reposan todos los registros de los informes diarios de los equipos, mantenimientos, horómetros, kilometrajes, operadores, ubicación, etc.) y el software WorkManager (donde reposa toda la gestión documental, facturación, cotizaciones, declaraciones de importación y toda la documentación digital de los equipos).

A partir de la información recolectada se analizan los principales indicadores de mantenimiento, para finalmente hacer el respectivo análisis final, presentando los resultados finales y las conclusiones producto de los avances que arrojaron los cambios realizados en la presente investigación.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultado de auditoría al área de mantenimiento

La empresa INGENIERIA Y CONSTRUCCIONES S.A.S. no tiene un departamento de mantenimiento propiamente establecido. El área de mantenimiento hace parte de las actividades del departamento logístico y de compras de la empresa, que está a cargo de la directora de logística y compras, luego se encuentra el analista de equipos (rol asumido por el autor de este trabajo como practicante), coordinador de compras y coordinador de equipos y así sucesivamente se van mostrando los demás cargos que hacen parte del departamento. En la Figura 24 se muestra el organigrama de este departamento al interior de la empresa.

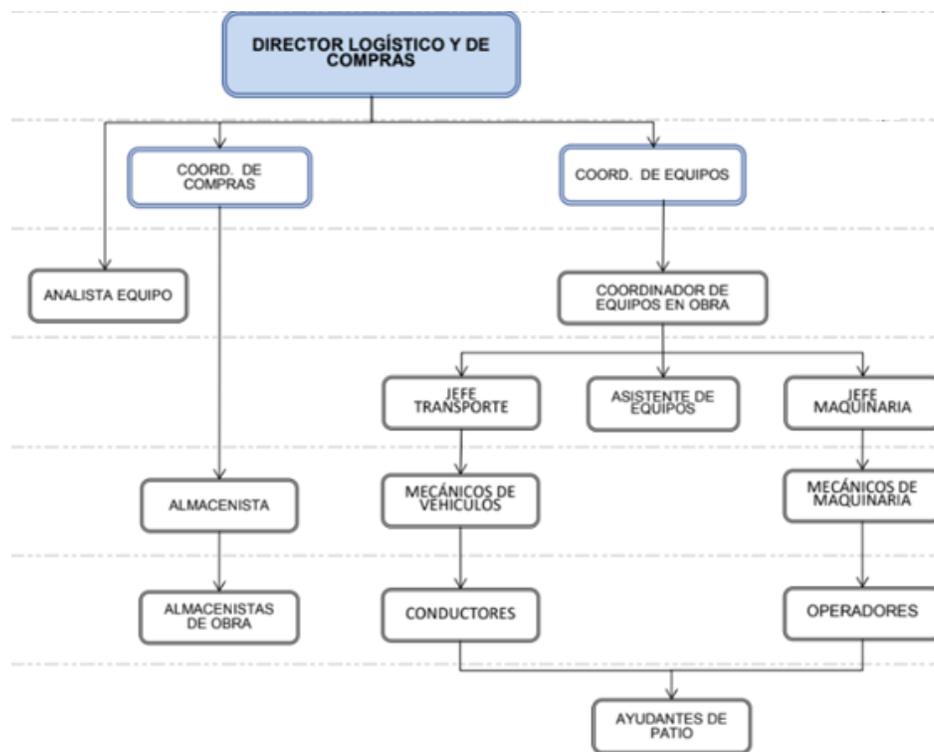


Figura 24. Organigrama departamento logístico y de compras INGENIERIA Y CONSTRUCCIONES S.A.S.

En la Figura 25 se muestra el proceso de gestión de acciones de mantenimiento al interior de la empresa. Por ejemplo, en el caso de existir la necesidad de una actividad correctiva, esta se registra en el informe diario de actividades y novedades del equipo. Este formato circula por las manos de diferentes personas al interior del departamento logístico y compras quienes cotizan repuestos, asignan tareas, etc. Los correctivos son finalmente llevados a cabo por el personal del taller, que aparece en la Tabla 11.

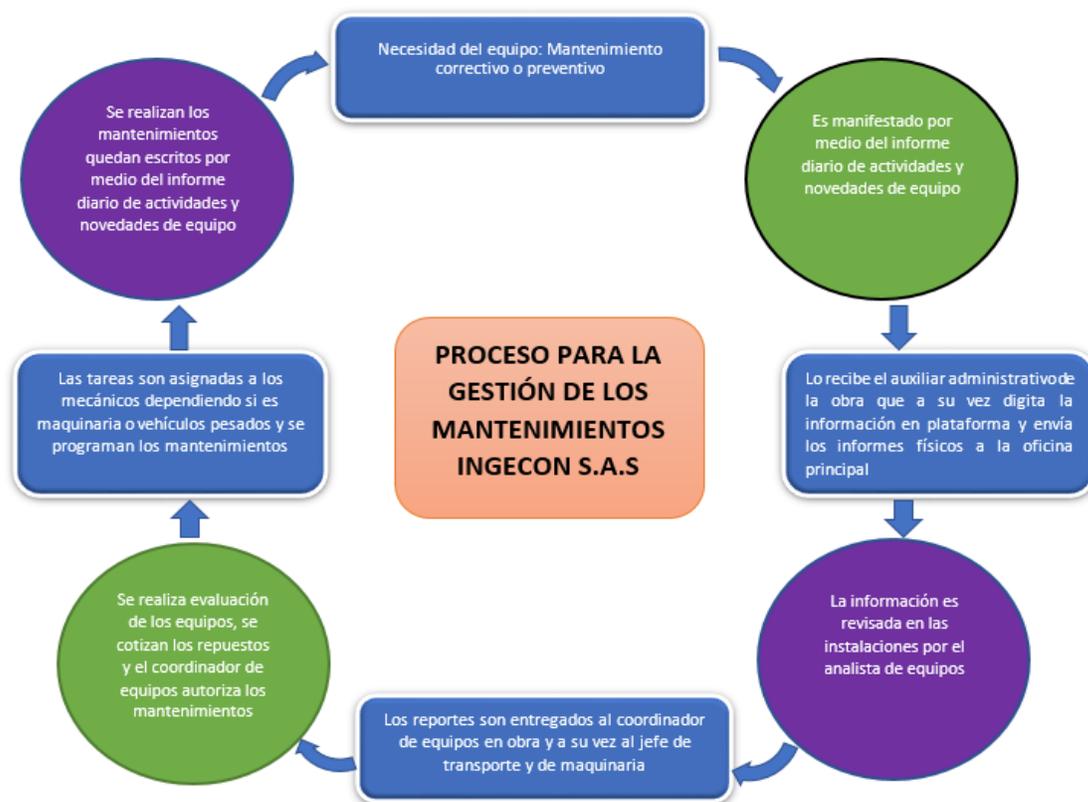


Figura 25. Proceso gestión de mantenimientos INGENIERIA Y CONSTRUCCIONES S.A.S.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Tabla 11. Listado personal presente en taller.

 LISTADO DE PERSONAL PRESENTE EN TALLER	
NOMBRE	CARGO
RONDON DIEZ ANDERSON JAVIER	MECÁNICO
BRAND MUÑOZ MAXIMILIANO	MECÁNICO
CASTRO PEREZ CRISTOBAL JULIO	MECÁNICO
DELGADO CARVAJAL HARLEY ANDREY	MECÁNICO
GUTIERREZ ORREGO CARLOS MARIO	MECÁNICO
RIOS TORO SEBASTIAN	MECÁNICO
RESTREPO LORA OSCAR DE JESUS	AUXILIAR DE MECÁNICA
JURADO CRISTIAN CAMILO	ALMACENISTA
SALAZAR ALVAREZ EDWIN DE JESUS	SOLDADOR
SALAZAR ZAPATA JUAN CAMILO	SOLDADOR
ZAPATA CATRILLON HECTOR	JEFE DE MAQUINARIA
ZAPATA RIOS ALEXANDER	JEFE DE TRANSPORTE

Como parte de esta investigación se realiza la encuesta de diagnóstico, utilizando la metodología MES, a 6 personas que hacen parte del departamento de equipos: la directora de logística, compras y equipos (Lina Vanegas), el coordinador de equipos (Jorge Gallego), el jefe de maquinaria (Héctor Zapata), el jefe de transporte el señor Alex Zapata, la jefa de compras Leidis López y el autor del presente informe, el analista de equipos Gabriel Maya.

Para el resultado final se promedian las puntuaciones de cada área evaluada, lo que arrojó una puntuación final de 220, por lo que la empresa se encuentra en la categoría “Muy Buena” / Nivel de buenas prácticas en mantenimiento. Sin embargo, cabe resaltar que la mayoría de las puntuaciones en las preguntas de cada área tenían como respuesta “3: Ni de acuerdo ni en desacuerdo”, lo que indica que hay mucha incertidumbre en relación a las prácticas de mantenimiento de la compañía, lo que motiva a una revisión de aquellos puntos que antes no habían sido de atención al interior de la empresa. A continuación, se muestra el resultado del diagnóstico relacionado.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Tabla 12. Resultados de técnica MES, área recursos gerenciales.

DIAGNÓSTICO DE LOS PROCESOS DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO

Contestar las siguientes preguntas en una escala de 1 a 5 donde:

- 5: Totalmente de acuerdo
- 4: De acuerdo
- 3: Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- 2: En desacuerdo
- 1: Totalmente en desacuerdo

ÁREA RECURSOS GERENCIALES

Preguntas a evaluar	1	2	3	4	5
1 ¿Usted siente que mantenimiento está dotado para realizar su trabajo?				X	
2 ¿La estructura completa del mantenimiento parece ser lógica y favorece al cumplimiento de las actividades de mantenimiento?				X	
3 ¿La organización ayuda a eliminar las barreras que el personal de mantenimiento encuentra en su trabajo y de las cuales no tiene control?					X
4 ¿La gerencia estimula a mantenimiento a alcanzar las metas de producción?					X
5 ¿La gerencia estimula a producción a que ayude a mantenimiento en la realización de sus actividades?				X	
6 ¿Se desarrollan equipos de trabajo (mantenimiento y producción), para resolver tópicos que afectan a ambos departamentos?			X		
7 ¿La gerencia estimula al personal de mantenimiento (mecánicos, eléctricos...) y a los operadores a que trabajen juntos en la resolución de problemas que afectan la disponibilidad de sus procesos?				X	
8 ¿El personal de mantenimiento posee las habilidades necesarias para realizar sus áreas de trabajo?			X		
9 ¿Los trabajadores en general han recibido el adiestramiento adecuado en sus áreas de trabajo?			X		
10 ¿La gerencia involucra al personal de mantenimiento en la definición de sus objetivos y metas a cumplir?				X	
11 ¿La gerencia revisa y hace seguimiento a los objetivos de la planta en reuniones de trabajo con el personal de mantenimiento y operaciones?			X		
12 ¿Los objetivos del mantenimiento están alineados con la visión y misión del negocio?					X
Puntuación total por criterio					

47

Tabla 13. Resultados de técnica MES, área gerencia de la información.

ÁREA GERENCIA DE LA INFORMACIÓN (SOFTWARE DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO)					
Preguntas a evaluar	1	2	3	4	5
13 ¿La organización utiliza de forma eficiente el sistema computarizado de gestión del mantenimiento (SAP, etc)?				✗	
14 ¿Está cada componente identificado, codificado y asociado a un sistema dentro de toda la planta?				✗	
15 ¿La organización mantiene actualizado el software de gestión de mantenimiento (SAP, etc)?				✗	
16 ¿Ha sido el personal debidamente entrenado para su uso?			✗		
17 ¿La organización mantiene registros precisos de fallas de sus sistemas?			✗		
18 ¿Están los inventarios de repuestos dentro del software de gestión de mantenimiento (SAP, etc)?			✗		
19 ¿Se toman decisiones a partir de los reportes generados en el software de gestión de mantenimiento (SAP, etc)?					✗
20 ¿La organización estima y hace seguimiento a los costos de mantenimiento?			✗		
21 ¿La organización evalúa los tiempos operativos y fuera de servicio?			✗		
22 ¿La organización de mantenimiento se compara contra otras organizaciones para medir su desempeño?			✗		
23 ¿El tiempo de realización de mantenimiento es registrado y evaluado?				✗	
24 ¿La gerencia de mantenimiento utiliza algún tipo de medida de comparación (por ejemplo: costos de mantenimiento/costos de producción)?			✗		
Puntuación total por criterio					42

EQUIPOS Y TÉCNICAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO					
Preguntas a evaluar	1	2	3	4	5
25 ¿La organización utiliza ordenes de trabajo para las actividades de mantenimiento preventivo?		✗			
26 ¿Se revisan periódicamente los planes de mantenimiento preventivo, necesidades de adiestramiento, etc?			✗		
27 ¿La organización tiene personal de mantenimiento dedicado exclusivamente a realizar actividades de mantenimiento preventivo?			✗		
28 ¿Los operadores ayudan en las actividades de mantenimiento menor (limpieza, lubricación, ajustes e inspección visual)?					✗
29 ¿La organización utiliza técnicas de mantenimiento predictivo (vibraciones, análisis de aceite, ultrasonido, termografías, etc.)?				✗	
30 ¿La organización hace seguimiento a los costos de mantenimiento preventivo y predictivo?			✗		

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Tabla 15. Resultados de técnica MES, área soporte calidad y motivación.

