Diseño de plan de mantenimiento preventivo del sistema de tren de rodaje en una cosechadora de caña de azúcar

Alexis Bastidas Bolaños alexis.bastidas@hotmail.com

Institución Universitaria Antonio José Camacho

Facultad de Ingenierías

Ingeniería Industrial

Cali - Colombia

2020

Diseño de plan de mantenimiento preventivo del sistema de tren de rodaje en una cosechadora de caña de azúcar

Alexis Bastidas Bolaños alexis.bastidas@hotmail.com

Proyecto presentado Para optar al título de Ingeniero Industrial

Asesor: Gloria Amparo Zapata Agudelo. Especialista (Esp) en Maquinaria y equipo Agroindustrial

Institución Universitaria Antonio José Camacho

Facultad de Ingenierías

Ingeniería Industrial

Cali - Colombia

2020

Nota de aceptación:

Aprobado por el Comité de Grado en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Institución Universitaria Antonio José Camacho para optar al título de Ingeniero Industrial

Jurado

Jurado

Santiago de Cali, 31 de Julio de 2020

CONTENIDO

1 RESUMEN 9

2 INTRODUCCIÓN 10

3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 11

3.1 SITUACION ACTUAL Y ANTECEDENTES 11

3.2 DIAGNÓSTICO 11

4 JUSTIFICACIÓN 35

5 OBJETIVOS 36

5.1 OBJETIVO GENERAL 36

5.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS 36

6 SISTEMATIZACIÓN 37

7 MARCO TEORICO 38

7.2 LOGÍSTICA DE COSECHA: 39

7.3 MARCO CONTEXTUAL 40

7.4 MARCO CONCEPTUAL 46

8 METODOLOGIA 48

8.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN 48

8.2 METODO DE INVESTIGACIÓN 48

9 CRONOGRAMA 50

10. RESULTADOS 52

10.1 PLAN PREVENTIVO DEL TREN DE RODAJE EN COSECHADORAS DE CAÑA 52

11 CONCLUSIONES.....68

12 RECOMENDACIONES 69

13 BIBLIOGRAFÍA.....70

Lista de tablas

Tabla 1: Fallas en sistema eléctrico 12

Tabla 2: Fallas en sistema hidráulico 12

Tabla 3: Fallas en sistema mecánico 13

Tabla 4: Horómetros cosechadoras de caña mes de septiembre 19

Tabla 5: Total horas laboradas 20

Tabla 6: códigos de fallas sistema eléctrico 22

Tabla 7: cantidad de horas perdidas por códigos de fallas en sistema eléctrico 23

Tabla 8: códigos de fallas sistema hidráulico 24

Tabla 9: cantidad de horas perdidas por códigos de fallas en sistema hidráulico 24

Tabla 10: códigos de fallas sistema mecánico 25

Tabla 11: cantidad de horas perdidas por códigos de fallas en sistema mecánico 26

Tabla 12: Costos perdidos por hora por fallas eléctricas 29

Tabla 13: Costos perdidos por hora por fallas hidráulicas 30

Tabla 14: Costos perdidos por hora por fallas mecánicas 30

Tabla 15: Análisis ABC 32

Tabla 16: resumen análisis ABC 32

Tabla 22: Alces con sus respectivas cosechadoras asignadas 43

Tabla 23 Cronograma de tareas 51

Tabla 17 Costo total tren de rodaje 53

Tabla 18 plantilla planpreventivo 57

Tabla 19 Cronograma de actividad: toma de medidas 58

Tabla 20 plan preventivo maquina 10 63

Tabla 21 Total costos plan preventivo maquina 10 67

Lista de ilustraciones

Ilustración 1 Programacion tonelada por alce 27

Ilustración 19Concepto de cosecha mecanizada 41

Ilustración 20 Orden de maquinaria y equipo 45

Ilustración 21 Orden, equipo, reserva 45

Ilustración 22 Reserva de material 46

Ilustración 23 Cosechadora de caña 47

Ilustración 24 Sistemas de cosechadora de caña 47

Ilustración 25 Tren de rodaje 48

Ilustración 2 Partes del tren de rodaje 53

Ilustración 3 Rueda dentada 54

Ilustración 4 Carril superior 54

Ilustración 5 Rueda guía 55

Ilustración 6 Carril inferior 55

Ilustración 7 Cadena de oruga 55

Ilustración 8 Zapata 56

Ilustración 9 Desgaste altura de cadena 59

Ilustración 10 Desgaste estiramiento de cadena 59

Ilustración 11 Tensión de oruga (manual) 60

Ilustración 12 Desgaste carril inferior 60

Ilustración 13 Desgaste carril superior 61

Ilustración 14 Desgaste altura de vena zapata 61

Ilustración 15 Desgaste Rueda Motriz 62

Ilustración 16 Desgaste Rueda guía 62

Ilustración 17 Desgaste carril y eslabones de cadena 65

Ilustración 18 Desgaste rueda motriz y cadena de oruga 66

Lista de gráficos

Gráfico 1: Diagrama de Procesos para atención de eventos _____ *14*

Gráfico 2: Diagrama de barras total horas laboradas en el mes de septiembre por maquina _____ *21*

Gráfico 3: horas perdidas por fallas sistema eléctrico _____ *23*

Gráfico 4: horas perdidas por fallas sistema Hidráulico _____ *25*

Gráfico 5: horas perdidas por fallas sistema Mecánico _____ *26*

Gráfico 6: Diagrama de análisis ABC _____ *33*

Gráfico 7: Estructura de procesos _____ *41*

Gráfico 8: Estructura de proceso de taller agrícola _____ *42*

1 RESUMEN

La empresa donde se desarrolló el proyecto es una empresa que actualmente se encuentra dedicada a la fabricación de varios productos tales como el azúcar de caña dulce, el alcohol, la cogeneración de energía y el compost. La empresa cuenta con tres departamentos importantes para sus procesos: campo, cosecha y fábrica.

Un proceso importante en la empresa es el corte de caña de azúcar, proceso que pertenece al departamento de cosecha, el cual se encarga del suministro oportuno de caña de acuerdo a los requerimientos del departamento de fábrica. Entre las labores de cosecha se encuentra el proceso de corte, el cual se efectúa de dos maneras: por corte manual que se labora con personal capacitado y por corte mecánico el cual es realizado por intermedio de máquinas cosechadoras de caña.

Estas máquinas presentan inconvenientes de pérdidas de tiempo por daño en los sistemas eléctrico, hidráulico y mecánico. La metodología aplicada es la recolección de datos de los equipos por medio de sus horas laboradas a diario, buscando las fallas que más generen perdidas e inhabilitan su operación. Después de analizar la información recolectada se decide que se debe establecer un plan de mantenimiento preventivo principalmente para el sistema de tren de rodaje y todos sus componentes, revisando los desgastes que presentan en cada cosechadora. Como resultado esperado se busca que los equipos tengan más tiempo de operación disponible y la disminución de equipos inhabilitados.

2 INTRODUCCIÓN

El presente proyecto está enfocado al proceso de mantenimiento preventivo para cosechadoras de caña de azúcar en los frentes de trabajo, dado que el mantenimiento en cualquier equipo es primordial para mantener su buen estado, garantizando un mayor tiempo de disponibilidad y una disminución de equipos inhabilitados inesperadamente.

En el proyecto se pretende usar varias herramientas importantes de investigación y recolección de datos, como son los informes diarios de disponibilidad de maquinaria, que nos ayudan a detectar los problemas que causan pérdidas de tiempo e incumplimiento con la programación establecida diariamente. Dentro de la investigación se está recolectando información sobre las horas laboradas por cada máquina utilizando como fuente los horómetros diarios, por otro lado, se busca analizar cuál es la falla que más costo genera por tiempo perdido para lograr así crear un plan de mantenimiento preventivo.

La generación de esta información se realiza mediante el perfil de un ingeniero industrial, que, con base en su experiencia adquirida como técnico en el área de mantenimiento, busca implementar cambios que generen una mejora en las actividades realizadas dentro del proceso de mantenimiento y disponibilidad de equipos en los frentes de caña en la empresa.

3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

3.1 SITUACION ACTUAL Y ANTECEDENTES

Actualmente en la empresa, la Gerencia de Cosecha tiene una mecanización del 90% en su proceso del corte de la caña; en temporadas de alta molienda (verano pleno) se debe cumplir con una cuota diaria mínima de 15.000 toneladas de caña de azúcar cosechadas; de las cuales 1.500 toneladas se ingresan por medio de corte manual y el restante por medio del uso de cosechadoras de caña. Para cumplir la cuota exigida, la organización cuenta con diez frentes de cosecha, un frente de corte manual utilizando alzadoras de caña y diez frentes de corte mecanizado utilizando cosechadoras de caña de azúcar.

Siempre al inicio de una jornada se realiza un reporte de equipos que se encuentran inhabilitados para laborar por algún problema encontrado en uno de sus sistemas tales como sistema eléctrico, mecánico o hidráulico. El reporte se hace de forma general incluyendo todos los equipos de un alce (vagones, tractores, alzadoras y cosechadoras). Muchas veces estos reportes se hacen repetitivos, presentando la misma problemática en el equipo y generando un gasto por horas laboradas. Por medio del presente trabajo se busca identificar las fallas que más generen pérdidas de tiempo en una cosechadora para generar un plan de mantenimiento preventivo que mejore su disponibilidad.

3.2 DIAGNÓSTICO

A continuación, encontraremos las fallas que se presentan en las cosechadoras de caña, estas se dividen según la parte de su sistema. A cada una se le asigna un código de identificación de la falla con su respectiva descripción.

SISTEMA ELÉCTRICO	
CÓDIGO DE FALLA	**DESCRIPCIÓN**
E1	FALLA SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO
E2	FALLA MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA
E3	FALLA SISTEMA DE LUCES
E4	FALLA SISTEMA DE COSECHA (TRAGADO)
E5	FALLA SISTEMA ELECTRÓNICO GENERAL (BOBINAS)
NOTA: LA MAYOR PARTE DE LOS PROBLEMAS ELECTRÓNICOS TIENEN CÓDIGOS DE FALLAS QUE AYUDAN CON LA IDENTIFICACION Y DIAGNÓSTICO DE COMPONENTE QUE SE ENCUENTRA EN MAL ESTADO	

Tabla 1: Fallas en sistema eléctrico

SISTEMA HIDRÁULICO	
CÓDIGO DE FALLA	**EVENTOS**
H1	FALLA MOTOR EXTRACTOR PRIMARIO
H2	FALLA MOTOR DE MARCHA
H3	FALLA MOTOR CHARLIYN
H4	FALLA CILINDRO HIDRÁULICO
H5	FALLA MANGUERAS HIDRAULICAS
H6	FALLA BOMBAS HIDRAULICAS
NOTA: EL EQUIPO GENERA ALGUNOS CÓDIGOS PARA IDENTIFICACIÓN DE LAS FALLAS, PERO EN LA MAYORÍA DE LOS CASOS SE DEBE HACER POR PROCEDIMIENTO DE DIAGNÓSTICO DE LOS TECNICOS ASIGNADOS (TOMA DE PRESIONES).	

Tabla 2: Fallas en sistema hidráulico

SISTEMA MECÁNICO	
CÓDIGO DE FALLA	**EVENTOS**
M1	FALLA SISTEMA DIVISOR
M2	FALLA SISTEMA DESCOGOLLADOR
M3	FALLA SISTEMA ROLOS
M4	FALLA SISTEMA ESTRACTOR PRIMARIO
M5	FALLA SISTEMA EXTRACTOR SECUNDARIO
M6	FALLA SISTEMA ELEVADOR
M7	FALLA SISTEMA TREN DE RODAJE
M8	FALLA SISTEMA CAJA DE PICADOR
M9	FALLA SISTEMA CAJA DE BASE
NOTA: LOS PROBLEMAS GENERADOS POR FALLAS MECÁNICAS EN SU MAYORÍA NO SON IDENTIFICADOS POR CÓDIGOS DE FALLAS EN LA PANTALLA DEL OPERADOR.	

Tabla 3: Fallas en sistema mecánico

A continuación, encontraremos el diagrama de proceso mediante el cual se atienden los eventos nombrados anteriormente.

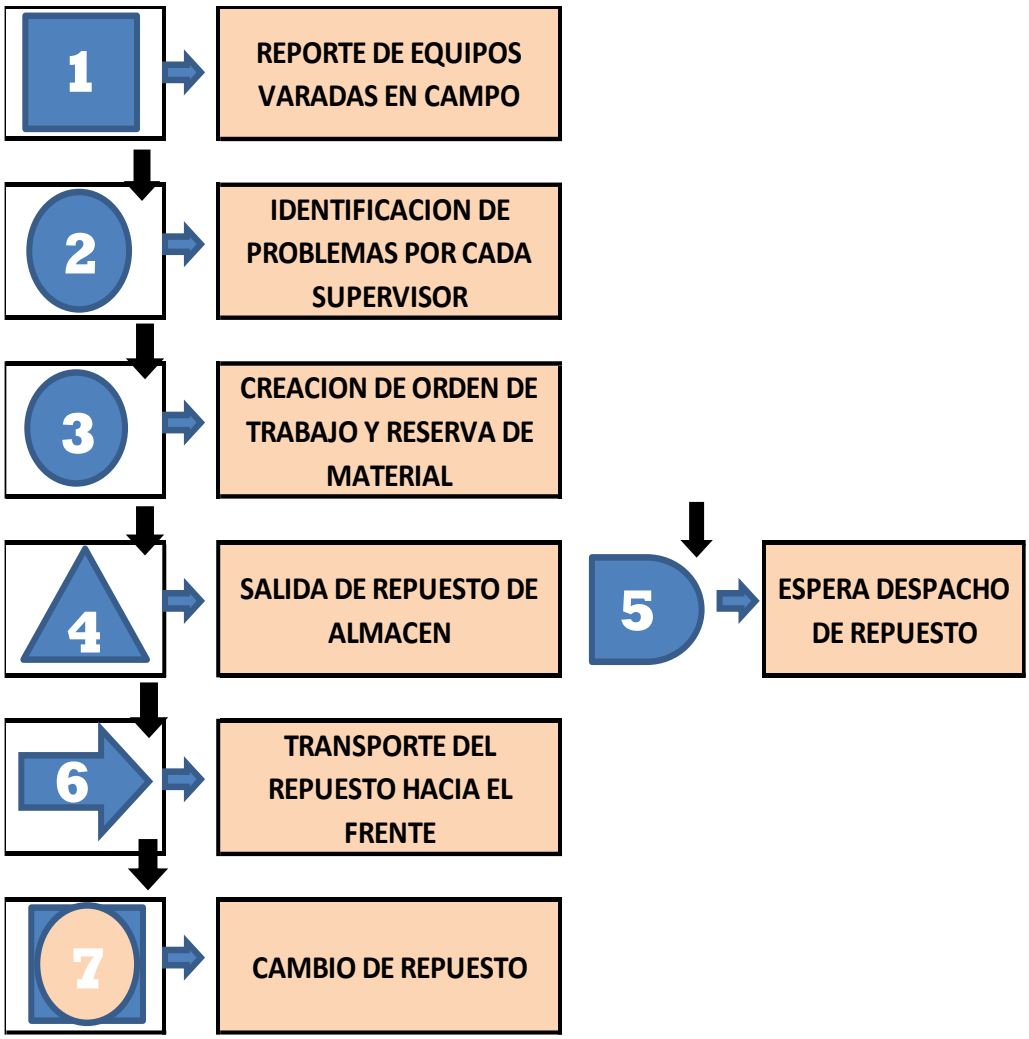


Gráfico 1: Diagrama de Procesos para atención de eventos

El procedimiento para el área de cosechadoras es el siguiente:

1. Cada quince días se crean órdenes de trabajo a los equipos que se encuentran laborando en campo.
2. Con estas órdenes de trabajo se hacen reservas de material, para solicitar los repuestos necesarios para habilitar el equipo que presente el problema en campo.

3. Por medio de la firma del supervisor encargado del área, se autorizan las reservas de material, para proceder al área de almacén donde se hará efectiva la entrega de los repuestos.
4. La persona encargada de este proceso (movimiento de repuestos), debe retirar el repuesto del área de almacén y posteriormente hacer entrega en el frente de trabajo donde se encuentre varada la cosechadora de caña.
5. Con la entrega del repuesto nuevo, se solicita el repuesto usado para hacer entrega de este en el almacén o taller agrícola, para lograr un correcto cruce de cuentas de material.

Con la siguiente información conoceremos el total de horas laboradas por máquina en el día, se recolecta información partiendo del horómetro inicial y final de cada máquina en una jornada.

Datos contenidos en la tabla:

- COSECHADORAS: Números de máquinas con los cuales se identifican las cosechadoras de caña.
- ALCES: Nombre con el que se conoce el lugar donde la maquinaria labora.
- H INICIAL: horómetro con el que la cosechadora inicia la jornada laboral.
- TURNO 1: horómetro con el que el primer turno (06:00 a 18:00) termina la jornada.
- TURNO 2: horómetro con el que el segundo turno (18:00 a 06:00) termina la jornada

SEGUIMIENTO PROYECTO	ALCES	01-sep-19			02-sep-19			03-sep-19		
COSECHADORAS		H INICIAL	TURNO 1	TURNO 2	H INICIAL	TURNO 1	TURNO 2	H INICIAL	TURNO 1	TURNO 2
MAQUINA 1	A1	11.041,0	11.050,0	11.058,0	11.058,0	11.068,5	11.078,0	11.078,0	11.085,0	11.095,5
MAQUINA 2		5.620,5	5.629,5	5.638,0	5.638,0	5.646,0	5.654,0	5.654,0	5.659,0	5.670,0
MAQUINA 3		2.517,0	TALLER	2.517,0	2.517,0	TALLER	2.517,0	2.517,0	TALLER	2.517,0
MAQUINA 4	A3	12.855,0	12.863,0	12.872,5	12.872,5	12.881,5	12.881,5	12.881,5	12.885,5	12.888,5
MAQUINA 5		4.198,0	4.207,5	4.215,0	4.215,0	4.221,5	4.231,5	4.231,5	4.231,5	4.239,0
MAQUINA 6		797,0	805,0	807,0	807,0	808,5	819,5	819,5	825,5	832,5
MAQUINA 7	A5	10.760,0	10.761,0	10.770,0	10.770,0	10.776,0	10.784,0	10.784,0	10.785,0	10.785,0
MAQUINA 8		9.925,0	9.931,0	9.941,0	9.941,0	9.943,0	9.949,0	9.949,0	9.954,5	9.965,0
MAQUINA 9		8.012,0	8.015,5	8.024,0	8.024,0	8.029,0	8.035,0	8.035,0	8.040,5	8.049,0
MAQUINA 10	A14	10.560,0	10.568,0	10.580,0	10.580,0	10.589,5	10.600,0	10.600,0	10.610,5	10.619,0
MAQUINA 11		6.552,0	6.560,0	6.571,0	6.571,0	6.571,0	6.582,0	6.582,0	6.587,5	6.587,5
MAQUINA 12		6.910,0	6.915,5	6.927,0	6.927,0	6.936,0	6.945,0	6.945,0	6.954,5	6.962,0

04-sep-19			05-sep-19			06-sep-19			07-sep-19		
H INICIAL	TURNO 1	TURNO 2	H INICIAL	TURNO 1	TURNO 2	H INICIAL	TURNO 1	TURNO 2	H INICIAL	TURNO 1	TURNO 2
11.095,5	11.102,0	11.109,0	11.109,0	11.119,0	11.123,0	11.123,0	11.132,0	11.138,5	11.138,5	11.141,5	11.141,5
5.670,0	5.679,0	5.686,0	5.686,0	5.695,5	5.695,5	5.695,5	5.702,0	5.708,0	5.708,0	5.711,5	5.716,0
2.517,0	TALLER	2.517,0	2.527,0	2.527,0	2.532,5	2.532,5	2.537,0	2.539,5	2.539,5	2.547,5	2.552,0
12.888,5	12.888,5	12.889,0	12.889,0	12.889,0	12.900,0	12.900,0	12.904,5	12.904,5	12.904,5	12.904,5	12.915,0
4.239,0	4.245,0	4.252,0	4.252,0	4.256,5	4.267,5	4.267,5	4.274,0	4.281,5	4.281,5	4.288,0	4.290,0
832,5	836,5	844,5	844,5	850,5	850,5	850,5	855,5	864,0	864,0	872,0	881,0
10.785,0	10.785,0	10.795,0	10.795,0	10.806,0	10.810,0	10.810,0	10.814,0	10.817,0	10.817,0	10.817,0	10.817,0
9.965,0	9.973,0	9.980,0	9.980,0	9.989,0	9.993,0	9.993,0	10.001,0	10.005,0	10.005,0	10.013,0	10.022,0
8.049,0	8.058,0	8.058,0	8.058,0	8.058,0	8.069,0	8.069,0	8.077,0	8.087,0	8.087,0	8.095,0	8.104,0
10.619,0	10.624,0	10.633,0	10.633,0	10.638,5	10.647,0	10.647,0	10.647,0	10.654,0	10.654,0	10.663,0	10.669,5
6.587,5	6.587,5	6.598,5	6.598,5	6.606,0	6.612,5	6.612,5	6.619,5	6.628,5	6.628,5	6.637,0	6.637,0
6.962,0	6.970,5	6.979,5	6.979,5	6.988,0	6.995,0	6.995,0	7.003,5	7.013,0	7.013,0	7.013,0	7.023,0

08-sep-19			09-sep-19			10-sep-19			11-sep-19		
H INICIAL	TURNO 1	TURNO 2	H INICIAL	TURNO 1	TURNO 2	H INICIAL	TURNO 1	TURNO 2	H INICIAL	TURNO 1	TURNO 2
11.141,5	11.143,0	11.146,5	11.146,5	11.156,0	11.157,5	11.157,5	11.159,5	11.163,5	11.163,5	11.172,0	11.175,5
5.716,0	5.726,5	5.733,5	5.733,5	5.738,0	5.748,0	5.748,0	5.755,5	5.764,5	5.764,5	5.765,0	5.768,0
2.552,0	2.561,5	2.571,0	2.571,0	2.579,0	2.588,0	2.588,0	2.594,0	2.602,0	2.602,0	2.608,0	2.616,5
12.915,0	12.921,0	12.931,0	12.931,0	12.939,5	12.941,5	12.941,5	12.941,5	12.941,5	12.941,5	12.951,5	12.951,5
4.290,0	4.295,0	4.305,0	4.305,0	4.305,5	4.316,0	4.316,0	4.323,0	4.331,5	4.331,5	4.335,5	4.343,0
881,0	881,0	884,0	884,0	902,0	902,0	902,0	909,5	917,5	917,5	922,5	930,5
10.817,0	10.828,0	10.832,5	10.832,5	10.837,0	10.846,0	10.846,0	10.854,0	10.859,5	10.859,5	10.868,0	10.875,5
10.022,0	10.032,0	10.037,0	10.037,0	10.045,0	10.053,0	10.053,0	10.060,0	10.069,0	10.069,0	TALLER	10.069,0
8.104,0	8.111,0	8.120,0	8.120,0	8.125,0	8.127,0	8.127,0	8.137,0	8.145,5	8.145,5	8.151,0	8.161,0
10.669,5	10.680,5	10.690,0	10.690,0	10.697,5	10.706,5	10.706,5	10.713,0	10.718,5	10.718,5	10.729,5	10.734,0
6.637,0	TALLER	6.637,0	6.637,0	6.642,5	6.644,5	6.644,5	6.653,5	6.661,0	6.661,0	6.661,0	6.668,5
7.023,0	7.030,5	7.040,0	7.040,5	7.050,5	7.060,5	7.060,5	7.067,5	7.075,5	7.075,5	7.086,5	7.091,0

12-sep-19			13-sep-19			14-sep-19			15-sep-19		
H INICIAL	TURNO 1	TURNO 2	H INICIAL	TURNO 1	TURNO 2	H INICIAL	TURNO 1	TURNO 2	H INICIAL	TURNO 1	TURNO 2
11.175,5	11.175,5	11.183,0	16.331,0	16.333,0	16.333,0	16.333,0	16.340,0	16.344,0	16.344,0	16.350,0	16.360,0
5.768,0	5.774,0	5.777,0	5.777,0	5.782,5	5.792,0	5.792,0	5.800,0	5.811,0	5.811,0	5.816,0	5.825,0
2.616,5	2.621,0	2.625,0	2.625,0	2.633,5	2.642,0	2.642,0	2.645,5	2.656,5	2.656,5	2.663,0	2.663,0
12.951,5	12.951,5	12.951,5	12.951,5	12.959,0	12.959,0	12.959,0	12.969,0	12.976,0	12.976,0	12.988,0	12.992,0
4.343,0	4.346,5	4.356,0	4.356,0	4.365,0	4.372,5	4.372,5	4.372,5	4.383,5	4.383,5	4.383,5	4.383,5
930,5	937,5	947,5	947,5	953,0	960,5	960,5	970,5	970,5	970,5	980,0	989,5
10.875,5	10.884,0	10.894,5	10.894,5	10.900,0	10.909,0	10.909,0	10.917,0	10.924,0	10.924,0	10.932,0	10.932,0
10.069,0	TALLER	10.069,0	10.069,0	TALLER	10.069,0	10.069,0	TALLER	10.069,0	10.069,0	10.078,5	10.083,5
8.161,0	8.170,0	8.181,0	8.181,0	8.190,0	8.198,0	8.198,0	8.208,0	8.215,0	8.215,0	8.223,5	8.231,0
10.734,0	10.743,0	10.751,5	10.751,5	10.759,5	10.769,5	10.769,5	10.779,0	10.786,5	10.786,5	10.792,5	10.799,0
6.668,5	6.673,5	6.681,0	6.681,0	6.687,5	6.696,5	6.696,5	6.706,0	6.709,5	6.709,5	6.720,0	6.727,0
7.091,0	7.103,5	7.107,5	7.107,5	7.115,5	7.124,5	7.124,5	7.124,5	7.135,5	7.135,5	7.143,0	7.148,0

16-sep-19			17-sep-19			18-sep-19			19-sep-19		
H INICIAL	TURNO 1	TURNO 2	H INICIAL	TURNO 1	TURNO 2	H INICIAL	TURNO 1	TURNO 2	H INICIAL	TURNO 1	TURNO 2
16.360,0	16.367,0	16.370,0	16.370,0	16.371,0	16.382,0	16.382,0	16.385,5	16.393,0	16.393,0	16.397,0	16.400,0
5.825,0	5.830,0	5.840,0	5.840,0	5.848,0	5.849,0	5.849,0	5.855,0	5.862,0	5.862,0	5.864,0	5.872,0
2.663,0	2.671,5	2.681,0	2.681,0	2.690,0	2.698,0	2.698,0	2.704,0	2.708,0	2.708,0	2.712,0	2.721,0
12.992,0	12.995,5	12.995,5	12.995,5	TALLER	12.995,5	12.995,5	TALLER	12.995,5	12.995,5	TALLER	12.995,5
4.383,5	4.394,5	4.402,5	4.402,5	4.412,0	4.419,5	4.419,5	4.426,5	4.433,5	4.433,5	4.441,0	4.447,5
989,5	996,0	1.004,5	1.004,5	1.013,0	1.020,5	1.020,5	1.027,5	1.035,0	1.035,0	1.039,0	1.045,5
10.932,0	10.932,0	10.934,0	10.934,0	10.942,0	10.951,0	10.951,0	10.951,0	10.959,0	10.959,0	10.969,0	10.977,0
10.083,5	10.091,0	10.099,0	10.099,0	10.108,0	10.117,0	10.117,0	10.125,0	10.129,0	10.129,0	10.133,0	10.142,0
8.231,0	8.238,0	8.243,0	8.243,0	8.248,0	8.257,0	8.257,0	8.266,0	8.275,0	8.275,0	8.281,0	8.289,0
10.799,0	10.807,0	10.809,5	10.809,5	10.810,5	10.821,0	10.821,0	10.825,0	10.834,5	10.834,5	10.842,5	10.847,5
6.727,0	6.734,5	6.744,5	6.744,5	6.754,0	6.761,5	6.761,5	6.770,0	6.780,0	6.780,0	6.780,0	6.790,0
7.148,0	7.158,0	7.165,0	7.165,0	7.178,0	7.181,5	7.181,5	7.190,5	7.193,5	7.193,5	7.206,5	7.211,5

20-sep-19			21-sep-19			22-sep-19			23-sep-19		
H INICIAL	TURNO 1	TURNO 2	H INICIAL	TURNO 1	TURNO 2	H INICIAL	TURNO 1	TURNO 2	H INICIAL	TURNO 1	TURNO 2
16.400,0	16.401,5	16.412,0	16.412,0	16.412,0	16.423,0	16.423,0	16.430,0	16.441,0	16.441,0	16.448,0	16.448,0
5.872,0	5.874,0	5.880,0	5.880,0	5.886,5	5.897,0	5.897,0	5.906,0	5.915,0	5.915,0	5.920,0	5.926,0
2.721,0	2.731,0	2.741,0	2.741,0	2.750,0	2.750,0	2.750,0	2.758,0	2.758,0	2.758,0	2.764,5	2.771,0
12.995,5	4.378,5	12.995,5	12.995,5	TALLER	12.995,5	12.995,5	TALLER	12.995,5	12.995,5	TALLER	12.995,5
4.447,5	4.454,0	4.463,0	4.463,0	4.471,0	4.480,0	4.480,0	4.490,0	4.494,0	4.494,0	4.505,0	4.509,5
1.045,5	1.053,0	1.062,5	1.062,5	1.072,0	1.081,0	1.081,0	1.090,0	1.090,0	1.090,0	1.101,0	1.105,0
10.977,0	10.985,0	10.985,0	10.985,0	10.988,0	10.997,0	10.997,0	11.006,5	11.015,0	11.015,0	11.022,0	11.030,0
10.142,0	10.145,0	10.155,0	10.155,0	10.159,0	10.169,0	10.169,0	10.179,0	10.187,0	10.187,0	10.193,0	10.194,0
8.289,0	8.292,0	8.301,0	8.301,0	8.308,0	8.316,0	8.316,0	8.320,0	8.326,0	8.326,0	8.332,5	8.333,0
10.847,5	10.852,0	10.861,0	10.861,0	10.870,0	10.877,0	10.877,0	10.884,5	10.895,5	10.895,5	10.900,5	10.904,5
6.790,0	6.796,5	6.805,0	6.805,0	6.810,0	6.819,0	6.819,0	6.829,0	6.829,0	6.829,0	6.834,0	6.839,5
7.211,5	7.211,5	7.217,0	7.217,0	7.225,5	7.232,0	7.232,0	7.235,0	7.246,0	7.246,0	7.253,5	7.253,5

24-sep-19			25-sep-19			26-sep-19			27-sep-19		
H INICIAL	TURNO 1	TURNO 2	H INICIAL	TURNO 1	TURNO 2	H INICIAL	TURNO 1	TURNO 2	H INICIAL	TURNO 1	TURNO 2
16.448,0	16.454,5	16.454,5	16.454,5	16.459,0	16.461,0	16.461,0	16.465,0	16.467,5	16.467,5	16.477,0	16.480,5
5.926,0	5.933,5	5.942,0	5.942,0	5.948,0	5.956,0	5.956,0	5.965,0	5.973,0	5.973,0	5.973,0	5.981,5
2.771,0	2.772,5	2.780,5	2.780,5	2.790,0	2.798,0	2.798,0	2.803,0	2.811,0	2.811,0	2.820,5	2.828,5
12.995,5	TALLER	12.995,5	12.995,5	TALLER	12.995,5	12.995,5	13.005,0	13.015,0	13.015,0	13.018,0	13.026,0
4.509,5	4.518,5	4.525,0	4.525,0	4.525,0	4.536,0	4.536,0	4.545,0	4.554,5	4.554,5	4.563,5	4.566,5
1.105,0	1.105,0	1.111,0	1.111,0	1.121,0	1.128,0	1.128,0	1.139,5	1.139,5	1.139,5	1.150,0	1.158,5
11.030,0	11.032,0	11.034,0	11.034,0	11.042,0	11.051,0	11.051,0	11.054,0	11.054,0	11.054,0	TALLER	11.054,0
10.194,0	10.204,0	10.215,0	10.215,0	10.224,0	10.233,0	10.233,0	10.240,0	10.249,0	10.249,0	10.257,0	10.267,0
8.333,0	8.341,0	8.352,0	8.352,0	8.355,0	8.355,0	8.355,0	8.363,0	8.373,0	8.373,0	8.378,0	8.378,0
10.904,5	10.911,0	10.914,5	10.914,5	10.922,5	10.930,0	10.930,0	10.932,5	10.935,0	10.935,0	10.938,5	10.938,5
6.839,5	6.844,5	6.852,0	6.852,0	6.859,0	6.865,0	6.865,0	6.875,0	6.883,5	6.883,5	6.893,5	6.904,5
7.253,5	7.264,5	7.271,0	7.271,0	7.281,0	7.289,0	7.289,0	7.298,5	7.304,0	7.304,0	7.313,5	7.322,5

28-sep-19			29-sep-19			30-sep-19		
H INICIAL	TURNO 1	TURNO 2	H INICIAL	TURNO 1	TURNO 2	H INICIAL	TURNO 1	TURNO 2
16.480,5	16.487,0	16.497,0	16.497,0	16.504,0	16.504,5	16.504,5	16.512,0	16.518,0
5.981,5	5.986,0	5.992,0	5.992,0	5.994,0	6.004,0	6.004,0	6.010,0	6.019,0
2.828,5	2.839,0	2.847,0	2.847,0	2.854,0	2.864,0	2.864,0	2.871,0	2.875,0
13.026,0	13.028,0	13.034,5	13.034,5	TALLER	13.036,5	13.036,5	13.045,5	13.045,5
4.566,5	4.573,0	4.578,0	4.578,0	4.585,5	4.594,5	4.594,5	4.594,5	4.602,0
1.158,5	1.165,0	1.174,0	1.174,0	1.180,0	1.189,0	1.189,0	1.196,0	1.196,0
11.054,0	TALLER	11.054,0	11.057,0	11.063,0	11.071,0	11.071,0	11.080,0	11.083,0
10.267,0	10.268,0	10.278,5	10.278,5	10.287,0	10.294,0	10.294,0	10.302,0	10.307,0
8.378,0	8.378,0	8.388,0	8.388,0	8.392,0	8.392,0	8.392,0	8.396,0	8.402,0
10.938,5	10.949,5	10.959,5	10.959,5	10.961,0	10.971,0	10.971,0	10.979,0	10.983,0
6.904,5	6.911,5	6.911,5	6.911,5	6.922,5	6.933,0	6.933,0	6.937,5	6.941,5
7.322,5	7.328,0	7.338,0	7.338,0	7.347,0	7.349,5	7.349,5	7.358,5	7.363,0

Tabla 4: Horómetros cosechadoras de caña mes de septiembre

Con la información recolectada en los horómetros de las cosechadoras, se procede a contabilizar las horas laboradas diarias por cosechadora (horómetro final menos el horómetro inicial). Para cumplir con la cuota diaria de caña cosechada por alce se requiere que las cosechadoras de caña laboren como mínimo 14 horas diarias. Para esto debemos tener en cuenta que:

1. De 14 horas en adelante: la maquinaria no presentó ninguna falla. (productiva)
2. Menos de 14 horas diarias: la maquinaria presento alguna falla de las establecidas en la tabla1, tabla 2 y tabla 3.