SOPORTE, CALIDAD Y MOTIVACIÓN					
Preguntas a evaluar	1	2	3	4	5
49 ¿Están disponibles los repuestos y materiales a la hora de ejecutar actividades de mantenimiento?		X			
50 ¿Está el almacén de repuestos bien organizado y sus tiempos de respuesta son eficientes?			X		
51 ¿Se controla bien la salida y entrada de repuestos al almacén?			X		
52 ¿Se tiene un proceso de cuantificación de stock de repuestos que incluya el criterio del impacto de no tener el repuesto en el almacén?			X		
53 ¿Se tienen identificados los tiempos de reposición y los costos de los repuestos?				X	
54 ¿El criterio de calidad en el desarrollo de las actividades de mantenimiento está por encima del criterio de rapidez?				X	
55 ¿Se tiene un proceso que permita verificar la calidad de las actividades de mantenimiento ejecutadas?				X	
56 ¿Es la calidad en el área de mantenimiento un objetivo importante?				X	
57 ¿Tiene la organización un interés real en satisfacer las diferentes necesidades de sus trabajadores?					X
58 ¿El buen desempeño de los trabajadores es bien recompensado dentro de la organización (económico-motivacional)?					X
59 ¿El personal de mantenimiento está motivado para realizar su trabajo lo mejor posible?				X	
60 ¿El personal de mantenimiento sigue las políticas y procedimientos de seguridad?			X		
Puntuación total por criterio					

44

RESULTADOS

Resultados por áreas	Valor obtenido (hasta 60 puntos por área)
Recursos gerenciales	47
Gerencia de la información	42
Equipos y técnicas de mantenimiento preventivo	41
Planificación y ejecución	46
Soporte, calidad y motivación	44
Puntaje total	220

Tabla 16. Desviación estándar de los resultados en técnica MES aplicada.

Resultados por área	Valor obtenido (hasta 60 puntos por área)	Desviación estándar
Recursos Gerenciales	47	0,792961461
Gerencia de la información	42	0,674199862
Equipos y técnicas de mantenimiento	41	0,900336637
Planificación y ejecución	46	0,965307299
Soporte, calidad y motivación	44	0,887625365
Puntaje total	220	

Categorías según puntaje total:

- **300-261:** Categoría "Clase mundial"/nivel de excelencia en mantenimiento
- **201-260:** Categoría "Muy buena"/nivel de buenas prácticas en mantenimiento
- **141-200:** Categoría "Por arriba del nivel promedio"/nivel aceptable en mantenimiento
- **81-140:** Categoría "Por debajo del promedio"/nivel no muy bueno de mantenimiento, con oportunidades para mejorar
- **Menos de 80:** Categoría "Muy por debajo del promedio"/nivel muy malo, mantenimiento con muchas oportunidades para mejorar

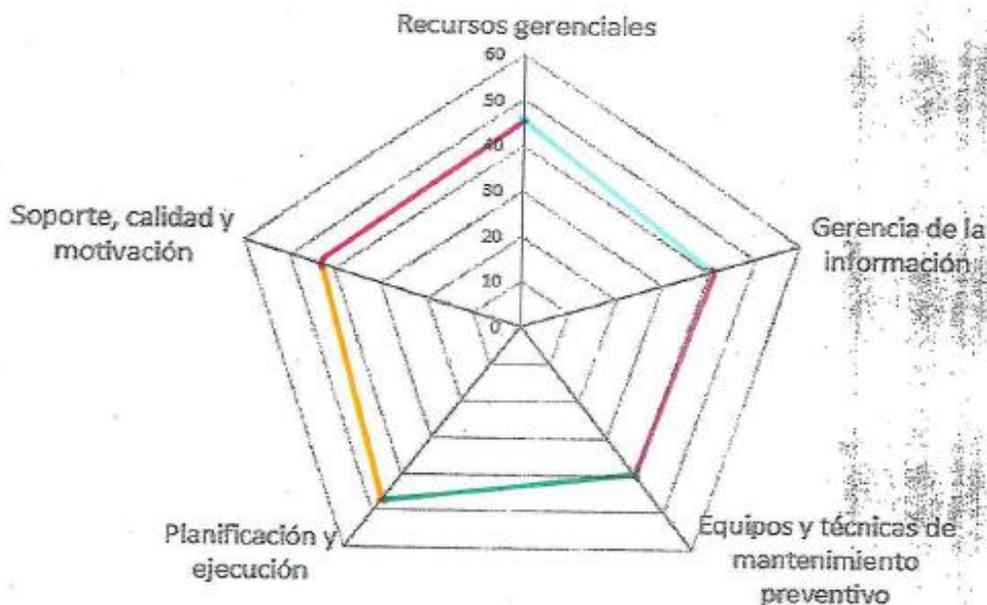


Figura 26. Diagrama radar para resultado obtenido en técnica MES.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Se puede evidenciar que en las áreas donde más se encuentran puntos a mejorar es en área recursos gerenciales y en el área gerencia de la información, donde el nivel de incertidumbre es alto en comparación a las otras áreas que, si bien muestran algunos puntos de calificación sobre los 3 puntos, no tienen tan marcada esa tendencia. Por esta razón se hace más fuerte la necesidad de implementar unas propuestas de mejora que se verán más adelante.

Con base a lo anterior y a las reuniones realizadas con las diferentes personas involucradas en el área de mantenimiento, al 18 de febrero de 2019 se encuentra lo siguiente:

1. El formato del informe diario de actividades y novedades de los equipos requiere mejoras en algunos procesos.
2. El formato “Informe Técnico de intervención a maquinaria” requiere mejoras sustanciales en su estructuración.
3. No se cuenta con un informe técnico para dar de baja a los equipos.
4. No se cuenta con un informe técnico de reporte de incidentes de maquinaria y equipos.
5. Los operadores desconocen la manera correcta de diligenciar los informes diarios de los equipos.
6. Las plataformas SMA y WorkManager presentan un atraso de información de 3 años.
7. Falta control con la documentación básica e importante de los equipos.
8. Se encuentra retraso de entrega de informes a las interventorías de las obras desde principios del 2018.
9. La información suministrada a las plataformas es errónea en muchos casos y los reportes suministrados también.
10. Se encuentra desactualizado listado maestro de equipos.
11. No se ha implementado una Orden de Trabajo (OT).

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

12. No se cuenta con ningún indicador de mantenimiento dentro del departamento.

A continuación, se muestra a modo de ejemplo, el plan de mantenimiento preventivo actual para una excavadora de la empresa:

Tabla 17. Plan de mantenimiento de excavadora Kobelco SK 350 IC-EC-08



PLAN DE MANTENIMIENTO

EQUIPO: EXCAVADORA KOBELCO SK 350 IC-EC-08 SERIE IYC08-U1975								
Descripción		300 H	600 H	900 H	1200 H	1500 H	1800 H	2100 H
1	FILTRO DE ACEITE HIDRÁULICO		X					X
2	FILTRO DE AIRE	X	X	X	X	X	X	X
3	FILTRO DE ACEITE	X	X	X	X	X	X	X
4	FILTRO DE COMBUSTIBLE		X	X				X
5	CAMBIO ACEITE DE MOTOR	X	X	X				X
6	CAMBIO DE FILTRO HIDRÁULICO		X					X
7	REVISIÓN DE NIVELES		X	X				X
8	REVISIÓN DE NIVELES Y SEVADO (SI ES NECESARIO)							X
9	REVISIÓN DE MANGUERAS				X			X
10	REVISIÓN DE CORREAS				X			X
11	REVISIÓN DE FRENOS				X			X
12	CAMBIO ACEITE DE CAJA							X
13	CAMBIO DE ACEITE HIDRÁULICO				X			X
14	PRESURIZADA DE MANGUERA DE RADIADOR							X
15	CAMBIO DE ACEITE DE TRANSMISIÓN							X
16	REVISIÓN DE SISTEMAS ELÉCTRICO							X

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Como se puede apreciar el ejemplo anterior, hay 16 descripciones principales con las que cuenta este mantenimiento preventivo. Se puede ver que los ciclos de mantenimiento se realizan cada 300 horas e inician desde las 0 hasta las 2100 horas. Los puntos marcados con una **X** indican lo que se debe hacer al equipo de acuerdo al ciclo que le corresponda de mantenimiento; una vez llegado a el último ciclo, es decir, el de las 2100 horas, se reinicia la tabla con el primer ciclo de las 300 horas y así sucesivamente se continua con los mantenimientos.

Estos mantenimientos y la cantidad de horas definida entre ciclos dependen de varios factores tales como el tipo de aceites, lubricantes a utilizar y los filtros; no es lo mismo utilizar un tipo de aceite que está hecho para soportar 300 horas de uso del equipo a uno que puede incluso doblar su capacidad hasta las 500 o 600 horas y suponer un ciclo de ahorro de mantenimiento.

4.1.1 Fallas comunes encontradas en los equipos de construcción de la empresa

Como parte del diagnóstico del área de mantenimiento, se identificaron fallas en los equipos que eran causadas por una falta de mantenimiento preventivo o un mal procedimiento de los operarios. A continuación, se describen dos de estas fallas para una volqueta doble troque:

- Avería temprana del gato hidráulico del volco: Este gato es el encargado de realizar la acción de levantamiento del volco trasero de carga de la volqueta. Es de suma importancia para brindar soporte y facilitar el correcto vaciado o descarga del material. A continuación, se muestra la imagen de una práctica indebida realizada en la obra circunvalar Santo Domingo Antioquia, en donde se ve afectado el gato del volco por una mala práctica que en repetidas veces ocasiona una de las fallas más comunes en un vehículo como este.



Figura 27. Excavadora IC-EC-01 y Volqueta IC-VD-21 INGENIERIA Y CONSTRUCCIONES S.A.S.

Como se puede apreciar en la Figura 27, durante una visita a esta obra de la compañía en el municipio del Nordeste antioqueño se logra evidenciar la acción realizada por estos dos equipos: la volqueta IC-VD-21 realiza el levantamiento del volco para descargar el material, pero al ser este muy denso, no logra caer todo fuera del volco y se queda adherido a él. La acción de la excavadora IC-EC-01 es la que ocasiona el error, utilizando su pala para sacar el material que está atrapado en la volqueta, esta práctica la debería realizar un conjunto de operadores con palas manuales, ya que la excavadora está ocasionando un sobre esfuerzo al gato que levanta el volco, ocasionando un balanceo e inestabilidad al vehículo, además de producir daños que implicarán después el cambio total del gato y la volqueta estaría varada por no poder realizar la acción de descarga.

- Avería del motor: Aunque puede parecer increíble en vehículos de carga pesada es frecuente encontrar fallas en el motor. Durante el primer trimestre del año, la volqueta SNP377 con código interno IC-VD-03, después de no pasar la revisión Técnico Mecánica de turno, fue necesario someterla a nuevos análisis ya que

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

presentaba un exceso de consumo de aceite y expulsaba por el escape demasiado humo debido a una mala combustión dentro del motor (los motores de las volquetas KENWORTH son fabricados por Cummins Inc).

El motor de la volqueta había sido enviado a reparar a un taller externo y la situación de este empeoró. Luego de evidenciar todo esto se envía el vehículo a CUMMINS DE LOS ANDES en donde el personal idóneo hizo la revisión y analizó detalladamente los problemas que presentaba y donde hallaron daños realizados por negligencia humana bien sea por la falta oportuna del mantenimiento del vehículo o también por el hecho de haber sido enviado a reparar al personal no especializado para este tipo de motor, lo que ocasiono daños severos tales como malos manejos al lijar los casquetes de biela, varios anillos de pistón de cilindros enfrentados, rayas verticales y profundas en las camisas de cilindro, lo cual ocasionó que el motor fallara.

Un motor nuevo para la volqueta anteriormente mencionada oscila entre los 50 a 55 millones de pesos colombianos. Afortunadamente, la reparación del motor a cargo del personal especializado tiene un costo cercano a los 25 millones de pesos, esto llevó a un ahorro cerca de la mitad del costo total de uno totalmente nuevo. La cotización realizada para la reparación se presenta en el apéndice de este informe.