		HORAS LABORADAS POR DIA																															
ALCE	MAQUINAS	01/09/2019	02/09/2019	03/09/2019	04/09/2019	05/09/2019	06/09/2019	07/09/2019	08/09/2019	09/09/2019	10/09/2019	11/09/2019	12/09/2019	13/09/2019	14/09/2019	15/09/2019	16/09/2019	17/09/2019	18/09/2019	19/09/2019	20/09/2019	21/09/2019	22/09/2019	23/09/2019	24/09/2019	25/09/2019	26/09/2019	27/09/2019	28/09/2019	29/09/2019	30/09/2019	TOTAL HORAS MES
A1	MAQUINA 1	17	20	18	14	14	16	3	5	11	6	12	8	2	11	16	10	12	11	7	12	11	18	7	7	7	7	13	17	8	14	329
	MAQUINA 2	18	16	16	16	10	13	8	18	15	17	4	9	15	19	14	15	9	13	10	8	17	18	11	16	14	17	9	11	12	15	398,5
	MAQUINA 3	0	0	0	0	6	7	13	19	17	14	15	9	17	15	7	18	17	10	13	20	9	8	13	10	18	13	18	19	17	11	348
A3	MAQUINA 4	18	9	7	1	11	5	11	16	11	0	10	0	8	17	16	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	11	9	2	9	190,5
	MAQUINA 5	17	17	8	13	16	14	9	15	11	16	12	13	17	11	0	19	17	14	14	16	17	14	16	16	11	19	12	12	17	8	404
	MAQUINA 6	10	13	13	12	6	14	17	3	18	16	13	17	13	10	19	15	16	15	11	17	19	9	15	6	17	12	19	16	15	7	399
A5	MAQUINA 7	10	14	1	10	15	7	0	16	14	14	16	19	15	15	8	2	17	8	18	8	12	18	15	4	17	3	0	0	14	12	320
	MAQUINA 8	16	8	16	15	13	12	17	15	16	16	0	0	0	0	15	16	18	12	13	13	14	18	7	21	18	16	18	12	16	13	382
	MAQUINA 9	12	11	14	9	11	18	17	16	7	19	16	20	17	17	16	12	14	18	14	12	15	10	7	19	3	18	5	10	4	10	390
A14	MAQUINA 10	20	20	19	14	14	7	16	21	17	12	16	18	18	17	13	11	12	14	13	14	16	19	9	10	16	5	4	21	12	12	423
	MAQUINA 11	19	11	6	11	14	16	9	0	8	17	8	13	16	13	18	18	17	19	10	15	14	10	11	13	13	19	21	7	22	9	389,5
	MAQUINA 12	17	18	17	18	16	18	10	17	20	15	16	17	17	11	13	17	17	12	18	6	15	14	8	18	18	15	19	16	12	14	452,5

Tabla 5: Total horas laboradas

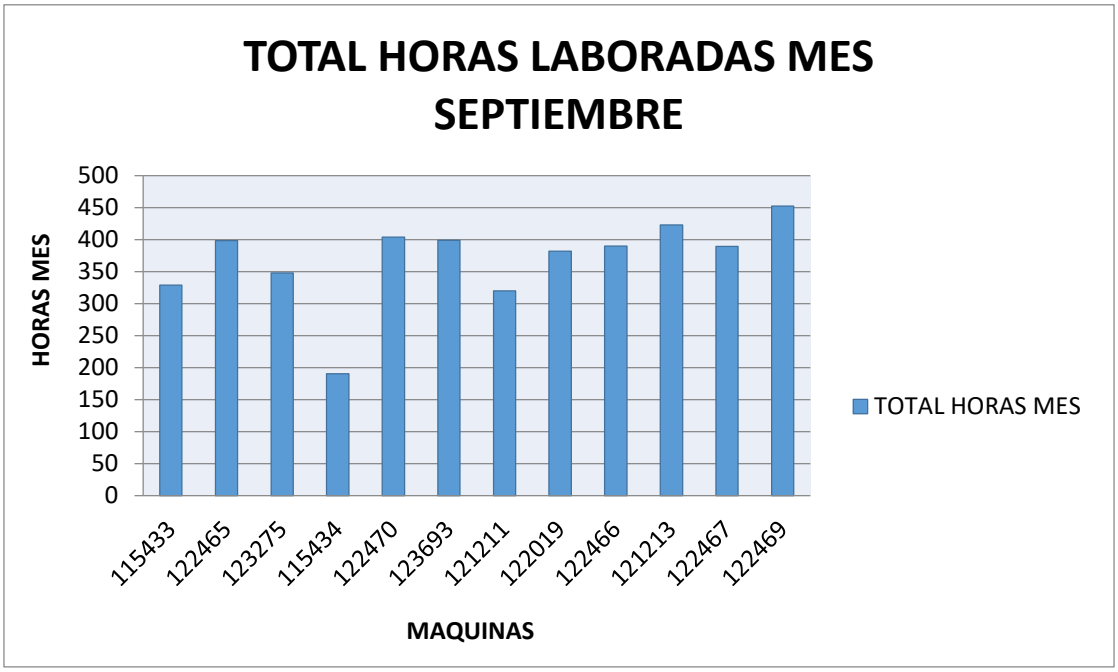


Gráfico 2: Diagrama de barras total horas laboradas en el mes de septiembre por maquina

Se entiende que al requerir que las cosechadoras de caña laboren como mínimo 14 horas diarias, el total de horas laboras por mes debe ser de 420 horas laboradas. Si se presenta un número inferior a estas, se entiende que hubo pérdidas de horas debido a fallas presentadas en alguno de sus sistemas. Con base en esto a continuación presentaremos cuales son las fallas que se presentaron por sistema y las horas perdidas por cada código de falla.

(OK): la cosechadora laboro sin ningún inconveniente desde 14 horas en adelante.

(-): la cosechadora presento una falla en otro sistema.

(E1, E2, E3, E4, E5): código de falla (tabla 1)

FALLAS SISTEMA ELECTRICO																															
ALCE	MAQUINAS	01/09/2019	02/09/2019	03/09/2019	04/09/2019	05/09/2019	06/09/2019	07/09/2019	08/09/2019	09/09/2019	10/09/2019	11/09/2019	12/09/2019	13/09/2019	14/09/2019	15/09/2019	16/09/2019	17/09/2019	18/09/2019	19/09/2019	20/09/2019	21/09/2019	22/09/2019	23/09/2019	24/09/2019	25/09/2019	26/09/2019	27/09/2019	28/09/2019	29/09/2019	30/09/2019
A1	MAQUINA 1	OK	OK	OK	OK	OK	OK	E3	E1	-	-	-	-	E2	-	OK	-	-	-	-	-	-	OK	E4	E1	E3	E3	-	OK	-	OK
	MAQUINA 2	OK	OK	OK	OK	-	-	E4	OK	OK	OK	-	-	OK	OK	OK	OK	-	-	E1	E1	OK	OK	-	OK	OK	OK	-	E5	E5	OK
	MAQUINA 3	-	-	-	-	-	-	E5	OK	OK	OK	OK	-	OK	OK	E4	OK	OK	E4	E5	OK	-	-	E5	E4	OK	-	OK	OK	OK	-
A3	MAQUINA 4	OK	-	-	-	E5	-	-	OK	-	E4	-	E4	-	OK	OK	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	-	-	-	-
	MAQUINA 5	OK	OK	-	E5	OK	OK	E2	OK	-	OK	-	E5	OK	E4	-	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	-	OK	-	-	OK	-
	MAQUINA 6	-	-	-	-	-	OK	OK	-	OK	OK	E5	OK	E5	E3	OK	OK	OK	OK	-	OK	OK	-	OK	-	OK	-	OK	OK	OK	-
A5	MAQUINA 7	-	OK	-	E4	OK	-	-	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	-	-	OK	-	OK	-	E5	OK	OK	-	OK	-	-	-	OK	E5
	MAQUINA 8	OK	-	OK	OK	E5	E5	OK	OK	OK	OK	-	-	-	-	OK	OK	OK	E5	-	-	OK	OK	E3	OK	OK	OK	OK		OK	
	MAQUINA 9	E5	-	OK	-	E4	OK	OK	OK	-	OK	OK	OK	OK	OK	OK	E5	OK	OK	OK	E5	OK	-	-	OK	-	OK	-	E4	-	-
A14	MAQUINA 10	OK	OK	OK	OK	OK	-	OK	OK	OK	-	OK	OK	OK	OK	E5	-	-	OK	E5	OK	OK	OK	-	-	OK	E4	-	OK	-	E5
	MAQUINA 11	OK	-	E1	-	OK	OK	E5	-	-	OK	-	E3	OK	E2	OK	OK	OK	OK	-	OK	OK	-	-	E5	E5	OK	OK	-	OK	-
	MAQUINA 12	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	-	E5	OK	OK	-	OK	-	OK	OK	E4	OK	OK	OK	OK	OK	-	OK

Tabla 6: códigos de fallas sistema eléctrico

Cada uno de los códigos de fallas por sistema eléctrico genera una perdida en horas, las cuales se verán reflejadas en la tabla 7. Debemos tener en cuenta que, aunque se trate del mismo código, este no representa la misma cantidad de horas perdidas, ya que cada falla representa un sistema que está compuesto por diferentes elementos. Por ejemplo, el código E1 que hace referencia al sistema de aire acondicionado, puede presentar una falla en manguera, bobina, compresor, filtro, entre otros, los cuales representan diferentes horas de reparación o cambio.

FALLAS SISTEMA ELECTRICO HORAS																															
ALCE	MAQUINAS	01/09/2019	02/09/2019	03/09/2019	04/09/2019	05/09/2019	06/09/2019	07/09/2019	08/09/2019	09/09/2019	10/09/2019	11/09/2019	12/09/2019	13/09/2019	14/09/2019	15/09/2019	16/09/2019	17/09/2019	18/09/2019	19/09/2019	20/09/2019	21/09/2019	22/09/2019	23/09/2019	24/09/2019	25/09/2019	26/09/2019	27/09/2019	28/09/2019	29/09/2019	30/09/2019
A1	MAQUINA 1							5	9					12										4	2	8	8				
	MAQUINA 2							6												4	6								3	2	
	MAQUINA 3							1								4			4	1				1	5						
A3	MAQUINA 4					3					14		14																		
	MAQUINA 5				1			6					1		3																
	MAQUINA 6											1		1	3																
A5	MAQUINA 7				4																	2									2
	MAQUINA 8					1	2												2					7							
	MAQUINA 9	2				3											2				2								4		
A14	MAQUINA 10															1				1							5				2
	MAQUINA 11			5				6					1		1										1	1					
	MAQUINA 12															1								7							

Tabla 7: cantidad de horas perdidas por códigos de fallas en sistema eléctrico

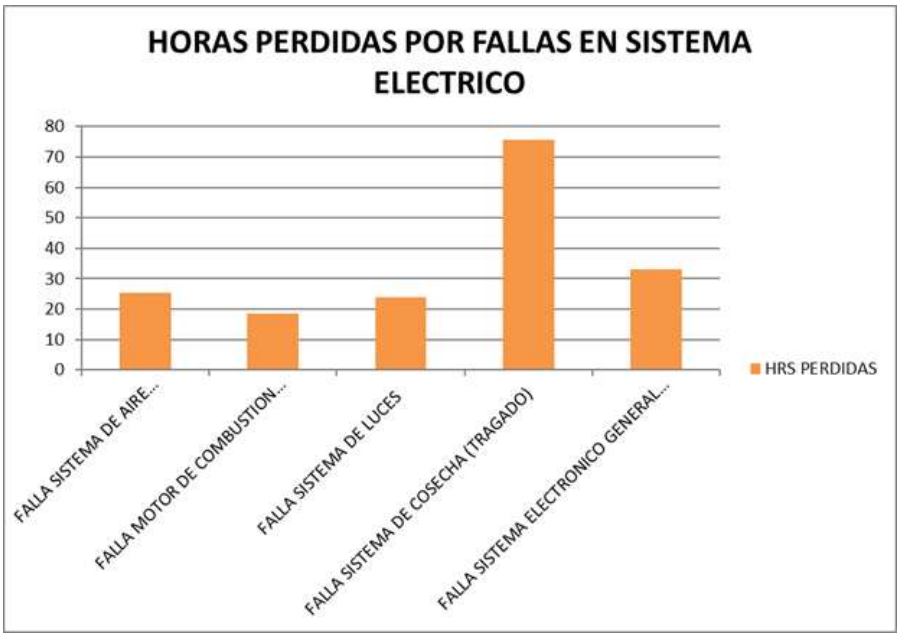


Gráfico 3: horas perdidas por fallas sistema eléctrico

(OK): la cosechadora laboro sin ningún inconveniente desde 14 horas en adelante.

(-): la cosechadora presento una falla en otro sistema.

(H1, H2, H3, H4, H5, H6): código de falla (tabla 2)

FALLAS SISTEMA HIDRAULICAS																															
ALCE	MAQUINAS	01/09/2019	02/09/2019	03/09/2019	04/09/2019	05/09/2019	06/09/2019	07/09/2019	08/09/2019	09/09/2019	10/09/2019	11/09/2019	12/09/2019	13/09/2019	14/09/2019	15/09/2019	16/09/2019	17/09/2019	18/09/2019	19/09/2019	20/09/2019	21/09/2019	22/09/2019	23/09/2019	24/09/2019	25/09/2019	26/09/2019	27/09/2019	28/09/2019	29/09/2019	30/09/2019
A1	MAQUINA 1	OK	OK	OK	OK	OK	OK	H1	-	H5	-	H3	H5	-	-	OK	H5	H5	H3	H4	H5	-	OK	-	H5	-	-	H4	OK	H5	OK
	MAQUINA 2	OK	OK	OK	OK	-	H5	-	OK	OK	OK	H6	-	OK	OK	OK	OK	H6	H4	-	-	OK	OK	H4	OK	OK	OK	-	-	-	OK
	MAQUINA 3	H6	H6	H6	H6	H6	H4	-	OK	OK	OK	OK	H2	OK	OK	-	OK	OK	-	-	OK	-	-	-	-	OK	H5	OK	OK	OK	H5
A3	MAQUINA 4	OK	H1	H5	-	-	H6	H5	OK	H5	-	H3	-	-	OK	OK	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	H5	H1	-	H4
	MAQUINA 5	OK	OK	-	-	OK	OK	-	OK	H5	OK	H5	-	OK	-	-	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	E5	OK	H3	H3	OK	-
	MAQUINA 6	H5	H5	H5	H5	H6	OK	OK	-	OK	OK	-	OK	-	-	OK	OK	OK	OK	H5	OK	OK	H2	OK	-	OK	H5	OK	OK	OK	-
A5	MAQUINA 7	H3	OK	-	-	OK	H3	-	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	H5	-	OK	-	OK	H4	-	OK	OK	-	OK	-	-	-	OK	-
	MAQUINA 8	OK	H2	OK	OK	-	-	OK	OK	OK	OK	-	-	-	-	OK	OK	OK	-	H5	H5	OK	OK	-	OK	OK	OK	OK	E5	OK	E5
	MAQUINA 9	-	H5	OK	-	-	OK	OK	OK	-	OK	OK	OK	OK	OK	OK	-	OK	OK	OK	-	OK	H3	H1	OK	-	OK	-	-	H2	H4
A14	MAQUINA 10	OK	OK	OK	OK	OK	-	OK	OK	OK	H3	OK	OK	OK	OK	-	H5	-	OK	-	OK	OK	OK	H6	-	OK	H4	H2	OK	-	-
	MAQUINA 11	OK	H5	-	-	OK	OK	-	H4	-	OK	H5	-	OK	-	OK	OK	OK	OK	-	OK	OK	-	H5	-	-	OK	OK	H4	OK	-
	MAQUINA 12	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	H5	-	OK	OK	H3	OK	-	OK	OK	-	OK	OK	OK	OK	OK	-	OK

Tabla 8: códigos de fallas sistema hidráulico

Cada uno de los códigos de fallas por sistema hidráulico genera una perdida en horas, las cuales se verán reflejadas en la tabla 9.

FALLAS SISTEMA HIDRAULICAS HORAS																															
ALCE	MAQUINAS	01/09/2019	02/09/2019	03/09/2019	04/09/2019	05/09/2019	06/09/2019	07/09/2019	08/09/2019	09/09/2019	10/09/2019	11/09/2019	12/09/2019	13/09/2019	14/09/2019	15/09/2019	16/09/2019	17/09/2019	18/09/2019	19/09/2019	20/09/2019	21/09/2019	22/09/2019	23/09/2019	24/09/2019	25/09/2019	26/09/2019	27/09/2019	28/09/2019	29/09/2019	30/09/2019
A1	MAQUINA 1							6		3		2	7				4	2	3	7	2				6			1		7	
	MAQUINA 2						1					10,5						5	1					3							
	MAQUINA 3	14	14	14	14	4	3						6														1				3
A3	MAQUINA 4		5	7			10	3		3		4																3	6		5
	MAQUINA 5									3		2														3		2	2		
	MAQUINA 6	4	1	1	2	8														3			5				2				
A5	MAQUINA 7	4					7									6					6										
	MAQUINA 8		6																	1	1								2		1
	MAQUINA 9		3																				4	7						10	4
A14	MAQUINA 10										2						3							5			4	10,5			
	MAQUINA 11		3						14			6,5												3					7		
	MAQUINA 12														3				2												

Tabla 9: cantidad de horas perdidas por códigos de fallas en sistema hidráulico

Gráfico 4: horas perdidas por fallas sistema Hidráulico

(OK): la cosechadora laboro sin ningún inconveniente desde 14 horas en adelante.

(-): la cosechadora presento una falla en otro sistema.

(M1, M2, M3, M4, M5, M6, M7, M8, M9): código de falla (tabla 3)

FALLAS SISTEMA MECANICO																															
ALCE	MAQUINAS	01/09/2019	02/09/2019	03/09/2019	04/09/2019	05/09/2019	06/09/2019	07/09/2019	08/09/2019	09/09/2019	10/09/2019	11/09/2019	12/09/2019	13/09/2019	14/09/2019	15/09/2019	16/09/2019	17/09/2019	18/09/2019	19/09/2019	20/09/2019	21/09/2019	22/09/2019	23/09/2019	24/09/2019	25/09/2019	26/09/2019	27/09/2019	28/09/2019	29/09/2019	30/09/2019
A1	MAQUINA 1	OK	OK	OK	OK	OK	OK	-	-	-	M1	-	-	-	M1	OK	-	-	-	-	-	M2	OK	M3	-	-	-	-	OK	-	OK
	MAQUINA 2	OK	OK	OK	OK	M4	-	-	OK	OK	OK	-	M1	OK	OK	OK	OK	-	-	-	-	OK	OK	-	OK	OK	OK	M1	-	-	OK
	MAQUINA 3	-	-	-	-	-	M3	-	OK	OK	OK	OK	-	OK	OK	M5	OK	OK	-	-	OK	M6	M3	-	-	OK	-	OK	OK	OK	-
A3	MAQUINA 4	OK	-	-	M9	-	-	-	OK	-	-	-	-	M1	OK	OK	M8	M7	M7	M7	M7	M7	M7	M7	M7	M7	OK	-	-	M8	-
	MAQUINA 5	OK	OK	M3	-	OK	OK	-	OK	-	OK	-	-	OK	-	M9	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	-	OK	-	-	OK	M4
	MAQUINA 6	-	-	-	-	-	OK	OK	M6	OK	OK	-	OK	-	-	OK	OK	OK	OK	-	OK	OK	-	OK	M1	OK	-	OK	OK	OK	M6
A5	MAQUINA 7	-	OK	M9	-	OK	-	M6	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	-	M8	OK	M3	OK	-	-	OK	OK	M6	OK	M6	M9	M9	OK	-
	MAQUINA 8	OK	-	OK	OK	-	-	OK	OK	OK	OK	M8	M8	M8	M8	OK	OK	OK	-	-	-	OK	OK	-	OK	OK	OK	OK		OK	
	MAQUINA 9	-	-	OK	M1	-	OK	OK	OK	M9	OK	OK	OK	OK	OK	OK	-	OK	OK	OK	-	OK	-	-	OK	M5	OK	M8	-	-	-
A14	MAQUINA 10	OK	OK	OK	OK	OK	M1	OK	OK	OK	-	OK	OK	OK	OK	-	-	M5	OK	-	OK	OK	OK	-	M3	OK	-	-	OK	M3	-
	MAQUINA 11	OK	-	M3	M6	OK	OK	-	-	M4	OK	-	-	OK	-	OK	OK	OK	OK	M2	OK	OK	M6	-	-	-	OK	OK	-	OK	M8
	MAQUINA 12	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	-	-	OK	OK	-	OK	M6	OK	OK	-	OK	OK	OK	OK	OK	M3	OK

Tabla 10: códigos de fallas sistema mecánico

Cada uno de los códigos de fallas por sistema mecánico genera una perdida en horas, las cuales se verán reflejadas en la tabla 11.

FALLAS SISTEMA HIDRAULICAS																															
ALCE	MAQUINAS	01/09/2019	02/09/2019	03/09/2019	04/09/2019	05/09/2019	06/09/2019	07/09/2019	08/09/2019	09/09/2019	10/09/2019	11/09/2019	12/09/2019	13/09/2019	14/09/2019	15/09/2019	16/09/2019	17/09/2019	18/09/2019	19/09/2019	20/09/2019	21/09/2019	22/09/2019	23/09/2019	24/09/2019	25/09/2019	26/09/2019	27/09/2019	28/09/2019	29/09/2019	30/09/2019
A1	MAQUINA 1										8				3							3		3							
	MAQUINA 2					5							5															6			
	MAQUINA 3						4									4						5	6								
A3	MAQUINA 4				##									7			##	14	14	14	14	14	14	14	14	14			12		
	MAQUINA 5			7												14															7
	MAQUINA 6								11																8						7
A5	MAQUINA 7			13				14									12		6						10		11	14	14		
	MAQUINA 8											14	14	14	14																
	MAQUINA 9				5					7																7		9			
A14	MAQUINA 10						7											2							4					2	
	MAQUINA 11			4	3					7										4			4								6
	MAQUINA 12																				9									2	

Tabla 11: cantidad de horas perdidas por códigos de fallas en sistema mecánico

Gráfico 5: horas perdidas por fallas sistema Mecánico

En cuanto a los costos que están generando las horas perdidas por las fallas en los equipos, a continuación, se muestran las cosechadoras con la sumatoria de horas perdidas por código de falla en el mes y su respectivo valor.

1. Para obtener esta información primero se consultó el programa que utiliza la empresa conocido como (BIOSALC, s.f.) para conocer el promedio las toneladas que corta una cosechadora por hora:

(ID:1566) Seguimiento diario hora a hora

FILTRO -> Planta='AI01'

Alce	Prog.Ton/dia	Prog.HoraAct	Peso Neto
Planta : AI01 -			
IC Man.Campo	0	0	20.390
IC Mec.01	1.500	750	1.043.810
IC Mec.03	1.200	600	868.580
IC Mec.04	900	450	418.755
IC Mec.06	1.000	500	401.825
IC Mec.07	1.500	750	614.575
IC Mec.09	1.800	900	1.161.670
IC Mec.10	800	400	362.520
IC Mec.12	1.800	900	1.012.925
IC Mec.14	1.200	600	622.185
Total por Planta .	11.700	5.850	6.527.235

Ilustración 1 Programacion tonelada por alce

Se toma la sumatoria de toneladas de los alces a los cuales se está haciendo seguimiento y se divide entre el total de cosechadoras (12) y luego se divide en el número de horas que debe laborar por día.

ALCES	TON/DIA
A1	1500
A3	1200
A6	1000
A14	1200
=	4900
MAQUINAS EN TOTAL	**12**
=	408,3
HORAS LABORADAS *DIA	**14**
TONELADA/HORA	**29**

Se obtiene como resultado que las cosechadoras cortan en promedio 29 toneladas por hora.

2. Luego se investigó el balance azucarero colombiano 2019 en el mes de septiembre, con el fin de obtener el porcentaje de toneladas de caña cortada que se convierten en azúcar. (FEPA, 2020)

DATOS IMPORTATES		
	CAÑA (t 1/)	AZÚCAR (t 1/)
MES	Caña Molida 2/	Producción total
Septiembre	2.311.637	235.866
	100%	2.311.637
	10%	235.866

Con base en los datos recolectados se logró establecer que el promedio de porcentaje de toneladas cortadas en el mes de septiembre de 2019 que se convierte en azúcar es del 10%.

3. Para conocer el costo de una tonelada de azúcar, se tomó como referencia el costo de un kilo de azúcar y se multiplico por mil kilos, los cuales equivalen a una tonelada.

COSTO KG	TONELADA
$ 3.200	$ 3.200.000

Datos de la tabla:

- HRS PERDIDAS: sumatoria tabla 7, tabla 9 y tabla 11.
- TONELADAS NO CORTADAS/HORA: multiplicación de las horas perdidas por el promedio de 29 toneladas por hora que corta una cosechadora
- TONELADAS DEJADAS DE CONVERTIR EN AZÚCAR: Toneladas no cortadas por hora multiplicadas por el 10%
- COSTO PERDIDO POR TONELADA DE AZÚCAR: total de toneladas dejadas de convertir en azúcar por el costo de una tonelada de azúcar ($3.200.000)

CODIGO	FALLAS ELECTRICAS	HRS PERDIDAS	TONELADAS NO CORTADAS/HORA	TONELADAS DEJADAS DE CONVERTIR EN AZÚCAR	COSTO PERDIDO X TON AZUCAR
E1	FALLA SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO	25,5	743,8	75,9	$ 242.840.984
E2	FALLA MOTOR DE COMBUSTION INTERNA	18,5	539,6	55,1	$ 176.178.753
E3	FALLA SISTEMA DE LUCES	24	700,0	71,4	$ 228.556.220
E4	FALLA SISTEMA DE COSECHA (TRAGADO)	75,5	2202,1	224,7	$ 718.999.776
E5	FALLA SISTEMA ELECTRONICO GENERAL (BOBINAS)	33	962,5	98,2	$ 314.264.803

Tabla 12: Costos perdidos por hora por fallas eléctricas

CODIGO	FALLA HIDRAULICA	HRS PERDIDAS	TONELADAS NO CORTADAS/HORA	TONELADAS NO CONVERTIDAS EN AZUCACR	COSTO PERDIDO X TON AZUCAR
H1	FALLA MOTOR EXTRACTOR PRIMARIO	18,5	539,6	55,1	$ 176.178.753
H2	FALLA MOTOR DE MARCHA	37,0	1079,2	110,1	$ 352.357.506
H3	FALLA MOTOR CHARLIYN	21	612,5	62,5	$ 199.986.693
H4	FALLA CILINDRO HIDRAULICO	55	1604,2	163,7	$ 523.774.672
H5	FALLA MANGUERAS HIDRAULICAS	89	2595,8	264,9	$ 847.562.650
H6	FALLA BOMBAS HIDRAULICAS	80,0	2333,3	238,1	$ 761.854.068

Tabla 13: Costos perdidos por hora por fallas hidráulicas

CODIGO	FALLA HIDRAULICA	HRS PERDIDAS	TONELADAS NO CORTADAS/HORA	TONELADAS NO CONVERTIDAS EN AZUCACR	COSTO PERDIDO X TON AZUCAR
M1	FALLA SISTEMA DIVISOR	41,5	1210,4	123,5	$ 395.211.798
M2	FALLA SISTEMA DESCOGOLLADOR	7	204,2	20,8	$ 66.662.231
M3	FALLA SISTEMA ROLOS	37,5	1093,8	111,6	$ 357.119.094
M4	FALLA SISTEMA ESTRACTOR PRIMARIO	17,5	510,4	52,1	$ 166.655.577
M5	FALLA SISTEMA EXTRACTOR SECUNDARIO	13	379,2	38,7	$ 123.801.286
M6	FALLA SISTEMA ELEVADOR	62,5	1822,9	186,0	$ 595.198.490
M7	FALLA SISTEMA TREN DE RODAJE	126	3675,0	375,0	$ 1.199.920.157
M8	FALLA SISTEMA CAJA DE PICADOR	94,5	2756,3	281,2	$ 899.940.118
M9	FALLA SISTEMA CAJA DE BASE	75,5	2202,1	224,7	$ 718.999.776

Tabla 14: Costos perdidos por hora por fallas mecánicas

A continuación, encontraremos una tabla para un análisis ABC 80/20 donde se analizan los datos recopilados de las fallas que se presentaron en las cosechadoras de caña en el mes de septiembre del año 2019, para esto se utilizó una muestra de cuatro alces, el cual está compuesto cada uno por tres máquinas para un total de 12 cosechadoras de caña, con las cuales se realizó el análisis.

El ABC nos da paso a identificar las fallas que más se presentan en las cosechadoras de caña, teniendo en cuenta que se evalúan los tres sistemas más importantes en el equipo: mecánico, eléctrico e hidráulico.

Datos de la tabla:

- HRS PERDIDAS: sumatoria tabla 7, tabla 9 y tabla 11.
- TONELADAS NO CORTADAS/HORA: multiplicación de las horas perdidas por el promedio de 29 toneladas por hora que corta una cosechadora
- TONELADAS DEJADAS DE CONVERTIR EN AZÚCAR: Toneladas no cortadas por hora multiplicadas por el 10%
- COSTO PERDIDO POR TONELADA DE AZÚCAR: total de toneladas dejadas de convertir en azúcar por el costo de una tonelada de azúcar ($3.200.000)
- COSTO ACUMULADO: es la suma de los todos los costos, los cuales están ordenados de mayor a menor valor.
- % COSTO ACUMULADO: es la suma del porcentaje del costo acumulado uno tras otro.
- ZONA: (A, B, C) se encuentra establecida por parámetros:

  A (0-80%), B (80%-95%), C (95%-100%)
- (%): es la representación en porcentaje de cada zona.

CÓDIGO DE FALLA	HRS PERDIDAS	TONELADAS NO CORTADAS (HRS PERDIDAS*29,17 TON)	TONELADAS QUE SE DAJARON DE CONVERTIR EN AZUCAR (TON NO CORTADAS * 10%)	COSTO DE AZUCAR NO PRODUCIDO (TON QUE SE DEJARON DE CONVERTIR EN ZUCAR * COSTO DE AZUCAR POR TON)	COSTO ACUMULADO	% COSTO ACUMULADO	ZONA	%
M7	126	3675	374,98	$ 1.199.920.157	$ 1.199.920.157	13%	A	77,4%
M8	94,5	2756	281,23	$ 899.940.118	$ 2.099.860.274	23%	A	
H5	89	2596	264,86	$ 847.562.650	$ 2.947.422.925	33%	A	
H6	80,0	2333	238,08	$ 761.854.068	$ 3.709.276.993	41%	A	
E4	75,5	2202	224,69	$ 718.999.776	$ 4.428.276.769	49%	A	
M9	75,5	2202	224,69	$ 718.999.776	$ 5.147.276.546	57%	A	
M6	62,5	1823	186,00	$ 595.198.490	$ 5.742.475.036	63%	A	
H4	55	1604	163,68	$ 523.774.672	$ 6.266.249.708	69%	A	
M1	41,5	1210	123,50	$ 395.211.798	$ 6.661.461.505	73%	A	
M3	37,5	1094	111,60	$ 357.119.094	$ 7.018.580.600	77%	A	
H2	37,0	1079	110,11	$ 352.357.506	$ 7.370.938.106	81%	B	16,7%
E5	33	963	98,21	$ 314.264.803	$ 7.685.202.909	85%	B	
E1	25,5	744	75,89	$ 242.840.984	$ 7.928.043.893	87%	B	
E3	24	700	71,42	$ 228.556.220	$ 8.156.600.113	90%	B	
H3	21	613	62,50	$ 199.986.693	$ 8.356.586.806	92%	B	
E2	18,5	540	55,06	$ 176.178.753	$ 8.532.765.559	94%	B	
H1	18,5	540	55,06	$ 176.178.753	$ 8.708.944.312	96%	C	5,9%
M4	17,5	510	52,08	$ 166.655.577	$ 8.875.599.890	98%	C	
M5	13	379	38,69	$ 123.801.286	$ 8.999.401.176	99%	C	
M2	7	204	20,83	$ 66.662.231	$ 9.066.063.407	100%	C	
				$ 9.066.063.407				100%

Tabla 15: Análisis ABC

	ZONA	# DE FALLAS	% FALLAS	% ACUMULADO	% COSTO	% COSTO ACUMULADO
0 - 80%	A	10	50%	50%	77,4%	77,4%
80% - 95%	B	6	30%	80%	16,7%	94,1%
95% - 100%	C	4	20%	100%	5,9%	100%
	TOTAL	20	100%		100%	