4.1.2 Formatos a febrero de 2019

A continuación, se muestran los formatos para la gestión de mantenimiento en la empresa existentes a febrero del presente año.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

INFORME DIARIO DE ACTIVIDADES Y NOVEDADES DE EQUIPO VERSIÓN N°2

Este es quizás, el informe más importante con el que cuenta la empresa, mes a mes se imprimen cerca de 150 talonarios de este tipo, que cuentan con 50 páginas de informe diario con su respectivo número único de informe para el día realizado y el equipo. En este formato el operador ingresa toda la información del equipo, horómetros o kilometrajes, chequeos de seguridad y niveles de aceite, el reporte de actividades diarias, tanques de combustible, los pendientes del equipo, reparaciones efectuadas, todo en un mismo informe que consta de dos páginas que se muestran a continuación.

 INFORME DIARIO DE ACTIVIDADES Y NOVEDADES DE EQUIPO	CÓDIGO: SE-F-04 FECHA: 16/08/2018 VERSIÓN: 2
--	--

FECHA: _____ N.º: **XXXXXX**
 PROYECTO: _____ EQUIPO: _____

PARA MAQUINARIA	PARA VEHICULOS
HOROMETRO INICIAL:	KILOMETRAJE INICIAL:
HOROMETRO FINAL:	KILOMETRAJE FINAL:
TOTAL HORAS MAQUINARIA:	TOTAL KILOMETROS:
TOTAL HORAS TRABAJADOR:	TOTAL HORAS TRABAJADOR:

ACEITE (g/l): _____ ACPM (g/l): _____ KILOMETRAJE: _____

SEGURIDAD	B M N/A			SEGURIDAD			B M N/A			OTROS			B M N/A		
	B	M	N/A	B	M	N/A	B	M	N/A	B	M	N/A	B	M	N/A
EXTINTOR				LLANTAS U ORUGAS				SISTEMA DE ESCAPE							
EQUIPO DE EMERGENCIA				LINEAS REFLECTIVAS				MOTOR							
KIT DE DERRAMES				MANDOS DE OPERACIÓN				CABLES/POLEAS							
PITO DE REVERSA				EPP'S				CHASIS/ESTRUCTURA							
ESPEJOS				SISTEMA ELÉCTRICO				SISTEMA HIDRÁULICO							
CINTURON DE SEGURIDAD				SISTEMA DE LUCES				TRANSMISIÓN							
CABINA PUERTA CHAPA				BATERIA				DIFERENCIAL							
FRENOS				ENCENDIDO				SIST. REFRIGERACIÓN							
FRENO DE SEGURIDAD				LIQUIDO DE FRENOS				SOAT							

REVISIÓN RUTINARIA CONDUCTOR

REVISIÓN NIVELES DE ACEITE

	BIEN		FALTA	
	B	M	B	M
ACEITE DE MOTOR				
ACEITE HIDRÁULICO				
ACEITE DE TRANSMISIÓN				
ACEITE DIFERENCIAL				
ACEITE DE MANDOS				

 INFORME DIARIO DE ACTIVIDADES Y NOVEDADES DE EQUIPO	CÓDIGO: SE-F-04 FECHA: 16/07/2018 VERSIÓN: 2
--	--

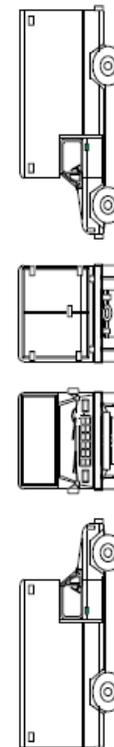
FECHA: _____ N.º: **XXXXXX**
 PROYECTO: _____ EQUIPO: _____

PARA MAQUINARIA	PARA VEHICULOS
HOROMETRO INICIAL:	KILOMETRAJE INICIAL:
HOROMETRO FINAL:	KILOMETRAJE FINAL:
TOTAL HORAS MAQUINARIA:	TOTAL KILOMETROS:
TOTAL HORAS TRABAJADOR:	TOTAL HORAS TRABAJADOR:

ACEITE (g/l): _____ ACPM (g/l): _____ KILOMETRAJE: _____

DE	REPORTE DE ACTIVIDADES DIARIAS			
	A	P	D	V
5:30	6:00			
6:00	6:30			
6:30	7:00			
7:00	7:30			
7:30	8:00			
8:00	8:30			
8:30	9:00			
9:00	9:30			
9:30	10:00			
10:00	10:30			
10:30	11:00			
11:00	11:30			
11:30	12:00			
12:00	12:30			
12:30	13:00			
13:00	13:30			
13:30	14:00			
14:00	14:30			
14:30	15:00			
15:00	15:30			
15:30	16:00			
16:00	16:30			
16:30	17:00			
17:00	17:30			
17:30	18:00			
18:00	18:30			

P: PRODUCCIÓN D: DISPONIBLE V: VARADO



Enliste en circulos las partes que requieren de verificación y/o ajuste de latonería y pintura.

POR FAVOR DILIGENCIAR TODO EL FORMATO, DE LO CONTRARIO SERÁ RECHAZADO

RESPONSABLE EQUIPO (operador) _____ INGENIERO RESIDENTE _____

Figura 28. Formato informe diario versión N°2 página 1 INGECON S.A.S

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

INFORME TÉCNICO DE INTERVENCIÓN A MAQUINARIA, VERSIÓN N°1

Este informe se creó en un principio para soporte de las intervenciones que les realizan a los equipos tales como los mantenimientos preventivos, correctivos e instalaciones. Consta de un control de ingreso del equipo al taller, las horas trabajadas, fecha, repuestos utilizados, la descripción del trabajo realizado, algunas observaciones que deban ser tenidas en cuenta y las firmas de los encargados del proceso. Este informe se encuentra a cargo de los mecánicos encargados de los mantenimientos.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



INFORME TÉCNICO DE INTERVENCIÓN A MAQUINARIA	Código	GE-F-17
	Fecha	6/1/2018
	Versión	1

		FECHA DE INTERVENCIÓN		
HORA DE ENTRADA		DÍA	MES	AÑO
HORA DE SALIDA				
TOTAL HORAS		OT N°		
NUMERO DE TÉCNICOS				
CÓDIGO EQUIPO		MODELO		
UBICACIÓN		SERIE		
MARCA				
TIPO DE SERVICIO				
PREVENTIVO		CORRECTIVO		INSTALACIÓN
REPUESTOS UTILIZADOS				
REFERENCIA	DESCRIPCIÓN		CANTIDAD	
DESCRIPCIÓN TRABAJO REALIZADO				
OBSERVACIONES				
REALIZADO POR		REVISADO POR		

Figura 30. Formato informe técnico de intervención a maquinaria versión N°1
INGENIERIA Y CONSTRUCCIONES S.A.S.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

A continuación, se procede a la evaluación de estos formatos con el propósito de encontrar posibilidades de mejora. Para encontrar estos puntos a mejorar se realizan reuniones con los operadores, los jefes de mantenimientos, el departamento de compras y de logística. Una vez realizadas las respectivas consultas se procede a estructurar los cambios necesarios para tener nuevas versiones de los formatos internos de la empresa, que con cada versión sea un paso adelante y una mejora sustancial para brindar un servicio de calidad a cada equipo que tiene la empresa.

Se realiza consulta de los repuestos y componentes más importantes de los mantenimientos preventivos tales como la filtración (aire, combustible, aceite, sistema hidráulico, etc.), aceites, grasas para lubricación, que permitiera evaluar si se están adquiriendo los componentes óptimos para los equipos, es por esto se evaluaron las marcas de los fabricantes y a su vez el porcentaje de efectividad de sus productos, a su vez se inicia consulta en el manual de partes de los equipos para tener los repuestos originales y la homologación de los mismos una vez pasado el tiempo de garantía.

A su vez se realiza alianza con los diferentes departamentos de la empresa con los cuales se tiene una relación directa, como son gestión humana, contabilidad y por supuesto seguridad y salud en el trabajo, se inician las respectivas visitas a las obras y el intercambio de información de lo ocurrido con siniestros e incidentes, también las visitas y capacitaciones con el ingeniero de riesgo mecánico de ARL SURA que brinda una asesoría pertinente sobre los riesgos de los equipos, también de los aspectos a mejorar en cada una de las instalaciones y la evaluación de los cambios realizados en los formatos de mantenimientos y los planos de lubricación. Durante esta fase de análisis también se somete a un riguroso análisis las plataformas de la empresa SMA y WorkManager para validar el estado en el que se encuentra la información de los equipos, que es de donde se consultan todos y cada uno de los registros. Estas plataformas son el corazón de la información de la compañía y es por esta razón que va entrelazada con cada análisis anterior, ya que la información puede ser solicitada o necesaria

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

en cualquier caso puntual que se presente y son estas quienes brindan la información de los equipos, los mantenimientos próximos y todo el historial de estos.

Se inicia seguimiento de la documentación de los equipos:

1. Actualización de listado de equipo mayor, que consiste en la revisión de los equipos ya que hay algunos que ya no se encuentran en la empresa y se han dado de baja.
2. Actualización del listado de equipo menor.
3. Actualización de la información, como son el número de chasis, número de serie de los equipos, numero de motor, marca de motor, las matrículas, modelo del equipo, obra en la que se encuentra, si se encuentra activo e inactivo. Todo esto debido a que cuando se requiere un mantenimiento es necesario conocer esta información para cotizar adecuadamente los componentes y los repuestos, que para cada equipo varía considerablemente e incluso para cada marca.
4. Se inicia seguimiento de seguros SOAT, pólizas y revisiones técnico mecánicas de los equipos, que son indispensables y tener actualizadas para responder ante cualquier autoridad y evitar incidentes y accidentes mayores.
5. Verificación de los manifiestos de importación de la maquinaria amarilla.

Se comienzan a elaborar los informes mensuales que se deben entregar a las interventorías sobre los equipos, los mantenimientos, documentación además de la asistencia a los diferentes comités para dicha entrega y el análisis de los compromisos para posteriores encuentros.

Durante las visitas a las obras se inicia la investigación para la elaboración de los formatos necesarios con los que actualmente NO cuenta la empresa y que son importantes para un adecuado manejo del departamento de equipos y mantenimiento.



Figura 31. Obra Circunvalar Santo Domingo Antioquia Junio-2019 INGENIERIA Y CONSTRUCCIONES S.A.S.



Figura 32. Vaciado Canal Obra Circunvalar Santo Domingo con Autohormigonera IC-AH-04 INGENIERIA Y CONSTRUCCIONES S.A.S.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

4.2 Propuestas de mejora

Con base a lo encontrado después del diagnóstico visto en el ítem 4.1 se presentan las siguientes propuestas:

1. Se sugiere la implementación del plan de mantenimiento preventivo dentro del formato de informe diario de actividades y novedades de equipo; esto debido a que en el espacio de reparaciones efectuadas no se identifica que tipo de mantenimiento es (correctivo o preventivo), ni horómetros o información del mecánico encargado del procedimiento realizado.
2. Cambio del formato de informe técnico de intervención a maquinaria.
3. Creación e implementación inmediata de un formato de informe técnico para dar de baja a los equipos que así lo requieran.
4. Creación e implementación inmediata de un informe técnico de reporte de incidentes de maquinaria y equipos.
5. Una vez implementado el formato de informe diario de actividades y novedades de equipo, implementar instructivo para el correcto diligenciamiento y realizar inducciones y acompañamiento al personal operativo.
6. Recopilar todos los informes diarios de equipos de años anteriores y con acompañamiento del personal idóneo realizar la actualización a 2019 de dicha documentación en las plataformas digitales SMA y WorkManager.
7. Realizar actualización de la documentación de los equipos que no cuentan con esta o que la existente evidencia un deterioro y es necesario su reposición.
8. Se programa fechas tentativas de entrega de informes de mantenimientos y documentación de equipos que estaban pendientes a entregar a interventorías de las obras desde el primer trimestre del 2018.
9. Una vez implementados los nuevos informes y actualizada la información de proceder a organizar datos de horómetros, kilometrajes, mantenimientos e históricos de los equipos en plataforma SMA.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

10. Se sugiere reunión con el departamento de calidad de la empresa para discutir temas e implementar indicadores para el departamento de equipos.
11. Se sugiere la actualización del listado maestro de equipo mayor y menor de la empresa, e identificación de documentaciones existentes, faltantes o que requieran actualización alguna.
12. Implementar el sistema de orden de trabajo (OT) como herramienta fundamental para la gestión del área de mantenimiento.
13. Implementar de inmediato el seguimiento de los tres indicadores de mantenimiento básicos: MTBF, MTTR y disponibilidad.

Como parte de la anterior propuesta de mejoras se incluye el requerimiento de hacer seguimiento a lo implementado, realizar pruebas, retirando lo que no brinda un resultado óptimo y dejando implementado de manera permanente las mejoras sustanciales que permitan suplir las necesidades existentes de manera eficiente y con oportunidades de seguir mejorando.