Tabla 16: resumen análisis ABC

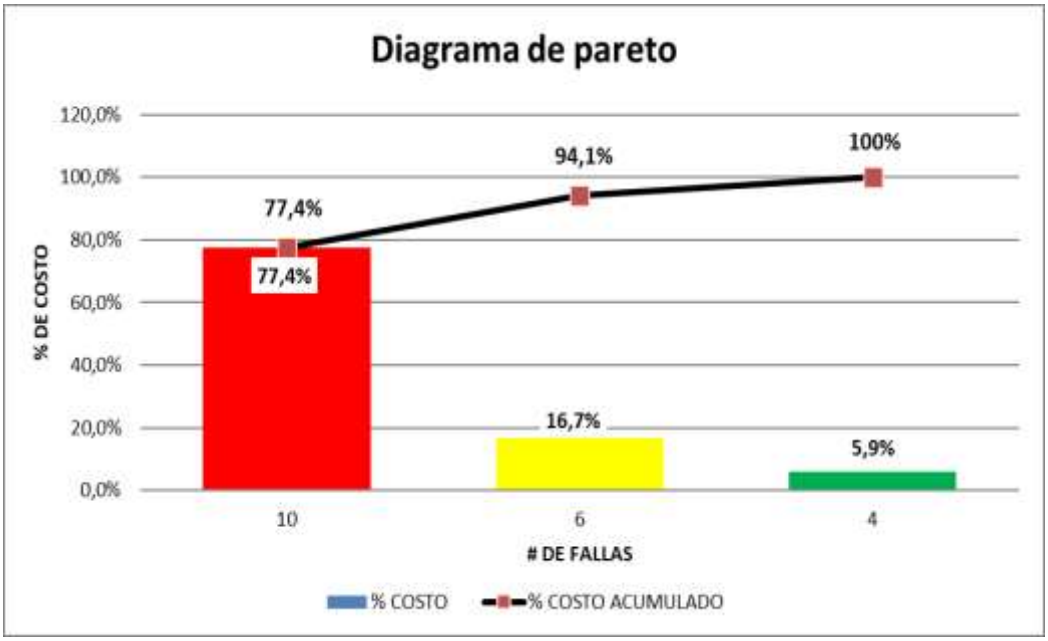


Gráfico 6: Diagrama de análisis ABC

Partiendo del total de los costos de tiempos perdidos se identificaron los eventos que se presentaron durante el mes con su respectivo costo, a continuación, determinaremos el beneficio que nos puede traer la realización del diseño de plan de mantenimiento de las cosechadoras de caña que generaron mayor tiempo perdido durante el mes de septiembre de 2019.

El análisis ABC se realiza con la finalidad de identificar que fallas son las responsables del mayor porcentaje del costo, por lo cual se le debe de dar un mayor seguimiento y control porque son en estas fallas donde se hace un mayor gasto económico.

Con base en el análisis se debe establecer un plan de mantenimiento principalmente para la zona A, la cual representa 10 fallas con un porcentaje del 77,4 % del costo total. Por ejemplo, la falla M7 (falla de sistema de tren de rodaje) la cual me genero 126 horas perdidas las cuales representan que la cosechadora 115434 dejo de cosechar 3675 toneladas de caña de azúcar, le generan una perdida a la empresa de ($ 1.199.920.157), por lo tanto, es importante realizar un plan preventivo

en las demás cosechadoras analizando el sistema de tren de rodaje y todos sus componentes, revisando los desgastes que presentan en cada cosechadora. Con base en lo anterior se desarrollará un plan de mantenimiento preventivo para el sistema de tren de rodaje de las cosechadoras, el cual se observará en el ítem RESULTADOS del presente proyecto.

4 JUSTIFICACIÓN

Debido a que esta problemática identificada conlleva a que se genere en la empresa grandes gastos económicos relacionados con el tiempo que la máquina deja de cosechar y el costo que esto representa, se pretende hacer un correcto estudio de los informes para identificar los problemas repetitivos de la maquinaria de cosechadoras dentro de la empresa, para así generar un formato que contribuya con esta identificación y con la generación de un plan de mantenimiento preventivo efectivo para cada uno de los equipos. En efecto, se logrará una mejor disponibilidad de los equipos, los cuales permitirán cumplir con la cuota diaria de toneladas que se requieren en la empresa y que ayudaran a reducir costos de operación, por otro lado, también ayuda a identificar los componentes que tienen un alto porcentaje de desgaste y que deben ser sustituidos para alargar la vida útil de los demás componentes.

5 OBJETIVOS

5.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar un plan de mantenimiento preventivo para el tren de rodaje de cosechadoras de caña de azúcar para mejorar el proceso productivo dentro de la empresa.

5.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Recolectar información de horómetros de las cosechadoras de caña y de las fallas que se presentan según el sistema hidráulico, sistema eléctrico y sistema mecánico.
- Identificar las fallas que más se repiten por equipo y el tiempo que se demoran en ser habilitados.
- Establecer un análisis para así realizar las recomendaciones adecuadas y poder llevar a cabo un adecuado diseño de mantenimiento preventivo para el sistema de tren de rodaje de las cosechadoras de caña de la empresa.

6 SISTEMATIZACIÓN

¿Cómo recolectar los datos requeridos para identificar los eventos que se presentan en las cosechadoras de acuerdo al sistema que este fallando?

¿Qué medio se podrá utilizar para la identificación de las fallas que más pérdida de tiempo generan?

¿Cuál es el beneficio del diseño de un plan de mantenimiento preventivo para la toma de decisiones en cosechadoras de caña?

7 MARCO TEORICO

7.1 DIAGRAMA DE PARETO

El diagrama de Pareto es una comparación ordenada de factores relativos a un problema. Esta comparación nos permite identificar y enfocar los pocos factores vitales diferenciándolos de los muchos factores útiles. Esta herramienta es especialmente valiosa en la asignación de prioridades a los problemas de calidad, en el diagnóstico de causas y en la solución del mismo, el diagrama de Pareto se puede elaborar de la siguiente manera:

1. Cuantificar los factores del problema y sumar los efectos parciales hallando el total.
2. Reordenar los elementos de mayor a menor.
3. Determinar el porcentaje acumulado del total para cada elemento de la lista ordenada.
4. Trazar y rotular el eje vertical izquierdo (unidades)
5. Trazar y rotular el eje horizontal (elementos)
6. Trazar y rotular el eje vertical derecho (porcentajes)
7. Dibujar las barras correspondientes a cada elemento
8. Trazar un gráfico lineal representando el porcentaje acumulado. (Stachú, 2009)

En el método ABC se presenta la regla 80/20, también conocida como ley del menos significativo, que presenta una correspondencia entre el 20% de artículos con valor del 80% del inventario y el 80% de artículos con valor del 20%, siendo útil para la operación del inventario y la respectiva toma de decisiones. En el método ABC se establecen tres categorías que clasifican los productos según sus prioridades, estableciéndose los Artículos A (mayor importancia), los B (importancia secundaria) y C (poca importancia). Sin embargo, lo más relevante de la clasificación es la identificación de los artículos de mayor importancia y los artículos de poca importancia en

los extremos de las categorías, por lo cual, el número de clases es variable, así como el porcentaje de artículos en cada una de ellas. (Macías Acosta, León Resendiz, & Limón Lozano, 2019)

Zonas o tipos en la clasificación ABC

Así pues, con base en todo lo dicho, detallemos las siguientes etiquetas para inventarios con base en su clasificación:

- **Zona A: Los más importantes**. Están ahí por su costo elevado, nivel de utilización o gran aporte a las utilidades, en otras palabras, son los artículos de mayor valor. Suele representar el 15% de todas las unidades, aunque su valor generalmente oscila entre el 70 y 80% del valor total del inventario. Reciben mayor atención que los inventarios físicos de otras zonas, como negociaciones para tener suministro constante, pronósticos de demanda más exactos, revisiones frecuentes, ubicaciones cercanas, mejores condiciones de almacenamiento, etc.
- **Zona B: Con importancia secundaria**. Son artículos de valor intermedio. Suelen ser entre el 20 y 30% y su valor se ubica entre 15 y 25% del valor total. No tienen las mismas condiciones que el inventario de Zona A, sin embargo, se controlan sus existencias y los costos en sus faltantes. Son objeto de revisión para decidir si ascienden a la zona A o descienden a la C.
- **Zona C: Poco importantes**. Representan la mayoría de volumen de inventario, pero son los artículos de menor valor. Requieren de poca supervisión. (empresa Diego Betancourt, ingenio, 2017)

7.2 LOGÍSTICA DE COSECHA: La cosecha es la etapa del proceso productivo de azúcar o alcohol que abastece de caña a los ingenios azucareros, desde el momento de la programación del corte hasta la entrega en los patios del ingenio con las características de calidad acordadas. En esta

parte el proveedor interno directo es el campo en cualquiera de sus modalidades de trabajo: proveedores de caña, caña propia o caña en participación, y la fábrica es el cliente interno directo. Los ingenios azucareros en Colombia trabajan las veinticuatro horas y se abastecen de caña de diferentes sitios ubicados en el campo (sitio donde se recolecta la caña) a distancias que varían entre dos y cien kilómetros de la fábrica (sitio donde se procesa la caña). Antes de la recolección la caña puede ser cosechada de dos formas: corte manual, el cual es realizado por un trabajador (cortero) que con la ayuda de un machete corta los tallos de caña a ras de suelo, los descogolla (corte de la parte superior de la caña) y los acomoda en forma de esterilla a lo largo de los surcos; o corte mecanizado, para el cual se utiliza una máquina especializada (cosechadora) que penetra entre los surcos, corta la caña en trozos y los deposita directamente en los vagones. El transporte de caña se realiza con trenes, compuestos por un vehículo (tractor tractomula) que hala vagones de diferentes tipos. Cada día, de acuerdo con las distancias y la cantidad de caña a transportar, se asigna una cantidad de trenes a los frentes de cosecha o grupo de máquinas y personal ubicados en el sitio donde se realiza el cargue de caña. Después de que la caña llega a la fábrica los vagones de cada tren son descargados y regresan al campo, donde son cargados nuevamente. La gestión de la logística de cosecha es un proceso clave que contribuye en la generación de valor económico, tanto para los cultivadores como para los productores de azúcar y alcohol. (Caicedo)

7.3 MARCO CONTEXTUAL

La empresa se dedica al corte mecanizado de caña de azúcar para la elaboración de azúcar blanco, extrafino/refinado, morena, entre otras. Adicional a esto la empresa produce alcohol carburante, energía eléctrica y compost (elaboración de abono orgánico).

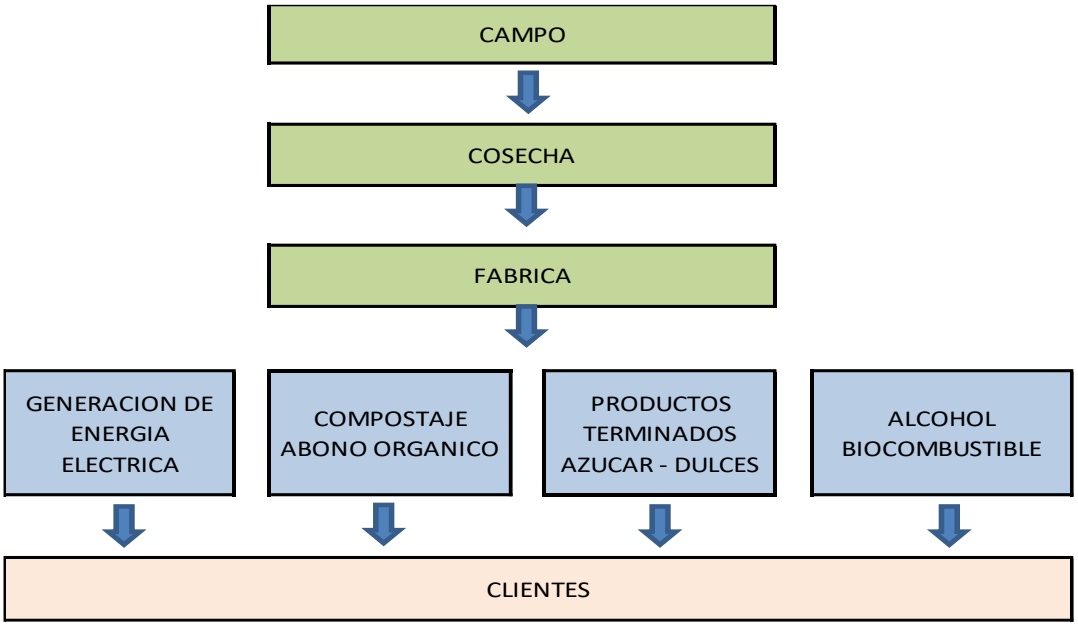


Gráfico 7: Estructura de procesos

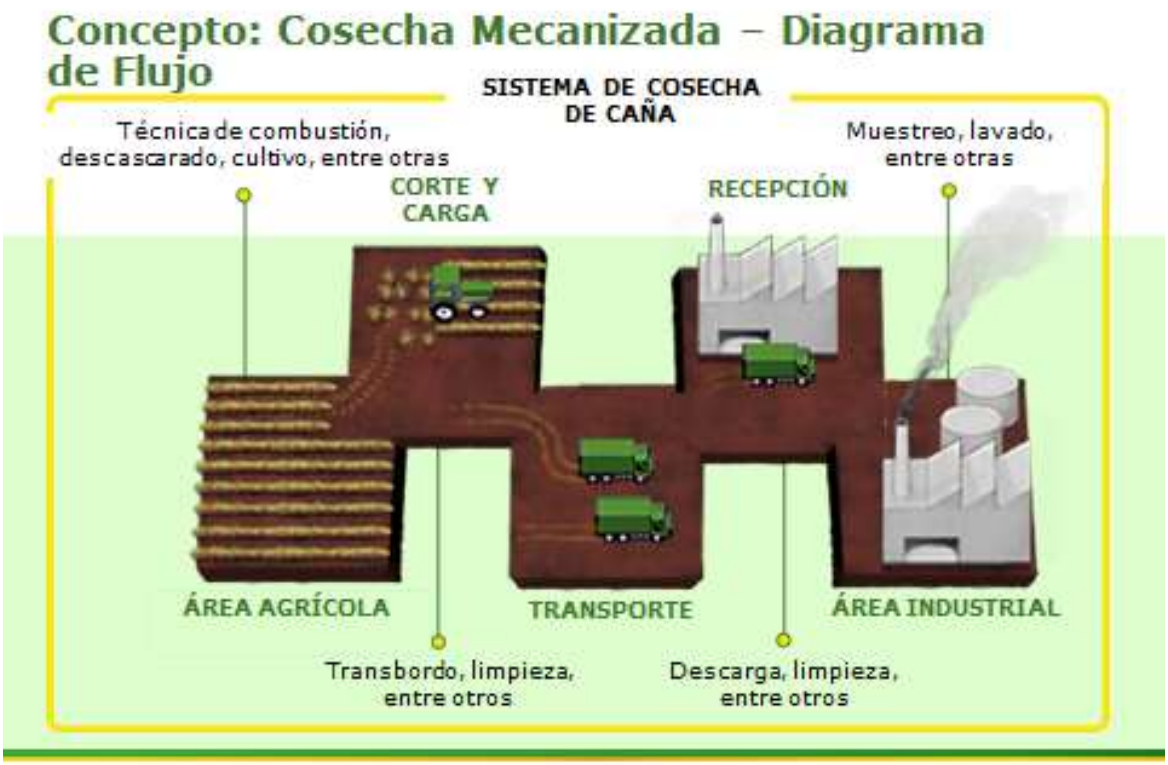


Ilustración 2Concepto de cosecha mecanizada

TALLER AGRICOLA

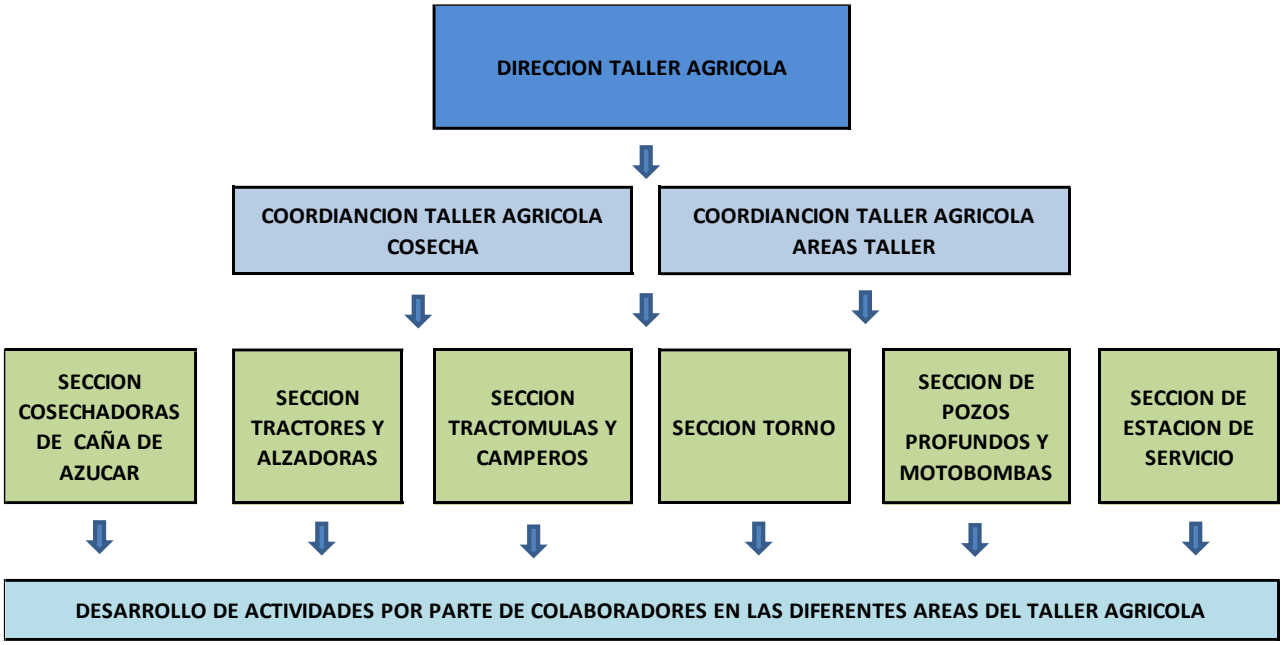


Gráfico 8: Estructura de proceso de taller agrícola

La empresa actualmente se cuenta con 10 frentes de corte de caña, cada frente cuenta con 3 cosechadoras. Para el presente proyecto se analizaron 4 alces.