4.2.1 Orden de trabajo (O.T.)

Se sugiere la implementación de un sistema de orden de trabajo (O.T) debido a que, de acuerdo al diagnóstico realizado, no se tiene implementado este. La norma europea EN 13460: 2002 presenta un listado detallado de toda la documentación requerida en dicho documento, incluyendo cada uno de los parámetros requeridos. Se realiza el análisis de cada uno de estos parámetros para determinar con cuales cuenta la empresa y cuales haría falta implementar para tener y poder implementar una orden de trabajo.

Los parámetros que deben aparecer en una O.T. de acuerdo a la norma son:

- **NÚMERO:** Un código asignado a la orden de trabajo, este código es único para cada orden.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Situación actual en la empresa: Debido a que no se cuenta con una O.T establecida en el departamento de mantenimiento no hay una codificación asignada a un formato.

- **PETICIONARIO:** Nombre de la persona autorizada que solicita el servicio de mantenimiento.

Situación actual en la empresa: Este ya se encuentra implementado en el informe de mantenimientos próximos que se envía constantemente al jefe de maquinaria y al jefe de transporte.

- **FECHA DE REGISTRO:** Fecha en la que se emite la O.T.

Situación actual en la empresa: Al no contar con un formato establecido ni tampoco con una codificación, no se tiene implementada una fecha de emisión de una OT.

- **FECHA DE APERTURA:** Fecha en la que la O.T está activa

Situación actual en la empresa: Según el registro de pendientes que reposa en la plataforma SMA, cada uno de estos mantenimientos queda activo hasta que se solucione.

- **FECHA DE CIERRE:** Fecha en la que la O.T esta completada y el trabajo correspondiente es terminado.

Situación actual en la empresa: Una vez realizado el mantenimiento, este registro de cierre del pendiente termina tanto en el informe diario del mecánico e igual que en el informe diario del equipo que el operador documenta en la sección de reparaciones efectuadas y mantenimientos preventivos realizados. Esta información llega a la oficina principal, es ingresada y finaliza dicha operación.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- **CÓDIGO DEL OBJETO:** Código asignado al equipo dentro de la estructura física de planta, este código es único para cada equipo.

Situación actual en la empresa: La empresa cuenta con un listado maestro de equipos donde se identifica cada equipo con un código único:

Ejemplo: Para la excavadora KOBELCO SK350LC en código interno es IC-EC-07 donde:

- IC es ingeniería y construcciones.
- EC es excavadora
- 07 es el consecutivo que tiene el equipo en su orden de ingreso a la compañía.

- **UBICACIÓN:** Código correspondiente a la ubicación geográfica del equipo dentro de la planta.

Situación actual en la empresa: Debido a que los equipos de la compañía están en las obras, que pueden estar bien o no dentro del departamento de Antioquia, todos los equipos cuentan con un módulo de ubicación GPS.

- **HORAS DE FUNCIONAMIENTO:** Parámetro mediante el cual, la utilización del equipo puede ser medido.

Situación actual en la empresa: La plataforma SMA, al ser alimentada por los informes diarios, puede arrojar un reporte de horómetros y kilometrajes en donde arroja la cantidad de horas que trabaja el equipo en base al horómetros reportado.

- **TIPO DE MANTENIMIENTO:** Código referente a la naturaleza de la actividad de mantenimiento.

Situación actual en la empresa: Cada actividad se cataloga de acuerdo al tipo de mantenimiento. En la sección de mantenimientos preventivos del informe diario del equipo se evidencia que este es principalmente por cambio de aceites, engrase y filtración completo, mientras lo informado en la sección de reparaciones

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

efectuadas se cataloga como un mantenimiento correctivo que no está a raíz de una prevención.

- **PRIORIDAD:** Importancia brindada a cada pendiente para la activación de la O.T en algunos casos tiene que ver con criticidad.

Situación actual en la empresa: En este caso la compañía atiende de acuerdo a el equipo que se requiera con mayor prontitud, pero no se priorizan temas como el ambiental, etc.

- **NORMAS DE SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE:** Posibles requisitos de seguridad y medioambientales a realizar.

Situación actual en la empresa: La empresa cuenta con un departamento ambiental y SST, cada uno de los jefes lleva una directriz para la realización de mantenimientos sin comprometer la seguridad ni el medio ambiente.

- **JUSTIFICACIÓN DE RETENCIÓN:** Razón por la cual una O.T no se está ejecutando en ese momento, se debe incluir el tiempo de inactividad.

Situación actual en la empresa: Al no contar con el formato de orden de trabajo no se puede registrar la razón por la cual no se está ejecutando la O.T

- **FRECUENCIA:** Tiempo entre servicios de mantenimiento dentro de las operaciones cíclicas.

Situación actual en la empresa: Cada equipo cuenta con un periodo de mantenimiento. Por lo general se establece que para un mantenimiento preventivo el tiempo máximo de finalización del mismo sea de 6 horas.

- **TIEMPO DE ÚLTIMA OPERACIÓN:** Última fecha en que se realizó una operación de mantenimiento cíclico particular.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Situación actual en la empresa: La plataforma SMA brinda los reportes de mantenimientos realizados, tanto preventivos como correctivos, el último mantenimiento y el horómetro o kilometraje.

- **ESTIMACIÓN DE RECURSOS:** Cantidad de recursos que se pretende utilizar para lograr terminar una O.T

Situación actual en la empresa: La compañía no cuenta con una planificación de recursos para el departamento de mantenimiento, por lo general se hace de acuerdo a la disponibilidad del momento.

- **LISTA DE VERIFICACIÓN:** Relación de puntos a inspeccionar dentro de una operación de mantenimiento cíclico.

Situación actual en la empresa: El mantenimiento preventivo al ser programado y al contar con la implementación de la versión número 3 del informe diario de actividades y novedades de equipos, se puede hacer un check list de las actividades de mantenimiento que le corresponde al equipo de acuerdo al horómetro o kilometraje.

- **QUEJA:** Razón por la cual una O.T se emite, síntoma de la falla que normalmente es detectado por el operador.

Situación actual en la empresa: Gracias a la lista de pendientes que se digita y emite la plataforma SMA se puede saber la razón por la cual se hace va a realizar el trabajo al equipo.

- **PARTE QUE FALLA:** Componente defectuoso del equipo, la reparación o sustitución del mismo y la descripción de actuación de estas medidas.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Situación actual en la empresa: Gracias a los formatos de intervención a maquinaria y el de informe diario de los equipos se puede evidenciar lo realizado, y la parte reparada o reemplazada si es el caso.

- **CAUSA DE LA FALLA:** Motivo que determinó el fallo de la pieza, según los criterios técnicos de mantenimiento.

Situación actual en la empresa: No se puede evidenciar de manera eficiente en ningún formato la causa que origina el daño de la pieza.

- **CÓDIGO DE PROCEDIMIENTO TÉCNICO:** Enlace a la documentación técnica que contiene la información sobre la forma de actuación correcta, también las herramientas requeridas.

Situación actual en la empresa: Se cuenta con la documentación de algunos equipos, pero otros no debido a su complejidad se subcontratan los servicios de mantenimiento.

- **DESCRIPCIÓN DE LA ACTUACIÓN:** Explicaciones de las operaciones realizadas.

Situación actual en la empresa: Actualmente con el informe de los mecánicos de intervención a maquinaria y el informe diario de actividades se registra uno a uno de los trabajos realizados al equipo.

- **CANTIDAD DE TRABAJO:** Horas de trabajo dedicadas a la realización de la O.T

Situación actual en la empresa: Debido a que no se tiene el formato con la respectiva codificación no es posible registrar de manera ordenada el tiempo dedicado.

- **TIPO DE TRABAJO:** Categoría del personal o habilidades de quienes llevaron a cabo la O.T.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Situación actual en la empresa: En el organigrama del departamento se evidencia la categoría del personal, pero no se tiene establecidas las habilidades en una O.T.

- **PERSONAL:** Lista de todos los trabajadores de mantenimiento que participaron en la realización de la O.T

Situación actual en la empresa: Sin el formato establecido aún no se puede registrar el personal que interviene en una O.T.

- **REFERENCIAS DE LAS PIEZAS O REPUESTOS:** Lista de códigos de todas las piezas de repuestos utilizados en la O.T

Situación actual en la empresa: En el registro de compras cargado a los centros de costos de cada equipo se evidencia cada repuesto con su respectiva referencia.

- **CANTIDAD DE REPUESTOS:** Número de cada tipo de pieza de repuesto utilizada dentro de la O.T

Situación actual en la empresa: No se tiene implementado.

- **TRABAJO EXTERNO:** En caso de ser un proveedor externo quien realice el mantenimiento, tener lista de todos los trabajadores externos que participaron en la realización de la O.T

Situación actual en la empresa: No esta implementado.

- **REPUESTOS EXTERNOS:** En caso de ser un proveedor externo quien realice el mantenimiento, tener lista de todos las piezas o repuestos utilizados en la O.T

Situación actual en la empresa: No esta implementado.

- **OTROS SERVICIOS EXTERNOS:** Descripción de todos los servicios en la O.T en caso de ser un proveedor externo quien realice el mantenimiento.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Situación actual en la empresa: Los proveedores externos siempre entregar un informe con toda la descripción de los trabajos realizados, pero al no tener establecida una O.T. no queda registrado en esta.

- **ACEPTACIÓN:** Trabajos de mantenimiento en recepción

Situación actual en la empresa: Todos los mantenimientos realizados en la compañía son inspeccionados y recibidos por parte del operador del equipo y del ingeniero residente de obra.

4.3 Nuevos formatos y actualización de los existentes (Seguimiento)

INFORME DIARIO DE ACTIVIDADES Y NOVEDADES DE EQUIPO VERSIÓN N°3

Para el análisis y las reformas de este informe teniendo en cuenta la gran importancia que tiene en la compañía, se realiza la inspección de la plataforma SMA que es donde resulta consignada la información de los informes diarios y se evalúa que hay gran desorden e inconsistencias en los informes que el sistema entrega. Quizás el más crítico era el “informe de mantenimientos próximos” que arrojaba información errada y por desgracia para muchos de los altos mandos de la compañía ya no era una herramienta fiable para llevar el control de los mantenimientos y la información de los equipos. Para este primer paso se encuentra que en la versión número 2 del informe diario no estaba bien descrita toda la información que el programa requería, por esto se idea el siguiente nuevo informe diario que se presenta a continuación. Se incluye:

1. El documento de identidad del operador ya que en muchos casos las firmas no legibles no permitían la identificación correcta de quien estaba operando la máquina.
2. El formato de mantenimiento preventivo, en donde se unifican tanto maquinaria y vehículos, de vital importancia ya que cuando se realizaba este mantenimiento no

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

quedaba un registro y no se podía saber cuál era el mantenimiento realizado, tampoco el horómetro o kilometraje en el que había sido realizado. En esta parte del informe, el operador puede describir la hora de inicio, finalización, el total de horas invertidas en el mantenimiento, también el mecánico que lo realiza. En el plan de mantenimiento está lo que se le debe realizar al equipo en el mantenimiento que le corresponde y en donde se debe marcar con check cada actividad realizada, para así garantizar un correcto proceso de mantenimiento. La sección de reparaciones efectuadas queda únicamente para el registro de mantenimientos correctivos.