DATOS DE LOS EQUIPOS ACTUALES EN EL INGENIO CON SU RESPECTIVA ASIGNACIÓN.

ALCES	NÚMERO DE EQUIPO	REFERENCIA DE EQUIPO
ALCE 1	MAQUINA 1	JD CH570
	MAQUINA 2	JD 3520
	MAQUINA 3	JD CH570
ALCE 3	MAQUINA 4	JD 3520
	MAQUINA 5	JD CH570
	MAQUINA 6	JD CH570

ALCE 6	MAQUINA 7	JD CH570
	MAQUINA 8	JD CH570
	MAQUINA 9	JD CH570
ALCE 14	MAQUINA 10	JD CH570
	MAQUINA 11	JD CH570
	MAQUINA 12	JD CH570

Tabla 17: Alces con sus respectivas cosechadoras asignadas

- **COLUMNA 1:**

Se identifica los números de alces de caña mecanizada en el ingenio. Cada alce tiene asignación de tres (3) cosechadoras

ALCE O FRENTE: Selección de maquinaria que comprende cosechadoras de caña, tractores, vagones, tracto mulas y personal. El alce debe cumplir con una cuota de entrada de caña establecida por el departamento de cosecha, donde se debe tener en cuenta la distancia alce – ingenio.

- **COLUMNA 2:**

Numero de cosechadora activo fijo asignado por la empresa para identificación.

COSECHADORA DE CAÑA: Equipo diseñado para realizar el corte de caña mecanizada el cual lo comprende componentes mecánicos, hidráulicos y electrónicos.

- **COLUMNA 3:**

Referencia de cada equipo con su respectiva marca.

✓ Cosechadora JOHN DEERE 3520: cosechadoras de línea verde con referencia del año 2014.

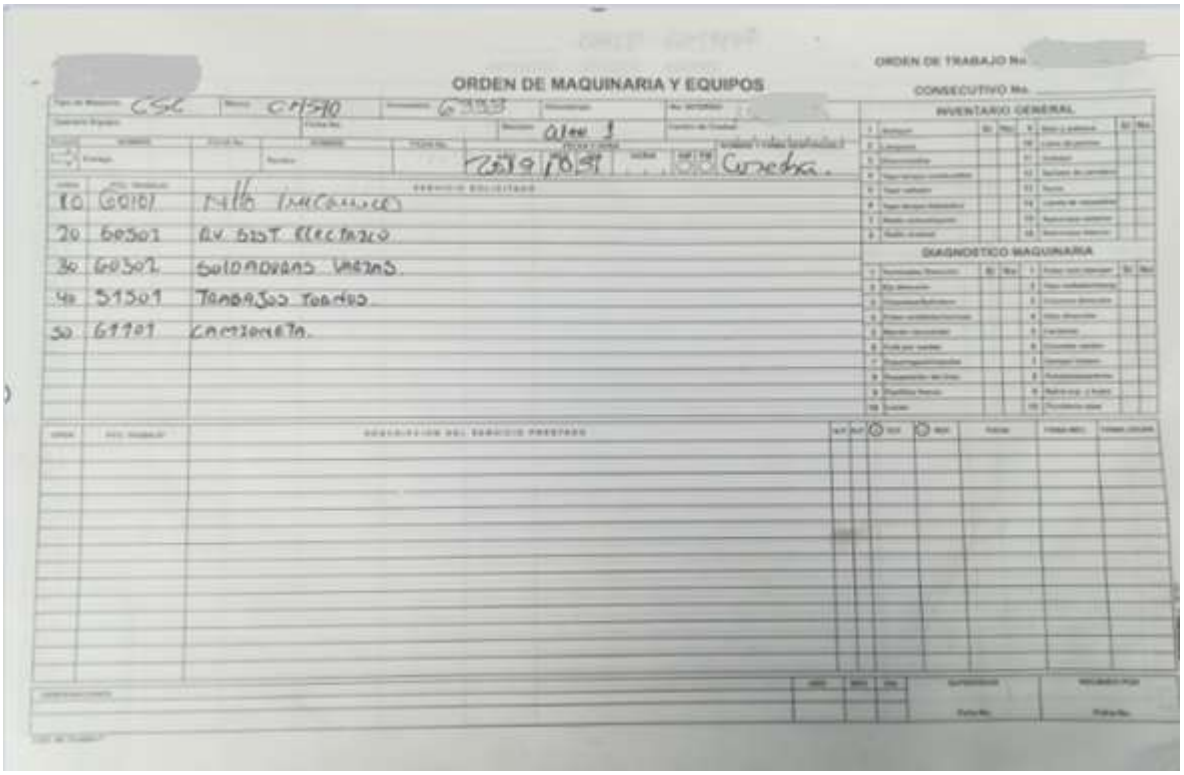
- ✓ Cosechadora JOHN DEERE CH570: cosechadora de línea verde con referencia del año 2017, 2018 y 2019.
- ✓ Cosechadora CASE 8800: cosechadora de marca CASE línea ROJA con referencia del año 2014.
- ✓ Cosechadora CASE 8810: cosechadora de marca CASE línea ROJA con referencia del año 2018 y 2019.

INICIO JORNADA

Siempre al inicio de una jornada se realiza un reporte de equipos que se encuentran inhabilitados para laborar por algún problema en uno de sus sistemas tales como sistema eléctrico, mecánico o hidráulico. El reporte se hace de forma general incluyendo todos los equipos de un alce (vagones, tractores, alzadoras y cosechadoras)

Después del reporte cada uno de los supervisores de cada área procede a realizar la gestión de los repuestos o servicios para dejar lo más pronto posible habilitada la maquinaria en campo.

Se ha estimado que la duración del procedimiento en el área de cosechadoras, es de aproximadamente dos horas, sin tener en cuenta el tiempo que se toma el técnico de campo para lograr habilitar el equipo.



ORDEN DE MAQUINARIA Y EQUIPOS

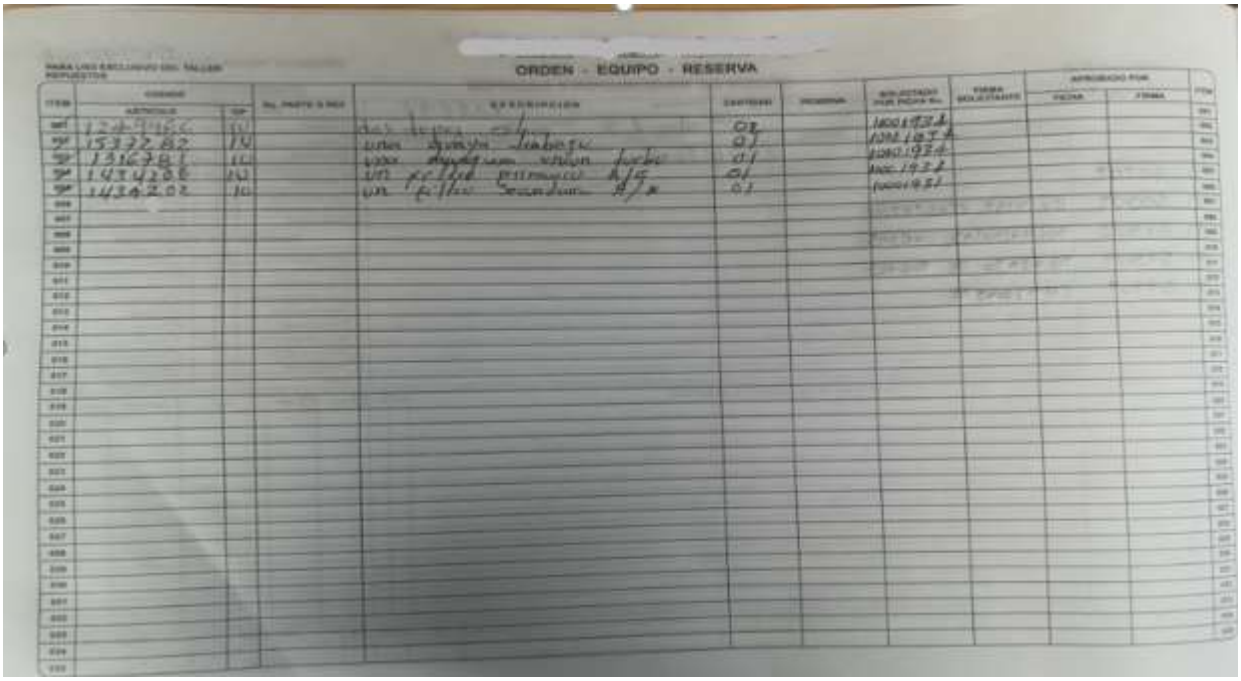
ORDEN DE TRABAJO No.

CONSECUTIVO No.

INVENTARIO GENERAL

DIAGNOSTICO MAQUINARIA

Ilustración 3 Orden de maquinaria y equipo



ORDEN - EQUIPO - RESERVA

Ilustración 4 Orden, equipo, reserva

RESERVA DE MATERIAL
No

Imp: 05.11.2019 14:03:34

Centro: 2000
Equipo: COSECHADORA CAÑA J.D CH570 C/DESPUNTADOR
Ubicación: 3-01-01-4-0005-02-10-5111 COSECHADORAS DE CAÑA ALCE 14
Centro Costo: COSECHADORAS DE CAÑA
Grupo Planif.: M06
Detalle orden: CMB GUAYA TRABAJO 1532 HR

Fecha: 31.10.2019
Orden:
Clase : PMM1
Usuario:
Clase Movto: 261

OP	MATERIAL	DENOMINACION	UBICACION ALEBLOQUE	UND	ALMACEN	FECHA SLA-BORACION	CANTIDAD PEDIDA	CANTIDAD ENTREGADA	CANTIDAD PENDI.	SOLICITANTE
10	1249996	TOPES ESTERA B10384900 3510 J.D	013712094	PZA		05.11.2019	2.00		2.00	10001934
10	1537262	GUAYA TRABAJO C801467761 CH570 JD		PZA		05.11.2019	1.00		1.00	
10	1316781	MANGUERA UNION TURBO R226646 3520	012204034	PZA		05.11.2019	1.00		1.00	

Este documento NO ES VALIDO para la ENTREGA de mercancía

VISTO BUENO SUPERVISOR

RECIBIDO POR

AUTORIZACION RESPONSABLE
Ficha:10001873 - CHAVEZ JUAN
Grupo planificador: M06

Ilustración 5 Reserva de material

Actualmente en el proceso que se maneja en el ingenio, no se tiene un historial de los problemas que se presentan en un equipo, es decir que muchas veces el equipo queda inhabilitado porque está presentando la misma problemática y solicitando los mismos repuestos, por eso como propuesta esta presentar un plan de mantenimiento que reconozca cual es el problema raíz de la falla continua del equipo, para así mismo enfocar la solución y evitar en un futuro la inhabilidad del equipo por fallas reiteradas.

7.4 MARCO CONCEPTUAL

COSECHADORA DE CAÑA: máquina agrícola que corta, troza y transporta los cultivos de caña de azúcar. La cosechadora de caña de azúcar se dedica a la recolección mecanizada de la caña de azúcar tanto verde como quemada, en cualquier forma que ésta se encuentre: levantada, encamada, entrelazada, etc. La cosechadora también se denomina combinada porque la cosecha, la

limpieza y el desmenuzamiento han sido integrados en una sola máquina (Rodríguez Belena, Raúl. 2005).

Ilustración 6 Cosechadora de caña

SISTEMAS DE LA COSECHADORA

Ilustración 7 Sistemas de cosechadora de caña

TREN DE RODAJE:

Ilustración 8 Tren de rodaje

8 METODOLOGIA

8.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

La realización de este proyecto se realizó en base de una investigación cuantitativa, ya que se efectuó una representación de la situación actual de la maquinaria de cosechadoras de caña de la empresa, basados en datos recopilados de horómetros y fallas que se presentaron en el mes de septiembre de 2019, identificando así los diferentes eventos que nos llevan a la pérdida de tiempo y la necesidad de implementar un diseño de plan de mantenimiento para esta parte de la empresa teniendo como objetivo la erradicación de estos problemas.

8.2 METODO DE INVESTIGACIÓN

Por medio del método descriptivo se han desarrollado los aspectos para este proyecto de grado, utilizando una investigación de los procesos de las cosechadoras de caña en cuanto a su mantenimiento en la empresa identificando los diferentes eventos que conllevan a las fallas de estos equipos y a su pérdida de tiempo innecesarios.

Se puede notar en lo investigado que los procesos que están establecidos para estos eventos, no son los adecuados y con esto buscamos una mejor aplicación para generar un impacto diferente en cuanto a los tiempos y los costos del proceso.

Para darle solución a lo identificado se debe implementar el plan de mantenimiento preventivo que permita la erradicación de los problemas que se presentan en un alto porcentaje, para esto se realiza un estudio en el mes de septiembre de 2019 que consta de extraer los datos de los horómetros de cada una de las cosechadoras de caña, los cuales se ven reflejados en un diagrama de Pareto ABC, donde a partir de estos, se analiza el rendimiento de cada una de ellas durante el mes y así poder determinar el plan que se necesita.

9 CRONOGRAMA

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES																	
FASES	**ACTIVIDADES**	**semanas**															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
VISITA Y RECONOCIMIENTO	Se obtiene permiso para visitar las instalaciones de la empresa y se reconozcan las distintas actividades que realizan.																
	Recolección de información para ir dándole un enfoque al anteproyecto.																
SITUACION ACTUAL DE MANTENIMIENTO EN COSECHADORAS DE CAÑA	Por medio de la visita se visualiza la situación actual y donde podemos aplicar un diseño o una mejora.																
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	Recolección de datos por medio de un programa interno sobre horómetros de																

	cada una de las cosechadoras de caña, análisis de esos datos e identificación de falencias en cuanto a tiempos de producción y poder desarrollar la investigación.	
ELABORACION DE LOS OBJETIVOS	Plantear las metas a corto, mediano y largo plazo sobre lo dado en el planteamiento del problema	
MARCOS	Realización de marco teórico, marco contextual	
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	Realizar las recomendaciones y las conclusiones del anteproyecto.	
ENTREGA Y SUSTENTACION	Entrega y sustentación de anteproyecto de grado para optar por título de ing. Industrial.	

Tabla 18 Cronograma de tareas

10. RESULTADOS

10.1 PLAN PREVENTIVO DEL TREN DE RODAJE EN COSECHADORAS DE CAÑA

Partiendo del análisis ABC se dio como resultado que el sistema de tren de rodaje representa el mayor costo para la empresa, por lo tanto, a continuación, se plantea la realización de un plan preventivo.

El plan preventivo determinará el estado del tren de rodaje de la cosechadora mientras está operando, para esto se realizará una tabla que genere un tipo de aviso del componente que se deba cambiar, por medio de análisis de tablas de desgaste las cuales ya están establecidas por la empresa proveedora del tren de rodaje. El mantenimiento preventivo permite que se tomen decisiones antes de que ocurra el fallo: cambiar o reparar la máquina, detectar cambios anormales en las condiciones del equipo y subsanarlos, etc.

Es importante realizar este plan preventivo porque el desgaste de los componentes no tiene la misma vida útil, lo que genera que alguno de estos se dañe más rápido que otros y esto a su vez hace que el no cambiar uno de los que ya cumplió su vida útil, acelere el desgaste de los demás hasta dañar todo el tren de rodaje.

Además, cada componente representa un costo (información obtenida desde el programa que maneja la empresa SAP) que veremos a continuación:

IDENTIFICACION	CODIGO SAP	DESCRIPCION	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	1255901	SPROCKET CB01472810 3520 JD (rueda motriz)	2	$ 4.327.832	$ 8.655.664
2	1253648	CARRIL SUPERIOR CB01451099 3510 JD	2	$ 507.142	$ 1.014.284
3	1255981	RUEDA TENSORA 0251326184 JD 3520 (rueda guia	2	$ 2.600.000	$ 5.200.000
4	1253647	CARRIL INFERIOR CB01442156 3510 JD	16	$ 781.777	$ 12.508.432
5	1492895	KIT CADENA LUB/SELL BERCO ORUGA D5 COSEC	2	$ 8.900.000	$ 17.800.000
6	1347901	JGO ZAPATAS 16" 0251327588 3520 J.D	96	$ 110.000	$ 10.560.000
				TOTAL	$ 55.738.380

Tabla 19 Costo total tren de rodaje

Para la realización del plan preventivo primero se deben identificar cuáles son los componentes de un tren de rodaje:

PARTES DEL TREN DE RODAJE

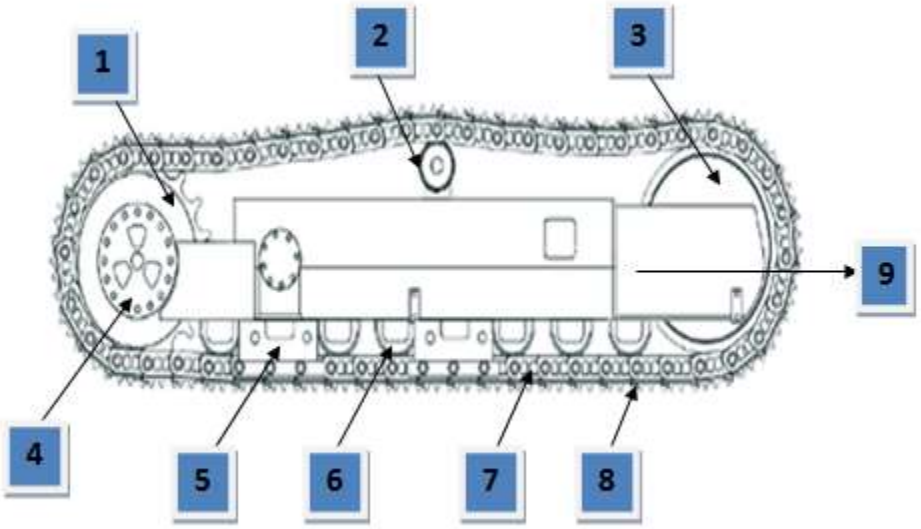


Ilustración 9 Partes del tren de rodaje

1. **RUEDA DENTADA:** los motores hidráulicos y mandos finares transfieren la fuerza de tracción a la rueda dentada lo que hacen que las orugas muevan la máquina.

Ilustración 10 Rueda dentada

2. **CARRIL SUPERIOR:** Guía y sostiene la cadena en la parte superior del bastidor

Ilustración 11 Carril superior

3. **RUEDA GUIA O TENSORA:** es uno de los componentes principales porque guía la cadena en la parte frontal del bastidor.

Ilustración 12 Rueda guía

4. **CARRIL INFERIOR:**

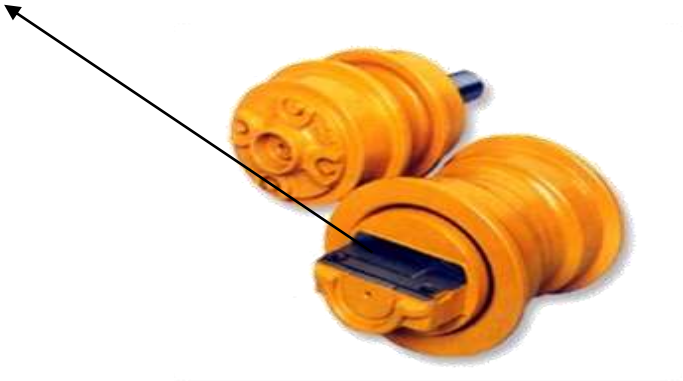


Ilustración 13 Carril inferior

5. **CADENA DE ORUGA:** la cadena es la encargada de trasladar la maquina en el suelo.

Ilustración 14 Cadena de oruga

6. **ZAPATAS:** Son las responsables de mantener la oruga en contacto con el suelo y darle tracción (no deslizar).

Ilustración 15 Zapata

Segundo debemos tener en cuenta el desgaste de cada uno de los componentes, para esto se diseña una tabla donde se harán los apuntes de las medidas que arrojan los desgastes de cada uno de los componentes del tren de rodaje, para la realización del mantenimiento preventivo.

INFORMACION		
OPERARIO		
CABO		ALCE:

IDENTIFICCION DEL EQUIPO			
TIPO DE EQUIPO		No INTERNO	
HOROMETRO INICIAL		HOROMETRO FINAL	
HORAS TRABAJADAS		TIPO DE CADENA	

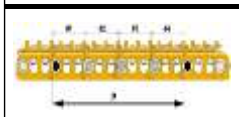
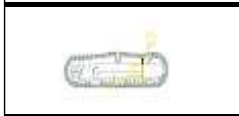
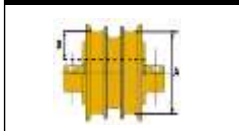
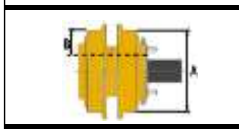
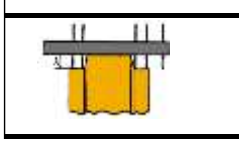
		DATOS		DATOS	
		FECHA:			
		LADO DERECHO		LADO IZQUIERDO	
COMPONENTE	DESCRIPCION	MEDIDA(MM)	% DESGASTE	MEDIDA(MM)	% DESGASTE
	ALTURA DE LA CADENA				
	ESTIRAMIENTO (5 ESLABONES)				
	TENSION CADENA				
	CARRIL INFERIOR CENTRAL(A)				
	CARRIL INFERIOR DELANTERO(A)				
	CARRIL INFERIOR TRASERO(A)				
	CARRIL SUPERIOR(A)				
	ALTURA DE LA VENA ZAPATA(A)				
	RUEDA MOTRIL				
	RUEDA GUIDA				

Tabla 20 plantilla plan preventivo

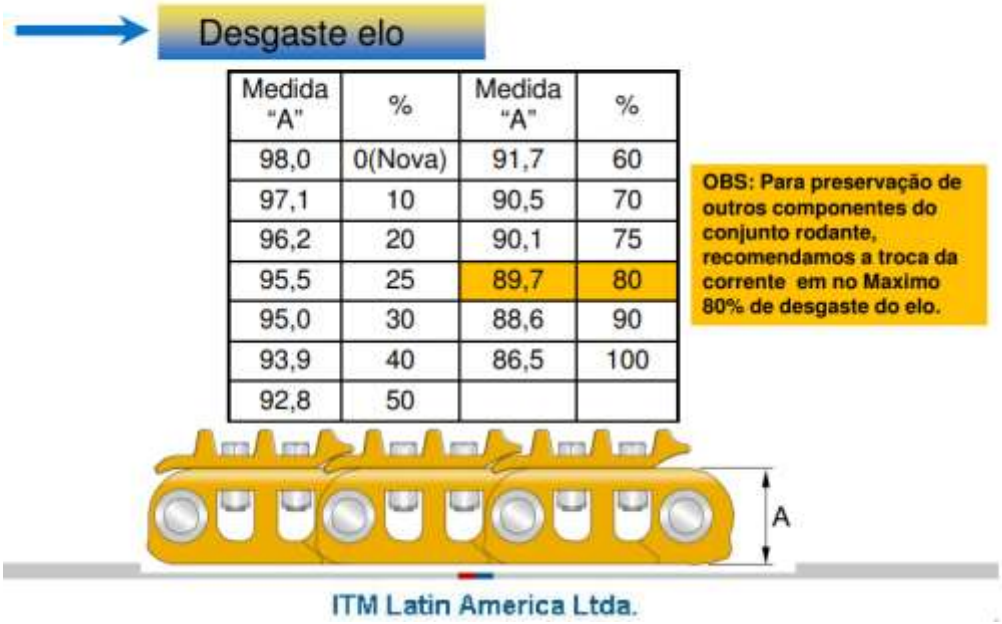
Tercero se plantea un cronograma para tomar las medidas de desgaste de los componentes del tren de rodaje correspondientes en cada uno de los equipos en campo, teniendo en cuenta que por cada máquina se tomara un tiempo de dos días.

MAQUINAS	INICIO	FINAL	01/07/2020	02/07/2020	03/07/2020	04/07/2020	05/07/2020	06/07/2020	07/07/2020	08/07/2020	09/07/2020	10/07/2020	11/07/2020	12/07/2020	13/07/2020	14/07/2020	15/07/2020	16/07/2020	17/07/2020	18/07/2020	19/07/2020	20/07/2020	21/07/2020	22/07/2020	23/07/2020	24/07/2020
MAQUINA 1	01/07/2020	02/07/2020																								
MAQUINA 2	03/07/2020	04/07/2020																								
MAQUINA 3	05/07/2020	06/07/2020																								
MAQUINA 4	07/07/2020	08/07/2020																								
MAQUINA 5	09/07/2020	10/07/2020																								
MAQUINA 6	11/07/2020	12/07/2020																								
MAQUINA 7	13/07/2020	14/07/2020																								
MAQUINA 8	15/07/2020	16/07/2020																								
MAQUINA 9	17/07/2020	18/07/2020																								
MAQUINA 10	19/07/2020	20/07/2020																								
MAQUINA 11	21/07/2020	22/07/2020																								
MAQUINA 12	23/07/2020	24/07/2020																								

Tabla 21 Cronograma de actividad: toma de medidas

Como cuarto punto se hará un análisis de datos arrojados por la tabla de desgaste de los componentes del tren de rodaje, por medio de la comparación de éstos con unas tablas de desgaste establecidas por un fabricante de tren de rodajes, en este caso se hace referencia a la empresa grupo ITM (ITM, s.f.)

ALTURA DE CADENA



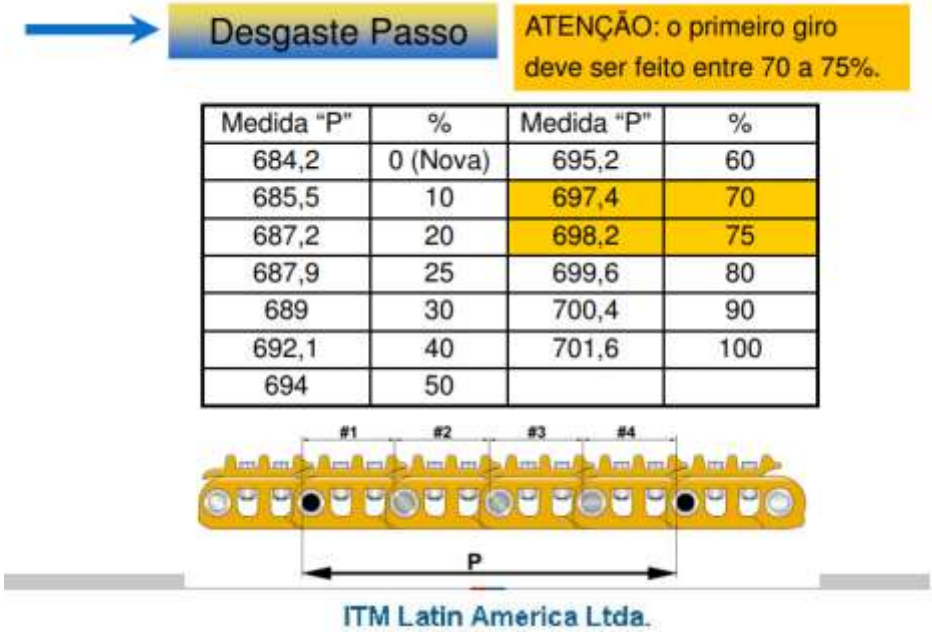
Desgaste elo

Medida "A"	%	Medida "A"	%
98,0	0(Nova)	91,7	60
97,1	10	90,5	70
96,2	20	90,1	75
95,5	25	89,7	80
95,0	30	88,6	90
93,9	40	86,5	100
92,8	50		

OBS: Para preservação de outros componentes do conjunto rodante, recomendamos a troca da corrente em no Maximo 80% de desgaste do elo.

Ilustración 16 Desgaste altura de cadena

ESTIRAMIENTO (5 ESLABONES)



Desgaste Passo

ATENÇÃO: o primeiro giro deve ser feito entre 70 a 75%.

Medida "P"	%	Medida "P"	%
684,2	0 (Nova)	695,2	60
685,5	10	697,4	70
687,2	20	698,2	75
687,9	25	699,6	80
689	30	700,4	90
692,1	40	701,6	100
694	50		

Ilustración 17 Desgaste estiramiento de cadena

TENSION CADENA

- ✓ Mover la cosechadora hacia adelante, una distancia del doble de su longitud.
- ✓ Permitir que la cosechadora avance hasta detenerse completamente cuando uno de los pasadores de la oruga (1) esté centrado en el rodillo superior (2).
- ✓ Se logra la tensión correcta de la oruga cuando la distancia entre la cadena de la oruga y el bastidor de la oruga (3) sea de aproximadamente 31,75 — 38,1 mm (1.25 — 1.5 in).
- ✓ Cuando la cadena de la oruga esté muy ajustada, aflojar el engrasador (4) hasta que salga grasa (compresión del ajustador de la oruga).
- ✓ Cuando la cadena de la oruga esté muy suelta, agregar grasa al engrasador (4) hasta alcanzar la medida correcta.

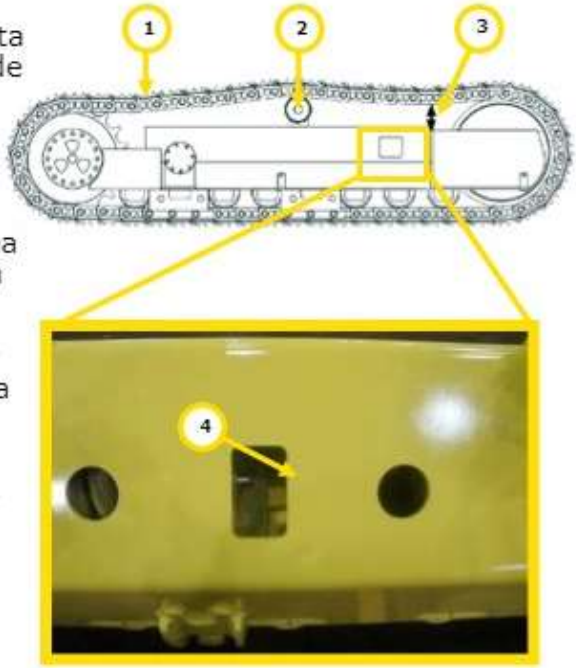
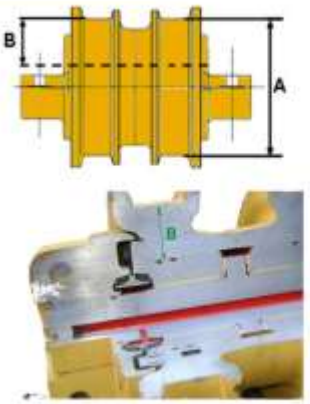


Ilustración 18 Tensión de oruga (manual)

CARRIL INFERIOR

Desgaste Rolete Inferior Snap Ring

Medida compasso "A"	%	Medida ultra-som "B"	%
200,00	0	49,20	0
199,00	10	48,70	10
197,80	20	48,10	20
196,40	25	47,60	25
195,10	30	47,10	30
193,30	40	46,30	40
191,50	50	45,50	50
189,20	60	44,70	60
187,00	70	44,00	70
185,40	75	43,40	75
184,30	80	42,80	80
183,10	90	41,70	90
182,60	100	40,50	100



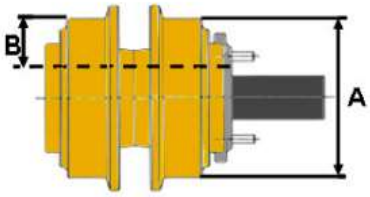
ITM Latin America Ltda.

Ilustración 19 Desgaste carril inferior

CARRIL SUPERIOR

Desgaste Rolete Superior

Medida compasso "A"	%	Medida ultra-som "B"	%
150,0	0	38,31	0
149,2	10	37,91	10
148,2	20	37,4	20
147,6	25	37,1	25
147,1	30	36,85	30
145,9	40	36,25	40
144,7	50	35,65	50
143,4	60	35,0	60
141,9	70	34,25	70
141,2	75	33,9	75
140,4	80	33,5	80
138,7	90	32,65	90
137,0	100	31,8	100



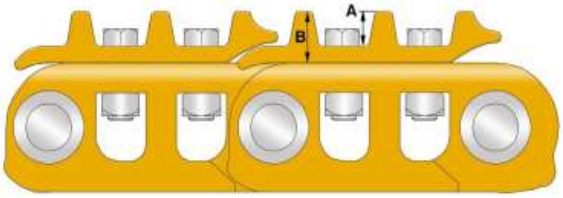
ITM Latin America Ltda.