	INFORME DIARIO DE ACTIVIDADES Y NOVEDADES DE EQUIPO	Código: GEF-04 Fecha: 09/02/2019 Versión: 3
FECHA: 12-04-2019 Viernes. No. 21756 PROYECTO: San Cristobal. EQUIPO: IC-VD-16		
PARA MAQUINARIA HOROMETRO INICIAL: 241989 HOROMETRO FINAL: 242010 TOTAL HORAS MAQUINARIA: 21 TOTAL HORAS TRABAJADOR:	PARA VEHICULOS KILOMETRAJE INICIAL: 241989 KILOMETRAJE FINAL: 242010 TOTAL KILOMETROS: 21	EQUIPO: IC-VD-16 KILOMETRAJE:
ACPM(gps):	ACPM(gps):	KILOMETRAJE:

	INFORME DIARIO DE ACTIVIDADES Y NOVEDADES DE EQUIPO	Código: GEF-04 Fecha: 09/02/2019 Versión: 3
FECHA: 12-04-2019 Viernes. No. 21756 PROYECTO: San Cristobal. EQUIPO: IC-VD-16		
PARA MAQUINARIA HOROMETRO INICIAL: 241989 HOROMETRO FINAL: 242010 TOTAL HORAS MAQUINARIA: 21 TOTAL HORAS TRABAJADOR:	PARA VEHICULOS KILOMETRAJE INICIAL: 241989 KILOMETRAJE FINAL: 242010 TOTAL KILOMETROS: 21	EQUIPO: IC-VD-16 KILOMETRAJE:
ACPM(gps):	ACPM(gps):	KILOMETRAJE:

		REVISIÓN RUTINARIA CONDUCTOR			
		B	M	N	A
SEGURIDAD	EXTINTOR	/	/	/	/
SEGURIDAD	EQUIPO DE EMERGENCIA	/	/	/	/
SEGURIDAD	KIT DE DERRAMES	/	/	/	/
SEGURIDAD	PYTO DE REVERSA	X	/	/	/
SEGURIDAD	ESPEJOS	/	/	/	/
SEGURIDAD	CINTURÓN DE SEGURIDAD	/	/	/	/
SEGURIDAD	CABINA PUERTA DIAPA	/	/	/	/
SEGURIDAD	FRENOS	/	/	/	/
SEGURIDAD	FRENTO DE SEGURIDAD	/	/	/	/
SEGURIDAD	LLANTAS U ORUGAS	/	/	/	/
SEGURIDAD	LINEAS REFLECTIVAS	/	/	/	/
SEGURIDAD	INDICIOS DE OPERACIÓN	X	/	/	/
SEGURIDAD	SPP'S	/	/	/	/
SEGURIDAD	SISTEMA ELÉCTRICO	/	/	/	/
SEGURIDAD	BATERIA	/	/	/	/
SEGURIDAD	SISTEMA DE LUCES	/	/	/	/
SEGURIDAD	ENCENDIDO	/	/	/	/
SEGURIDAD	LIQUIDO DE FRENOS	/	/	/	/
SEGURIDAD	SCAT	/	/	/	/
OTROS	SISTEMA DE ESCAPE	/	/	/	/
OTROS	MOTOR	/	/	/	/
OTROS	CABLES-POLEAS	/	/	/	/
OTROS	CHASSIS-ESTRUCTURA	/	/	/	/
OTROS	SISTEMA HIDRÁULICO	/	/	/	/
OTROS	TRANSMISIÓN	/	/	/	/
OTROS	DIFERENCIAL	/	/	/	/
OTROS	SIST. REFRIGERACIÓN	/	/	/	/

DE	A	P	D	V	REPORTE DE ACTIVIDADES DIARIAS
05:30	06:00				
06:00	06:30				
06:30	07:00				
07:00	07:30				
07:30	08:00				
08:00	08:30				
08:30	09:00				
09:30	10:00				
10:00	10:30				
10:30	11:00				
11:00	11:30				
11:30	12:00				
12:00	12:30				
12:30	13:00				
13:00	13:30				
13:30	14:00				
14:00	14:30				
14:30	15:00				
15:00	15:30				
15:30	16:00				
16:00	16:30				
16:30	17:00				
17:00	17:30				
17:30	18:00				
18:00	18:30				

Salgo para el taller para mantenimiento y cambio de Aceite y Filtros de 7:00 Am a 4:00 pm

REVISIÓN NIVELES DE ACEITE	BIEN	FAULTA
ACEITE DE MOTOR	/	/
ACEITE HIDRÁULICO	/	/
ACEITE DE TRANSMISIÓN	/	/
ACEITE DIFERENCIAL	/	/
ACEITE DE MANIDOS	/	/
ACEITE CÍRCULO	/	/
ACEITE TAMBIEN	/	/
ACEITE DE EJES	/	/
ACEITE CALA CADENA	/	/
ACEITE MOTOR GIRO	/	/

P: PRODUCCIÓN D: DISPONIBLE V: VARADO

Encierre en círculos las partes que requieren de verificación y/o ajuste de la maquina y pintura.
POR FAVOR DILIGENCIAR TODO EL FORMATO, DE LO CONTRARIO SERÁ RECHAZADO

John Pios
 RESPONSABLE EQUIPO (Operador)

No. DE DOCUMENTO (Operador) _____
 INGENIERO RESIDENTE

Figura 35. Informe diario Volqueta IC-VD-16 versión N°3 página 1 INGENIERIA Y CONSTRUCCIONES S.A.S.

REGISTRO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO										
HORA DE INICIO	10:00	HORA DE FINALIZACIÓN	2:00	TOTAL DE HORAS	4:00					
No. DE TÉCNICOS	1				NOMBRES					JOHN ESTIVEN
PLAN DE MANTENIMIENTO										
EN EL SIGUIENTE PLAN SE ENCUENTRA MARCADO EL MANTENIMIENTO A REALIZAR PARA CADA EQUIPO MARQUE CON UNA "X" CADA ACCIÓN REALIZADA										
DESCRIPCIÓN	300H	600H	900H	1200H	1500H	1800H	2100H			
FILTRO DE ACEITE HIDRAULICO										
FILTRO DE AIRE				X						
FILTRO DE ACEITE				X						
FILTRO DE COMBUSTIBLE				X						
CAMBIO ACEITE DEL MOTOR				X						
CAMBIO DE FILTRO HIDRAULICO										
REVISIÓN DE NIVELES										
REVISIÓN DE NIVELES Y SEVADO										
REVISIÓN DE MANGUERAS										
REVISIÓN DE CORREAS										
REVISIÓN DE FRENS										
CAMBIO DE ACEITE CAJA										
CAMBIO DE ACEITE HIDRAULICO										
PRESURIZADO DE MANGUERA RADIADOR										
CAMBIO DE ACEITE DE TRANSMISIÓN										
REVISIÓN DE SISTEMAS ELÉCTRICOS										

PENDIENTES DEL EQUIPO	
	<ul style="list-style-type: none"> no le trabaja el Aire Acondicionado la 3^{ra} Hoja muelle delantero esta Reventada la Carrea del Alternador esta mala la taza de la trampa del combustible mala el capo de la Volqueta esta bolpeado los Extrivos laterales estan Reventados el trompo de Juces y Pito de la Reversa malo Empacar Bomba de Agua Urgente
REPARACIONES EFECTUADAS	
	<ul style="list-style-type: none"> Se le Organizo la tapa de la trasmision Se le Cambio el Aceite y filtros. kms. 242-000 por el mecanico JOHN

JOHN ESTIVEN TÉCNICO ENCARGADO	JOHN RIOS. RESPONSABLE EQUIPO (Operador)
-----------------------------------	---

Figura 36. Informe diario Volqueta IC-VD-16 versión N°3 página 2 INGENIERIA Y CONSTRUCCIONES S.A.S.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

INFORME TÉCNICO DE INTERVENCIÓN A MAQUINARIA VERSIÓN N°2

Este informe requería una modificación sustancial con respecto a la versión 1. Es utilizado por los mecánicos principales, el eléctrico y algunos ayudantes del taller de la empresa. Estaba destinado principalmente a los mantenimientos correctivos; se modifica para que pase a ser un informe diario de los mecánicos en donde ahora llevan un control horario para determinar el buen uso de tiempos, un ítem para repuestos utilizados con su referencia y características, las observaciones en donde se escriben los pendientes que quedan en equipos si en ese día no se termina la tarea por diferentes razones y por último las firmas del jefe de equipos a quien corresponde avalar la información y el trabajo que realizaron los mecánicos.

Con esta información se pueden cruzar datos y comparar información entre la reportada por los mecánicos y la que reportan los operadores en el informe diario, se lleva más control y se pueden evidenciar mantenimientos realizados por los mecánicos que los operadores no reportan o que son realizados a maquinaria que se encuentra en taller o sin operador. Esta información es ingresada a las plataformas brindando más soporte ahora del departamento.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

INFORME TÉCNICO RELACIÓN DE ACTIVOS PARA DAR DE BAJA VERSIÓN N°1

A mediados del mes de marzo la empresa realiza unos negocios que incluían la venta de algunas volquetas para renovarlas por unas nuevas y también estaba en proceso de reclamación de varios equipos que por los daños que tenían pérdida total. Todo esto requería “dar de baja” a los equipos, pero a su vez que constara un registro en las bases de datos que avalara dicho proceso y que además suministrara la información en el momento que fuera necesaria para recordar y hacer análisis de algún equipo en el futuro.

De esta manera, surge la necesidad de crear el informe técnico “relación de activos para dar de baja” en donde se especifican datos importantes tales como la fecha del reporte, marca, número de placa, modelo, serial y código interno del equipo al que se procede a dar de baja. También están los criterios por los cuales se da de baja el equipo (si es por mal estado o daño, mal uso, obsolescencia, siniestro, venta u otro) y por último la descripción del reporte y un registro fotográfico que corrobore que la información allí descrita sea la del equipo correspondiente.

A continuación, se muestra en nuevo formato y un ejemplo de varios ya aplicados durante este periodo y que reposan en la plataforma WorkManager, donde consta el nombre de quien emite este concepto (el redactor de este informe) y la jefa de contabilidad quien aprueba por ser motivo de venta del equipo.

 INGENIERIA Y CONSTRUCCIONES S.A.S.		INFORME TÉCNICO RELACIÓN DE ACTIVOS PARA DAR DE BAJA				Código	GE-F-20
		DÍA		AÑO		Fecha	8/05/2019
		FECHA		MES		Versión	1
MARCA		CÓDIGO INTERNO DEL EQUIPO					
N° PLACA		MODELO		SERIAL			
CRITERIOS POR LOS CUALES SE DA DE BAJA							
MAL ESTADO O DAÑO		MAL USO O MANEJO		OBSOLESCENCIA		SINIESTRO	
						VENTA	
						OTRO	
DESCRIPCIÓN DEL CONCEPTO POR EL CUAL SE PROCEDE A DAR DE BAJA							
REGISTRO FOTOGRÁFICO							
NOMBRE/FIRMA DE QUIÉN EMITE CONCEPTO		FECHA RECIBIDO		FIRMA QUIÉN APRUEBA			

Figura 39. Formato informe técnico relación de activos para dar de baja primera versión INGENIERIA Y CONSTRUCCIONES S.A.S.

		INFORME TÉCNICO RELACIÓN DE ACTIVOS PARA DAR DE BAJA				Código	GE-F-20
						Fecha	08/05/2019
						Versión	1
FECHA	DIA	MES	AÑO	CÓDIGO INTERNO DEL EQUIPO			
	3	5	2019	IC-VD-05			
MARCA	KENWORTH		MODELO				
			T-800 2010				
N° PLACA	SNP335		SERIAL	270395			
CRITERIOS POR LOS CUALES SE DA DE BAJA							
MAL ESTADO O DAÑO	MAL USO O MANEJO	OBSOLESCENCIA	SINIESTRO	VENTA	OTRO		
				X			
DESCRIPCIÓN DEL CONCEPTO POR EL CUAL SE PROCEDE A DAR DE BAJA							
Se procede a dar de baja por venta a CASAMONTAÑA DE REPUESTOS							
REGISTRO FOTOGRÁFICO							
							
Gabriel Maya				05/06/2019		F. Casamontaña FIRMA QUIÉN APRUEBA	
NOMBRE/FIRMA DE QUIÉN EMITE CONCEPTO				FECHA RECIBIDO			

Figura 40. Informe técnico relación de activos para dar de baja primera versión realizado INGENIERIA Y CONSTRUCCIONES S.A.S.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

REPORTE INTERNO DE INCIDENTE DE MAQUINARIA VERSIÓN N°1

Durante el periodo de las prácticas del presente informe ocurrieron 3 incidentes de maquinaria en la empresa: las dos primeras fueron dos bombas de aguas residuales que se encontraban sacando agua del jarillón de la obra del puente de la madre Laura en el río Medellín. Debido a las fuertes lluvias y las crecientes, estos equipos fueron arrastrados por el agua ocasionándoles daños severos y una pérdida total. Estos dos equipos rondan los 50 millones de pesos colombianos cada uno. El tercer incidente ocurrió a una de las tractomulas de la empresa cuando transportaba una excavadora de la obra del metro cable picacho de la estación acevedo a la estación retorno.

Debido a estos incidentes se adelanta junto al jefe del departamento de calidad, la creación de un formato de reporte de incidentes de maquinaria que permitiera describir los hechos, tener un registro fotográfico y la identificación del equipo siniestrado, para tener un historial del equipo, saber que ocurrió y además tener un soporte para realizar las reclamaciones a la aseguradora para el pago de los daños y el equipo. Esto último se consideraba un dolor de cabeza, ya que los hechos ocurrían y luego para hacer una reclamación era un proceso tedioso donde ya no recordaban bien los hechos, no había fotografías de lo ocurrido por el hecho de no contar con un documento bien fundamentado. Todo esto es importante ya que al hacer reclamaciones de este tipo se deben describir costos de reparación, históricos de mantenimiento, cotizaciones de reparaciones y repuestos.

A continuación, se muestra el formato y el respectivo ejemplo del incidente de la tractomula siniestrada. Cabe aclarar que este formato aun no existía, pero se ideó uno provisional para entregar a la aseguradora del caso.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

	REPORTE INTERNO DE INCIDENTE DE MAQUINARIA						CODIGO	GE-F-21
							FECHA	20/06/2019
							VERSIÓN	1
DATOS DEL ACCIDENTE								
Fecha del evento:	Día		Mes		Año		Hora	
CÓDIGO DEL EQUIPO INVOLUCRADO				PLACA O IDENTIFICACIÓN DEL EQUIPO				
CONDUCTOR/OPERADOR								
LUGAR DONDE SUCEDIÓ E INCIDENTE								
DESCRIPCIÓN DEL INCIDENTE								
REGISTRO FOTOGRAFICO								

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

ANÁLISIS DE CAUSAS DEL INCIDENTE (¿5 PORQUÉS?)			
LLENAR LA INFORMACIÓN A CONTINUACIÓN SI HUBO UN TERCERO INVOLUCRADO			
NOMBRE DEL TERCERO		TELÉFONO DEL TERCERO	
DATOS DE QUIEN REPORTA EL EVENTO		DATOS DE QUIEN REALIZA LA INVESTIGACIÓN	
Nombre:		Nombre:	
Cargo:		Cargo:	

Figura 41. Formato reporte interno de incidente de maquinaria INGENIERIA Y CONSTRUCCIONES S.A.S.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

		REPORTE INTERNO DE INCIDENTE DE MAQUINARIA						
TIPO DE EVENTO:		INCIDENTE						
EMPRESA: Obra o proyecto		Obras : Estación Acevedo-Retorno						
DATOS DEL INCIDENTE								
FECHA DEL EVENTO	DIA	7	MES	6	AÑO	2019	DIA DE LA SEMANA EN QUE OCURRIÓ EL EVENTO	VIERNES
DESCRIPCIÓN DEL INCIDENTE								
<p>El día 07 de Junio de 2019 se realizaba el transporte de la excavadora VOLVO 360 con código interno IC-EC-10 de la obra estación Acevedo a Retorno, este transporte lo realizaba la Tractomula de la empresa con Código interno IC-TM-01 y placas TMX240. Siendo las 11 AM ocurre el incidente, debido a que la ciudad de Medellín está enmarcada por una topografía irregular y pendiente las vías en cualquier inclinación desde la parte plana del Valle de Aburrá son difíciles para cualquier vehículo liviano o pesado, cuando el vehículo se encontraba terminando de subir una pendiente en el barrio pedregal el Tráiler que cargaba la maquina se atascó e hizo imposible que pudiera seguir avanzando, el conductor en una maniobra de hazaña logra estabilizar el vehículo con la carga, únicamente afectando un poste cercano, evitando así, accidentes mayores a las viviendas y civiles cercanos, como el camión se quedó atorado se requirió un plan de contingencia para tratar de rescatar tanto la Tractomula como la máquina que transportaba. Siendo las 5 PM en el arduo intento de recuperarlos con un equipo especializado se ve comprometida la Tractomula ocasionando inevitablemente graves averías que comprometieron varios de sus componentes y la dejaron en desuso, era tan difícil el rescate que solo siendo las 3 AM del día Sábado 08 de Junio se logró recuperar la excavadora, la cama baja y el camión que ingresó directamente al taller para ser evaluada la magnitud del daño. Anexo registro fotografico.</p>								
								
DAÑOS DEL VEHÍCULO								
Avería del chasis, afectaciones del puente del motor, soportes del motor, bases del motor, muelles del radiador, avería del bomper y del ventilador.								
DATOS RELEVANTES								
NOMBRE QUIEN REPORTA EL EVENTO:	GABRIEL JAIME MAYA GUTIÉRREZ	NOMBRE:	JHON WILLIAM HERNANDEZ GUZMAN					
CARGO:	ANALISTA DE EQUIPOS	CARGO:	OPERADOR TRACTOMULA TMX240					
DOCUMENTO:	1039466274	DOCUMENTO:	1036606955					

Figura 42. Reporte interno de incidente de maquinaria realizado INGENIERIA Y CONSTRUCCIONES S.A.S.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

SEGUIMIENTO (INDICADORES)

Para la implementación de los tres principales indicadores de mantenimiento se realiza una prueba piloto de los meses de mayo y junio del presente año para todos los equipos de la empresa, en donde se calculó el MTBF, MTTR y la Disponibilidad de los equipos. Para realizar un análisis más detallado se escogen los equipos con los valores más bajos para determinar las pérdidas de tiempo y dinero que esto acarrea para la empresa. Esto se realiza como una motivación para la implementación de los indicadores de gestión que tanto hacen falta al área de mantenimiento. A continuación, se relacionan las tablas con los equipos y los valores más críticos de la empresa.

Tabla 18. Indicadores equipos críticos mes de Mayo de 2019.

EQUIPO	HOROMETRO / KILOMETRAJE		TTF(HORAS)	MTBF	MTTR	DISPONIBILIDAD
	MAYO	N° FALLAS				
EXCAVADORA IC-EC-01	385,5	4	96	96,375	24	0,800623053
BULLDOZER IC-BD-01	21	2	12	10,5	6	0,636363636
DUMPER IC-DV-02	96	2	24	48	12	0,8
MOTONIVELADORA IC-MN-03	51	2	24	25,5	12	0,68
PERFORADORA HIDRAULICA IC-PH-02	84	3	36	28	12	0,7
RETROEXCAVADORA IC-RE-03	171,8	3	72	57,26666667	24	0,704675964
VIBROCOMPACTADOR IC-VC-02	40	2	14	20	7	0,740740741
AUTOHORMIGONERA IC-AH-02	93	3	27	31	9	0,775
VOLQUETA DOBLE TROQUE IC-VD-01	1533	3	144	511	48	0,914132379
AUTOBOMBA IC-AB-01	1572	2	96	786	48	0,942446043
BOMBA DE CONCRETO IC-BC-03	78	2	96	39	48	0,448275862
COMPRESOR IC-CN-03	46	4	48	11,5	12	0,489361702

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO		Código	FDE 089
			Versión	03
			Fecha	2015-01-22

Tabla 19. Indicadores equipos críticos mes de Junio de 2019.

EQUIPO	HOROMETRO / KILOMETRAJE		TTF(HORAS)	MTBF	MTTR	DISPONIBILIDAD
	JUNIO	N°FALLAS				
EXCAVADORA IC-EC-01	35	5	240	7	48	0,127272727
BULLDOZER IC-BD-01	27	2	12	13,5	6	0,692307692
DUMPER IC-DV-02	100,5	3	72	33,5	24	0,582608696
MOTONIVELADORA IC-MN-03	26	2	10	13	5	0,722222222
PERFORADORA HIDRÁULICA IC-PH-02	77	2	24	38,5	12	0,762376238
RETROEXCAVADORA IC-RE-03	41,29	2	12	20,645	6	0,774817039
VIBROCOMPACTADOR IC-VC-02	50	1	9	50	9	0,847457627
AUTOHORMIGONERA IC-AH-02	171	2	24	85,5	12	0,876923077
VOLQUETA DOBLE TROQUE IC-VD-01	878	3	24	292,6666667	8	0,973392461
AUTOBOMBA IC-AB-01	2158	5	25	431,6	5	0,98854787
BOMBA DE CONCRETO IC-BC-03	74	2	24	37	12	0,755102041
COMPRESOR IC-CN-03	34	2	14	17	7	0,708333333

Como se puede apreciar algunos de estos equipos tienen un MTTR (Tiempo necesario para realizar la reparación) demasiado alto para la reparación de equipos que son de vital importancia. Esto genera grandes retrasos para cumplir con los tiempos establecidos en los contratos que se firman con el estado, también pérdidas económicas y muchas fallas que denotan que hay equipos que por su complejidad, marca o difícil acceso no se pueden conseguir repuestos en el mercado colombiano. Hay casos como el de la Grúa Telescópica P&H, que los filtros para su mantenimiento se tienen que realizar bajo pedido al fabricante original en EEUU o mandarlos fabricar en Colombia con los riesgos que esto trae por no estar avalados para este; también hay casos de falta de mantenimiento y cuidado, entre otros.

Unos equipos muestran un porcentaje óptimo de disponibilidad entre el 97% y 98%, mientras que otros se encuentran en nivel regular e incluso algunos están por debajo del 70% que de por sí ya es un indicador de disponibilidad malo, como se mencionó en la sección 2.4.1, lo que demuestra que para estos equipos se requieren planes de acción

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

inmediatos para evaluar si es viable realizar su reparación o por el contrario podría ser mejor dar de baja el equipo.

ALQUILER DE EQUIPOS

Para la elaboración de las obras del Metro cable Picacho en la ciudad de Medellín en las estaciones Acevedo y retorno, la empresa se unió en consorcio con Conasfaltos. Bajo esta alianza, la compañía brinda todos los equipos necesarios para el funcionamiento de la obra y a su vez se realiza un cobro por el alquiler del equipo en obra directamente al consorcio. A continuación, se presentan los valores de alquiler de equipo mayor.

Tabla 20. Valores de alquiler equipos INGECON S.A.S.

		VALOR DE ALQUILER POR EQUIPO	
DESCRIPCIÓN TIPO	STAND BY	PRECIO EN EL MERCADO (\$/HORA) 2019	
Bulldozer	6	\$	160.000,00
Camión	6	\$	60.000,00
Camión Tanque	6	\$	75.000,00
Compresor Portatil	6	\$	60.000,00
Dumper	6	\$	250.000,00
Mini Dumper	6	\$	75.000,00
Excavadoras Superior a 20 Toneladas	6	\$	160.000,00
Excavadoras Hasta 20 Toneladas	6	\$	120.000,00
Minicargador	6	\$	80.000,00
Mixer	6	\$	130.000,00
Motoniveladora	4	\$	130.000,00
Perforadora T25	6	\$	150.000,00
Retroexcavadora Llantas	6	\$	100.000,00
Tractomula	6	\$	110.000,00
Vehículo Tipo Camioneta	6	\$	28.000,00
Vibrocompactador	6	\$	100.000,00
Volqueta Doble Troque	6	\$	100.000,00
Miniexcavadora	6	\$	65.000,00
Grúa Telescópica P&H	6	\$	340.000,00

DESCRIPCIÓN TIPO	VALOR MES
Torre Grúa	\$ 14.000.000,00

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Cuando un equipo está en obra, pero no se está utilizando se dice que es un tiempo en Stand-by. Eso quiere decir que una vez se realice el alquiler y el equipo ya esté en obra, dicho periodo se factura así no estén usándolo. Las jornadas laborales son normalmente de 8 horas, pero si el equipo permanece ese periodo sin uso, el cobro por el alquiler será de 6 horas en la mayoría de los casos descritos en la tabla anterior, los valores de alquiler por hora varían de acuerdo a la disponibilidad en el mercado del equipo que se quiera tomar. Para el caso de una Dumper debido a la escasez para conseguir una, el valor por hora es más elevado incluso que el de las excavadoras, mientras el de una camioneta o un camión ronda por mucho los 65 mil pesos.

PÉRDIDAS DE EQUIPOS EN STAND-BY

Analizando los indicadores y el alquiler de equipos se realizan dos tablas en las que se muestra en detalle las pérdidas económicas que tiene un equipo en Stand-by. Para esto se tomaron los datos de la MTTR de los meses de mayo y junio para mirar cuanto le cuesta a la compañía esos tiempos de reparación que en muchos casos son excesivamente elevados.

Tabla 21. Reporte de pérdidas equipo en Stand-by Mayo de 2019.

EQUIPO	MTTR	VALOR HORA	PÉRDIDAS
IC-EC-01	24	\$ 160.000	\$ 3.840.000
IC-BD-01	6	\$ 160.000	\$ 960.000
IC-DV-02	12	\$ 250.000	\$ 3.000.000
IC-MN-03	12	\$ 130.000	\$ 1.560.000
IC-PH-02	12	\$ 150.000	\$ 1.800.000
IC-RE-03	24	\$ 100.000	\$ 2.400.000
IC-VC-02	7	\$ 100.000	\$ 700.000
IC-AH-02	9	\$ 100.000	\$ 900.000
IC-VD-01	48	\$ 100.000	\$ 4.800.000
IC-AB-01	48	\$ 130.000	\$ 6.240.000
IC-BC-03	48	\$ 80.000	\$ 3.840.000
IC-CN-03	12	\$ 60.000	\$ 720.000
TOTAL			\$ 30.760.000

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Tabla 22. Reporte de pérdidas equipo en Stand-by Junio de 2019.

EQUIPO	MTRR	VALOR HORA	PÉRDIDAS
IC-EC-01	48	\$ 160.000	\$ 7.680.000
IC-BD-01	6	\$ 160.000	\$ 960.000
IC-DV-02	24	\$ 250.000	\$ 6.000.000
IC-MN-03	5	\$ 130.000	\$ 650.000
IC-PH-02	12	\$ 150.000	\$ 1.800.000
IC-RE-03	6	\$ 100.000	\$ 600.000
IC-VC-02	9	\$ 100.000	\$ 900.000
IC-AH-02	12	\$ 100.000	\$ 1.200.000
IC-VD-01	8	\$ 100.000	\$ 800.000
IC-AB-01	5	\$ 130.000	\$ 650.000
IC-BC-03	12	\$ 80.000	\$ 960.000
IC-CN-03	7	\$ 60.000	\$ 420.000
TOTAL			\$ 22.620.000

Como se puede observar en las tablas el dinero que se pierde al tener un equipo de estos en Stand-by es equivalente a comprar todo el mantenimiento preventivo de la flota completa de equipos de la empresa, o quizás al pago del sueldo del personal administrativo, entre otros gastos.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

5 CONCLUSIONES

Se puede concluir que mediante el diagnóstico del presente informe se logran mejorar procesos del departamento de mantenimiento, dejando claro, que aún faltan muchas mejoras por implementar que es posible alcanzar con el tiempo, dedicación y atención necesaria para llegar a los mejores niveles de calidad a nivel mundial.

Se puede determinar que el diagnóstico del estado del departamento de mantenimiento y equipos, logró evidenciar malas prácticas, falencias y los puntos a mejorar, direccionados a un mismo objetivo.

Se puede deducir que, por lo observado durante la implementación de las propuestas, se logra proyectar un nuevo rumbo de mejoras para el departamento de mantenimiento de la compañía.

Se puede concluir que, por el corto tiempo de esta práctica, si bien, se logran objetivos como la implementación de los tres indicadores básicos de mantenimiento y la evaluación de orden de trabajo, también es necesario seguir evolucionando y monitoreando el impacto de lo realizado durante este proceso de aprendizaje.

Recomendaciones

Se recomienda llevar un análisis juicioso de los filtros utilizados para los equipos que se encuentran en el taller, evitar a toda costa utilizar filtración abierta o contaminada, e incluso la reutilización de estos.

Realizar análisis de aceites y llevar control con la filtración de las marcas más representativas para determinar cuáles son los componentes más óptimos para los mantenimientos preventivos.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Tener todos los manuales de partes de los equipos para la identificación correcta de sus componentes.

Tener un presupuesto fijo para el departamento para contar con la disponibilidad de recursos sobre todo en casos donde no hay espera alguna.

Trabajo Futuro

Acogerse a la Norma Internacional Europea EN 13460, para la correcta implementación de una orden de trabajo (O.T), para así poder continuar con lo ya implementado en los nuevos formatos.

Realizar seguimiento periódicamente a los tres indicadores básicos y mejorar las puntuaciones con la idea de a futuro manejar nuevos indicadores de calidad.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

REFERENCIAS

- ACIEM -Asociación Colombiana de Ingenieros -. (2018). *Diagnóstico del mantenimiento en Colombia*. Bogotá, D.C.: ACIEM Cundinamarca.
- Amendola, L. (2012). *DIAGNÓSTICO DEL ESTADO ACTUAL DE LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO DE ACTIVOS FÍSICOS PAS 55 ESTANDAR INTERNACIONAL CASO: PLANTA DE AUTOMOCIÓN-ESPAÑA*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia , PMM Institute for Learning.
- Beltran, J., & Orozco, O. (2014). *PLAN DE MANTENIMIENTO APLICADO A UNA EMPRESA DE*. Barranquilla: UNIVERSIDAD AUTONOMA DEL CARIBE.
- Beretta Alfredo S.r.l. (Julio de 2019). *Beretta Alfredo S.r.l.* Obtenido de Beretta: <http://www.berettaalfredo.it>
- Botero Álvarez, J. (2010). *ESTRUCTURACIÓN DEL ÁREA DE MANTENIMIENTO EN EMPRESA DEDICADA AL ALQUILER DE EQUIPOS PARA LA CONSTRUCCIÓN Y LOS MONTAJES INDUSTRIALES*. Medellín: UNIVERSIDAD EAFIT, DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA.
- CNH Industrial. (15 de julio de 2019). *New Holland*. Obtenido de www.construction.newholland.com
- DIECI. (Julio de 2019). *Dieci Corporate web*. Obtenido de www.dieci.com
- GENERAL EQUIPOS DE COLOMBIA. (16 de JULIO de 2019). *GECOLSA*. Obtenido de www.gecolsa.com
- Girón, K., & Madero, A. (2002). *DIAGNOSTICO Y MEJORAMIENTO DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO APLICADO EN EL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO DE LA EMPRESA DE SERVICIO DE TRANSPORTE PÚBLICO METROCAR S.A. CARTAGENA, D.T. Y C.: UNIVERSIDAD DE CARTAGENA*.
- KENWORTH DE LA MONTAÑA. (16 de 07 de 2019). *KENWORTH COLOMBIA*. Obtenido de kenworthcolombia.com
- Kobelco Construction Machinery U.S.A. (02 de 07 de 2019). *Kobelco USA*. Obtenido de www.kobelco-usa.com
- Komatsu Europe. (01 de 01 de 2009). *KOMATSU ESPAÑA*. Obtenido de <https://webassets.komatsu.eu/displayBrochure.ashx?id=64675>

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Maldonado, H., & Luis, S. (2012). *Propuesta de un plan de mantenimiento para maquinaria pesada de la empresa minera Dynasty Mining del cartón Portovelo*. Cuenca Ecuador: UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA .

Maquinaria pesada, Maravillas de la ingeniería. (13 de 07 de 2019). *Maquinarias pesadas*. Obtenido de <https://www.maquinariaspesadas.org/>

Marshall Institute. (Julio de 2019). *MES (Maintenance Effectiveness Survey)*. Obtenido de <https://www.marshallinstitute.com>

Mora, A. (2009). *Mantenimiento - planeación, ejecución y control*. México: Alfaomega.

Obra Plaza. (15 de 07 de 2019). *Ficha Técnica Vibrocompactador Ingersoll Rand SD100D*. Obtenido de www.obraplaza.com

Oliveira, M., Lopes, I., & Rodrigues, C. (2016). *Use of maintenance performance indicators by companies of the industrial hub of Manaus*. Guimarães: Department of Production and Systems, University of Minho, Guimarães, Portugal.

Parra Márquez, C. A., & Adolfo, C. M. (2012). *Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad Aplicada en la Gestión de Activos*. Sevilla España: INGEMAN.

Ramos Ruiz, J. F. (2002). *Diagnóstico y diseño de un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria y equipo de la planta de Lácteos de Zamorano*. Honduras.

Rodriguez, E., Cubillos, M., & Nuñez, S. (2012). *Guía para la construcción de indicadores de gestión*. Bogotá, D.C.: Departamento administrativo de la función pública.

Sáenz Torrico, C. (2016). *DIAGNÓSTICO DEL ESTADO DE LA FUNCIÓN MANTENIMIENTO EN EL SECTOR PESQUERO EN EL NORTE PERUANO*. Piura: Universidad de Piura. Facultad de Ingeniería.

TEREX Corporation. (02 de 07 de 2019). *TEREX CRANES*. Obtenido de www.terex.com

VOLVO Construction Equipment. (05 de 07 de 2019). *CHANEME Comercial S.A. Colombia*. Obtenido de <https://www.volvoce.com/-/media/volvoce/global/global-site/product-archive/documents/09-articulated-haulers/05-volvo/v-a25d-6x6-d10/v-a25d-a30d-d10-3316694161-2003-04.pdf?v=Xfg5Pw>

Wang, J., Liang, Y., Zheng, Y., Gao, R. X., & Zhang, F. (2019). *An integrated fault diagnosis and prognosis approach for predictive maintenance of wind turbine bearing with limited samples*. Beijing: Department of Mechanical and Transportation Engineering, China University of Petroleum.

APÉNDICE

Aquí se presentan algunas imágenes representativas del presente informe donde se encuentra información importante de equipos, entre otros.



CUMMINS DE LOS ANDES SA
NIT 800071617-1

Cotización No: COT-CUMED 14123
Fecha Imprime: 26/03/2019
Hora: 4:35:19 p.m.
Centro Operativo: 001

Cliencia:	INGENIERIA Y CONSTRUCCIONES SAS
Nit o CC Cliente:	811025261
Contacto:	
Dirección:	CL 4 SUR 50 C 28
Ciudad:	MEDELLIN, Antioquia
Teléfono:	574-3529300
Propietario:	INGENIERIA Y CONSTRUCCIONES SAS
ID. Propietario:	811025261

COT REPARACION ISM PLACA SNP377

Referencia	Descripción	UdeM	Cant.	Precio Unit	Precio Total	%Dcto	Dcto	Subtotal	%IVA	Valor IVA	Valor Total
SC-VENTAS	CASQUETEAR BANCADA	HR	6	\$85.000,00	\$510.000,00	10%	\$51.000,00	\$459.000,00	19%	\$87.210,00	\$546.210,00
SC-VENTAS	DIM BOMBA DE AGUA	HR	2	\$85.000,00	\$170.000,00	10%	\$17.000,00	\$153.000,00	19%	\$29.070,00	\$182.070,00
SC-VENTAS	DIM BOMBA DE ACEITE	HR	2	\$85.000,00	\$170.000,00	10%	\$17.000,00	\$153.000,00	19%	\$29.070,00	\$182.070,00
SC-VENTAS	PRUEBA C A C	HR	2	\$85.000,00	\$170.000,00	10%	\$17.000,00	\$153.000,00	19%	\$29.070,00	\$182.070,00
SC-VENTAS	DIM PARTE FRONTAL, EXTRAER EJE DE LEVAS	HR	20	\$85.000,00	\$1.700.000,00	10%	\$170.000,00	\$1.530.000,00	19%	\$290.700,00	\$1.820.700,00
SC-VENTAS	CAMBIO DE 7 BUJES DE EJE LEVAS Y BUJES DE BIELA 6	HR	1	\$679.500,00	\$679.500,00	0%	\$0,00	\$679.500,00	19%	\$129.105,00	\$808.605,00
SC-VENTAS	OVERHALE KIT REPARACION PARCIAL ISM + MAN DE OBRA + KIT LUBRICACION VALVOLINE (KISM4090008RF)	LIND	1	\$9.911.594,03	\$9.911.594,03	0%	\$0,00	\$9.911.594,03	19%	\$1.883.202,87	\$11.794.796,90
SC-VENTAS	FILTRO DE ACEITE	LIND	1	\$106.110,00	\$106.110,00	25%	\$26.527,50	\$79.582,50	19%	\$15.120,68	\$94.703,18
SC-VENTAS	FILTRO DE AIRE	LIND	1	\$169.290,00	\$169.290,00	25%	\$42.322,50	\$126.967,50	19%	\$24.123,83	\$151.091,33
SC-VENTAS	TUERCAS ESPARRAGOS DE TURBO ISX	LIND	4	\$11.783,00	\$47.132,00	10%	\$4.713,20	\$42.418,80	19%	\$8.059,57	\$50.478,37
SC-VENTAS	BOMBA DE ACEITE L10 300 - ISM - M11	LIND	1	\$501.303,00	\$501.303,00	10%	\$50.130,30	\$451.172,70	19%	\$85.722,81	\$536.895,51
SC-VENTAS	ARBOL DE LEVAS ISM	LIND	1	\$5.104.139,00	\$5.104.139,00	10%	\$510.413,90	\$4.593.725,10	19%	\$872.807,77	\$5.466.532,87
SC-VENTAS	SEGUIDORES DE LEVA DE VALVULAS ISM	LIND	12	\$166.102,00	\$1.993.224,00	10%	\$199.322,40	\$1.793.901,60	19%	\$340.841,30	\$2.134.742,90
SC-VENTAS	TORNILLO CABEZA HEXAGONAL ISF	LIND	6	\$8.168,00	\$49.008,00	10%	\$4.900,80	\$44.107,20	19%	\$8.380,37	\$52.487,57
SC-VENTAS	JUNTA CONEXION	LIND	1	\$27.541,00	\$27.541,00	10%	\$2.754,10	\$24.786,90	19%	\$4.709,51	\$29.496,41
SC-VENTAS	BUJES EJE DE LEVAS L10 Y M11 ANT 3820566	LIND	7	\$50.588,00	\$354.116,00	10%	\$35.411,60	\$318.704,40	19%	\$60.553,84	\$379.258,24
SC-VENTAS	UNIDAD DE VARSOL 1/2 GALON	LIND	15	\$8.916,00	\$133.740,00	0%	\$0,00	\$133.740,00	0%	\$0,00	\$133.740,00
SC-VENTAS	INSUMOS TALLER T ANT(INSUMOS T)	LIND	12	\$529,00	\$6.348,00	0%	\$0,00	\$6.348,00	19%	\$1.206,12	\$7.554,12
SC-VENTAS	SILICONA LOCTITE ULTRAGEY * 70ML	LIND	1	\$14.375,00	\$14.375,00	0%	\$0,00	\$14.375,00	19%	\$2.731,25	\$17.106,25
SC-VENTAS	UNIDAD SCOTH BRITE X 10 CM	LIND	2	\$11.550,00	\$23.100,00	0%	\$0,00	\$23.100,00	0%	\$0,00	\$23.100,00
SC-VENTAS	ABRAZADERA ADMISION	LIND	1	\$87.000,00	\$87.000,00	0%	\$0,00	\$87.000,00	19%	\$16.530,00	\$103.530,00
SC-VENTAS	ABARAZADERA BOMBA AGUA	LIND	1	\$43.000,00	\$43.000,00	0%	\$0,00	\$43.000,00	19%	\$8.170,00	\$51.170,00

Si autoriza el trámite de importación y/o facturación, por favor firmar la aceptación de esta cotización.

SUBTOTAL	DESCUENTO	IVA	TOTAL
\$21.970.520,00	\$1.148.496,00	\$3.926.385,00	\$24.748.409,00

De conformidad con lo establecido en la Ley 1581/2012, reglamentada por el Decreto 1377 de 2013 al aceptar esta propuesta el cliente autoriza a CUMMINS DE LOS ANDES S.A., para que dé tratamiento a sus datos personales suministrados y/o continúe con el envío de comunicaciones comerciales. De acuerdo con lo dispuesto en la Ley 1581/2012 y el Decreto 1377 de 2013, CUMMINS DE LOS ANDES S.A., informa que sus datos personales aquí suministrados serán incorporados a una base de datos para el mantenimiento, desarrollo y gestión de la presente relación contractual.

El cliente deberá garantizar unas condiciones seguras para la ejecución de los trabajos, así como un entorno adecuado desde el punto de vista de salud ocupacional. En caso de que se identifiquen condiciones de riesgo el técnico tiene la prerrogativa de suspender la ejecución de los trabajos hasta que estas sean eliminadas o controladas por parte del cliente.

El cliente deberá designar a una persona y / o un agente externo que se encargue de supervisar los trabajos, que se responsabilice del suministro oportuno de la información requerida para la correcta ejecución de los mismos y que coordine el desarrollo de las labores de campo previstas.

CUMMINS DE LOS ANDES S.A. no se hace responsable y en consecuencia no está obligada a prestar el servicio técnico de mantenimiento, por fallas en (los) equipo (s), ocasionados por incendio, inundación, hurto, perturbación de orden público, huelga y en general, por las causas derivadas de caso fortuito. Además, se aclara que CUMMINS DE LOS ANDES S.A. no se hace responsable de ningún tipo indemnización, daño emergente, lucro cesante o de cualquier otra naturaleza. Tampoco se hace responsable de reclamaciones contra el cliente hechas por terceros.

Documentos, materiales, insumos, accesorios, repuestos, etc. que no especificamos claramente en nuestra oferta, están fuera del alcance de la presente cotización.

Para iniciar los trabajos favor enviar orden de compra con el Nit, dirección, números de teléfonos, representante legal y nombre de la razón social a facturar, copia de Cámara y Comercio, RUT y número de la actividad económica.

Si es aceptada la presente cotización favor consignar a nombre CUMMINS DE LOS ANDES S.A. el valor correspondiente, al número de Cuenta corriente No. 018-04402-4 del Banco de Bogotá y/o cuenta corriente No. 217-354913-24 de Bancolombia y enviar confirmación de pago por correo electrónico tcampos@equitel.com.co o al asesor comercial. Somos Auto retenedores según resolución No. 4393 de Junio de 1999.

Somos Grandes Contribuyentes según resolución No. 12506 de Diciembre 26 de 2002. Actividad comercial 204. Se facturará el IVA, vigente a la fecha de factura.

Figura 43. Cotización CUMMINS DE LOS ANDES Reparación motor Volqueta IC-VD-03 INGENIERIA Y CONSTRUCCIONES S.A.S.

ENGRASE (10 HORAS)
(continuación)

⚠ ADVERTENCIA

Los brazos de la pala cargadora estando levantados pueden caer de repente y causar lesiones graves. Antes de ponerse a trabajar debajo de los brazos debe ponerse el puntal de seguridad para inmovilizarlos.
SP-2-1-1-6

Pivotes del brazo de la cargadora

Pare el motor y cerciórese de que no puede amarrarse mientras efectúa este trabajo.

Por cada punto de engrase mostrado, hay otro en el otro lado de la máquina.

Nota: El punto de engrase 11 se encuentra en el pivote del cilindro elevador/cilindro.

11 puntos de engrase a cada lado -
22 puntos de engrase en total.

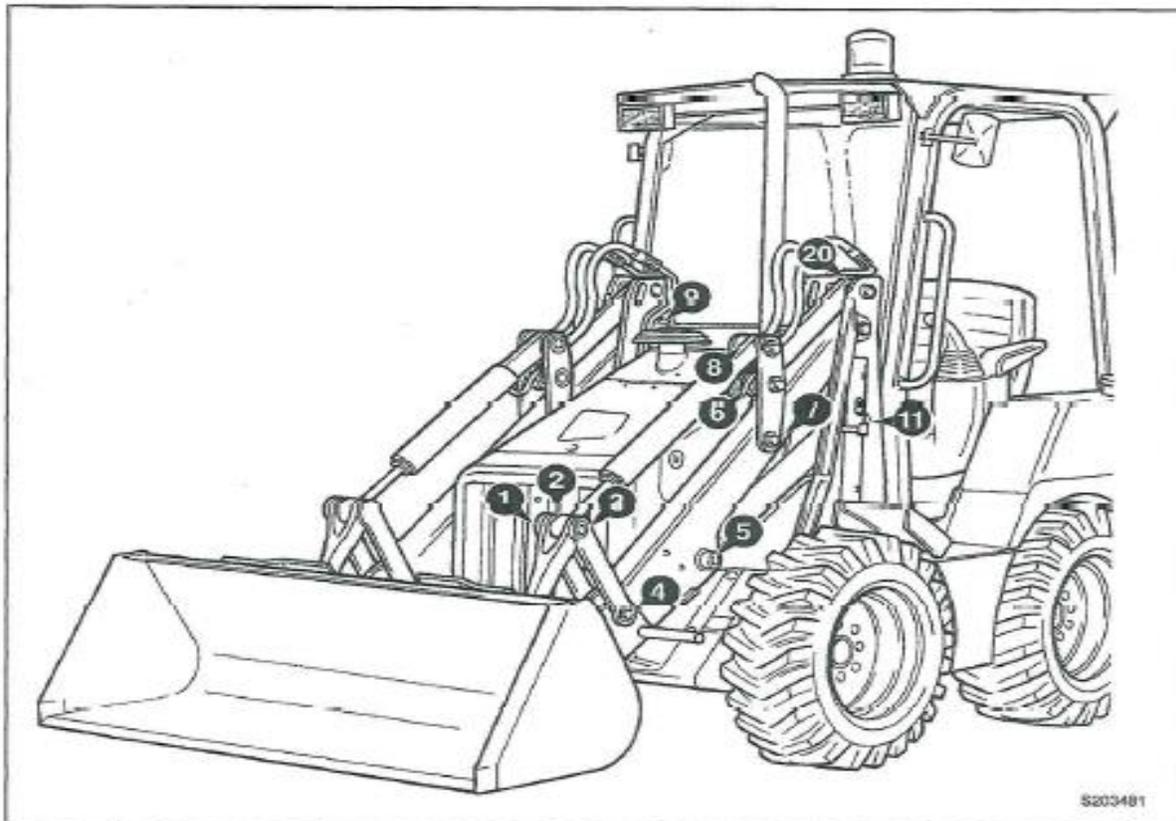


Figura 44. Mantenimiento, engrase 10 horas balde frontal Retroexcavadora. Tomada de (Maquinaria pesada, Maravillas de la ingeniería, 2019)

**ENGRASE (10 HORAS)
(continuación)**

Retroexcavadora

Para el motor y cerciórese de que no puede arrancarse mientras efectúa este trabajo.

Nota: El punto de engrase 5 se encuentra en el extremo de culeta del cilindro del brazo.
El punto de engrase 14 se encuentra en el extremo del brazo.

Nota: Lubrique los carriles del montante y las patas de los estabilizantes con gaudico u Wixupit.

14 puntos de engrase en total.

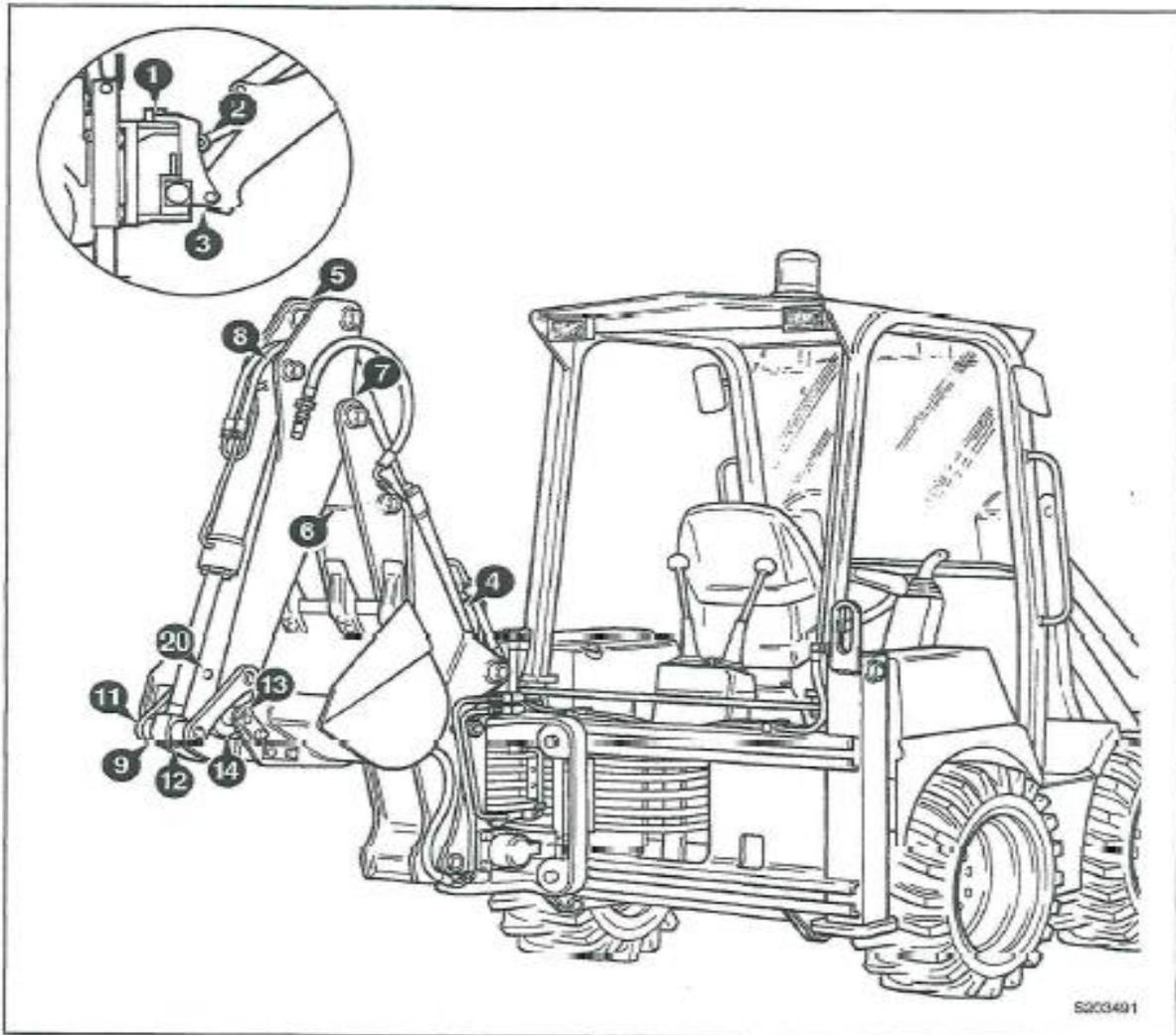


Figura 45. Mantenimiento, engrase 10 horas cuchara trasera Retroexcavadora. Tomada de (Maquinaria pesada, Maravillas de la ingeniería, 2019)

FIRMA ESTUDIANTES Gabriel J. Maya

FIRMA ASESOR [Firma]

INFORME FINAL DE PRACTICA PROFESIONAL

FECHA ENTREGA: 29-07-2019

FIRMA COMITÉ TRABAJO DE GRADO DE LA FACULTAD _____

RECHAZADO ___ ACEPTADO ___ ACEPTADO CON MODIFICACIONES ___

ACTA NO. _____

FECHA ENTREGA: _____

FIRMA CONSEJO DE FACULTAD _____

ACTA NO. _____

FECHA ENTREGA: _____