Ilustración 20 Desgaste carril superior

ALTURA DE LA VENA ZAPATA

Desgaste Sapata

Medida compasso "A"	%	Medida ultra-som "B"	%
25,0	0	34,5	0
23,1	10	32,6	10
21,3	20	30,8	20
20,4	25	29,9	25
19,4	30	28,9	30
17,6	40	27,1	40
15,7	50	25,2	50
13,8	60	23,3	60
11,9	70	21,4	70
10,9	75	20,4	75
10,0	80	19,5	80
8,0	90	17,5	90
6,0	100	15,5	100

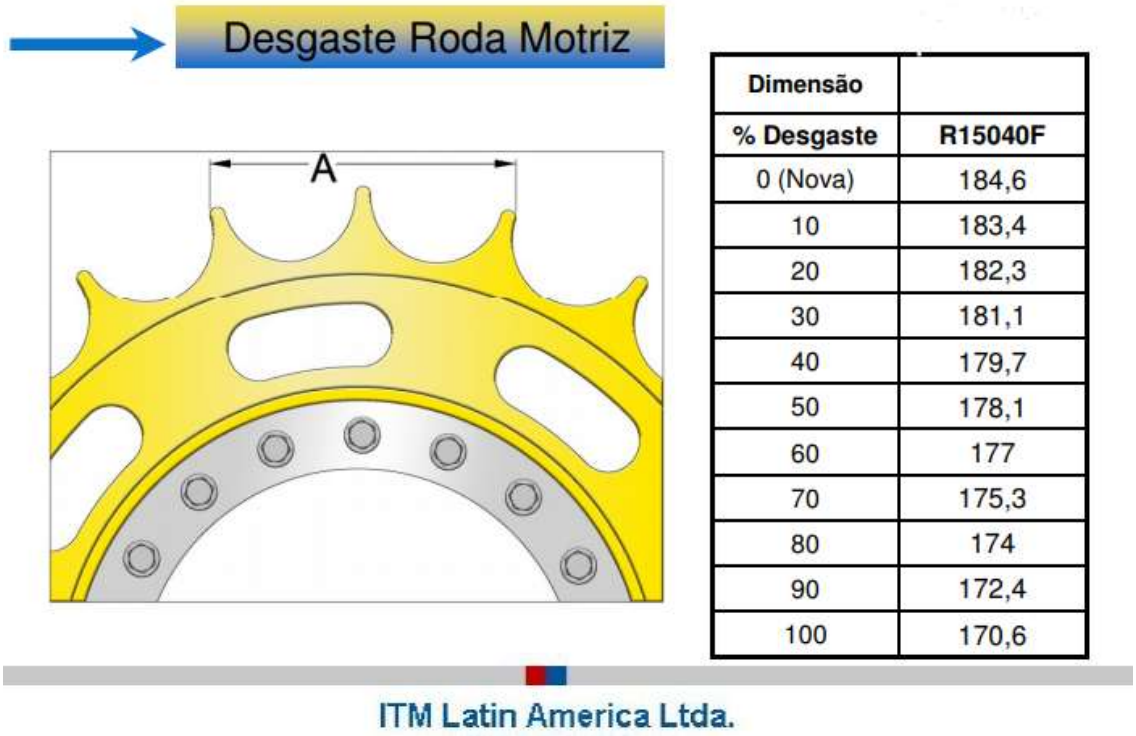


Quando a dimensão chegar a 70%, recomenda-se a recuperação, para evitar patinar.

ITM Latin America Ltda.

Ilustración 21 Desgaste altura de vena zapata

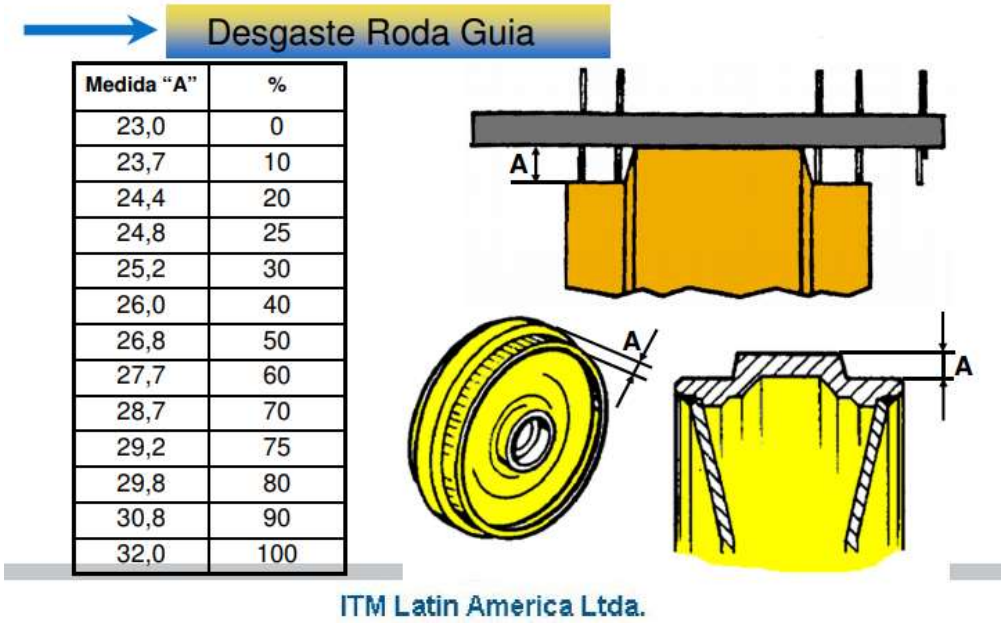
RUEDA MOTRIZ



Dimensão	
% Desgaste	R15040F
0 (Nova)	184,6
10	183,4
20	182,3
30	181,1
40	179,7
50	178,1
60	177
70	175,3
80	174
90	172,4
100	170,6

Ilustración 22 Desgaste Rueda Motriz

RUEDA GUIA



Medida "A"	%
23,0	0
23,7	10
24,4	20
24,8	25
25,2	30
26,0	40
26,8	50
27,7	60
28,7	70
29,2	75
29,8	80
30,8	90
32,0	100

Ilustración 23 Desgaste Rueda guía

Y como último punto el mantenimiento preventivo es la toma de decisión basado en las medidas y en los desgastes analizados, dándole prioridad al componente que presente mayor desgaste y que requiera un cambio inmediato, con el fin de evitar fallas que inhabiliten el buen funcionamiento de la cosechadora o que aceleren el desgaste de los demás componentes.

A continuación, se realiza el plan preventivo a una de las cosechadoras.

INFORMACION			
OPERARIO	LARRY GARCIA		
CABO	ARTURO MARTINEZ	ALCE: 12	

IDENTIFICCION DEL EQUIPO			
TIPO DE EQUIPO	COSECHADORA DE CAÑA	No INTERNO	MAQUINA 10
HOROMETRO INICIAL	11.200 HORAS	HOROMETRO FINAL	11.224 HORAS
HORAS TRABAJADAS		TIPO DE CADENA	ITM

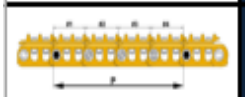
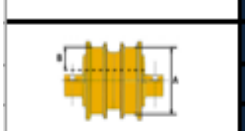
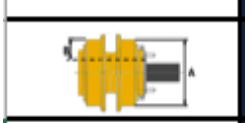
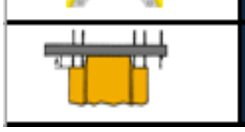
		DATOS		DATOS	
		FECHA:		FECHA:	
		LADO DERECHO		LADO IZQUIERDO	
COMPONENTE	DESCRIPCION	MEDIDA(MM)	% DESGASTE	MEDIDA(MM)	% DESGASTE
	ALTURA DE LA CADENA	92.5	50%	91.6	60%
	ESTIRAMIENTO (5 ESLABONES)	692.3	40%	693.8	50%
	TENSION CADENA	1 1/2"	BIEN	1 3/8"	BIEN
	CARRIL INFERIOR CENTRAL(A)	188.6	60%	186.0	70%
	CARRIL INFERIOR DELANTERO(A)	185.0	75%	183.0	90%
	CARRIL INFERIOR TRASERO(A)	85.4	75%	183.5	90%
	CARRIL SUPERIOR(A)	141.6	70%	140.5	80%
	ALTURA DE LA VENA ZAPATA(A)	16.0	50%	14.5	50%
	RUEDA MOTRIL	174.5	80%	171.9	100%
	RUEDA GUIDA	26.6	50%	27.5	60%

Tabla 22 plan preventivo maquina 10

INTERPRETACIÓN DE LA TABLA

- ALTURA DE CADENA: para la altura de cadena según el manual de desgastes de tren de rodaje ITM, si el porcentaje de desgaste supera el 80%, se deberá tener en cuenta para realizar el cambio de la cadena, en este caso las cadenas todavía se encuentran en buen estado.
- ESTIRAMIENTO: para el estiramiento de eslabones según el manual de desgastes de tren de rodaje ITM si el porcentaje de desgaste esta del 70% al 75% se debe tener en cuenta para realizar el cambio, en este caso las cadenas se encuentran dentro del parámetro y están en buen estado.
- TENSIÓN CADENA: para la tensión de cadena se observa que se encuentra en los parámetros del fabricante. Observaciones frente a la tensión de cadena: cuando la tensión supera los parámetros establecidos acelera el desgaste de todos los componentes del tren de rodaje, al contrario, si la tensión es muy baja tiende a descarrilar la cadena.
- CARRIL INFERIOR CENTRAL: para el carril inferior central se observa que el lado izquierdo y derecho se encuentran dentro de los parámetros.
- CARRIL INFERIOR DELANTERO: para el carril inferior delantero el lado derecho se encuentra dentro de los parámetros, mientras que el izquierdo ya supero el 80% por lo tanto se debe hacer un cambio para que el carril no golpee los eslabones de la cadena y la deterioren.

Ilustración 24 Desgaste carril y eslabones de cadena

A: carril donde se observa el alto porcentaje de desgaste, por lo cual se encuentra muy profundo y como desliza sobre la cadena, el carril golpea y ha causado daño en los eslabones de la cadena (B)

- CARRIL INFERIOR TRASERO: para el carril inferior trasero el lado derecho se encuentra dentro de los parámetros, mientras que el izquierdo ya supero el 80% por lo tanto se debe hacer un cambio para que el carril no golpee los eslabones de la cadena y la deterioren
- CARRIL SUPERIOR: para el carril superior el lado derecho se encuentra dentro de los parámetros, mientras que el izquierdo ya supero el 80% por lo tanto se debe hacer un cambio para que el carril no golpee los eslabones de la cadena y la deterioren
- ALTURA DE LA VENA ZAPATA: para la altura de la vena zapata en este caso se encuentra en el 50% de desgaste y se debe realizar una inspección visual donde la cabeza del tornillo que asegura la zapata a la cadena, no supere la altura de la vena. Si llega a superar la altura se debe envenar (suplementar con varilla la vena para darle altura) o

cambiar zapata, porque si no se cambia la cosechadora pierde tracción (agarre sobre el suelo).

- RUEDA MOTRIZ: para la rueda motriz según el nivel de desgaste ambos lados superan el 80% y por lo tanto se debe sustituir para que esta no dañe los eslabones de la cadena (cuando la rueda motriz tiene mucho desgaste tiende a deslizarse causando desgaste en el eslabón central de la cadena)

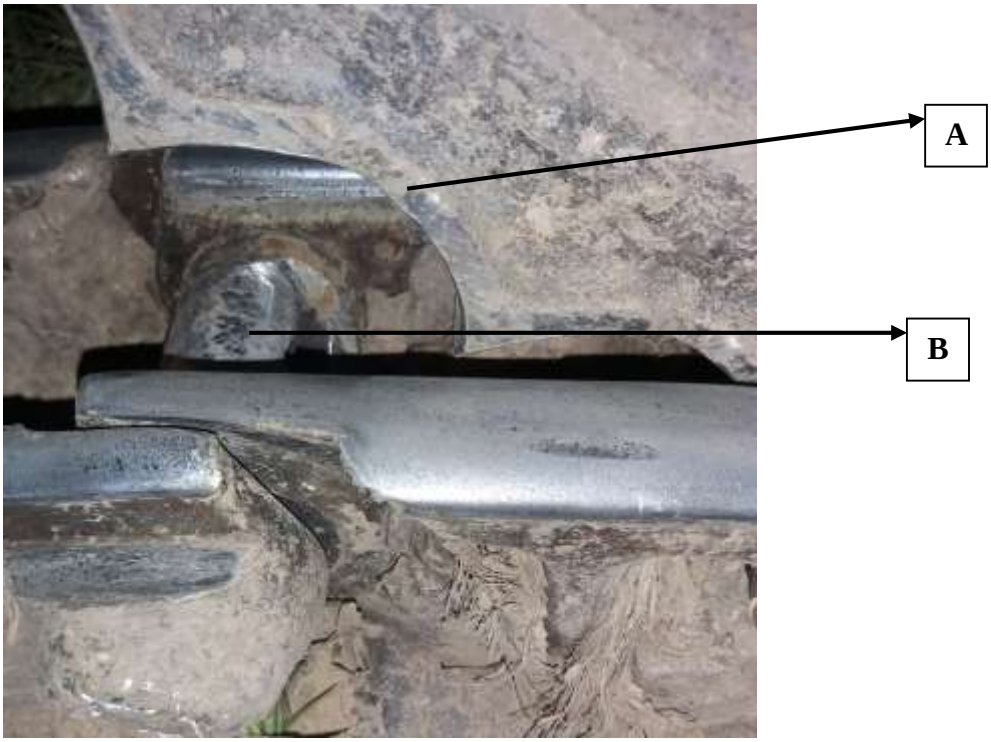


Ilustración 25 Desgaste rueda motriz y cadena de oruga

A: Rueda motriz que ha sufrido desgaste y no fue cambiada

B: Cadena de oruga que sufrió daño a raíz de que la rueda motriz no fue cambiada cuando cumplió su vida útil.

- RUEDA GUIDADA: para la rueda guiada se observa que se encuentra en los parámetros del fabricante.

BENEFICIO ECONÓMICO

Sin la estructuración de un plan de mantenimiento preventivo como el que se establece en el trabajo, la empresa seguiría como ha venido trabajando sin tener en cuenta el desgaste de los componentes de forma individual, lo cual hacia que todo un kit de rodaje trabajara hasta su destrucción, la cual se acelera porque el daño en uno de los componentes lleva al consecuente daño de los demás. Lo cual representa un costo total de ($ 55.738.380)

IDENTIFICACION	CODIGO SAP	DESCRIPCION	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	1255901	SPROCKET CB01472810 3520 JD (rueda motriz)	2	$ 4.327.832	$ 8.655.664
2	1253648	CARRIL SUPERIOR CB01451099 3510 JD	2	$ 507.142	$ 1.014.284
3	1255981	RUEDA TENSORA 0251326184 JD 3520 (rueda guia	2	$ 2.600.000	$ 5.200.000
4	1253647	CARRIL INFERIOR CB01442156 3510 JD	16	$ 781.777	$ 12.508.432
5	1492895	KIT CADENA LUB/SELL BERCO ORUGA D5 COSEC	2	$ 8.900.000	$ 17.800.000
6	1347901	JGO ZAPATAS 16" 0251327588 3520 J.D	96	$ 110.000	$ 10.560.000
				TOTAL	**$ 55.738.380**

Mientras que en el plan preventivo que se le realizo a la cosechadora, observamos que se deben cambiar los siguientes componentes:

CODIGO SAP	DESCRIPCION	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1253647	CARRIL INFERIOR CB01442156 3510 JD	2	$ 781.777	$ 1.563.554
1253648	CARRIL SUPERIOR CB01451099 3510 JD	1	$ 507.142	$ 507.142
1255901	SPROCKET CB01472810 3520 JD (rueda motriz)	2	$ 4.327.832	$ 8.655.664
				$ 10.726.360

Tabla 23 Total costos plan preventivo maquina 10

Como observamos con el cambio de componentes se logra una reducción de los costos debido a que se cambian solamente los componentes que tengan un desgaste avanzado, evitando así cambiar el kit de rodaje completo. Además de esta manera se logra alargar la vida útil del kit de rodaje.

En total con el plan preventivo se logró un ahorro de: ($ 45.012.020) y la disponibilidad de la cosechadora en campo.

11 CONCLUSIONES

Como conclusión se logra recopilar la información más importante con la cual se pudo establecer cuales cosechadoras de caña eran las que representaban mayores horas no laboradas para la empresa, y por medio del ABC se identificó cuáles eran las fallas más críticas y que ocasionan mayores pérdidas para la empresa.

Se recopila información sobre los componentes que fallan en un sistema mecánico, hidráulico y eléctrico de una cosechadora de caña, con su respectivo tiempo diario por falla.

Con base en toda esta información recopilada, se establecieron cuáles son los costos por cada problema que se presente en uno de los sistemas de una cosechadora de caña de azúcar.

Al finalizar con el proceso de recopilación de información, se evidencia que el 77.4% de los equipos deben ser atendidos con un plan de mantenimiento para mejorar su disponibilidad en los Alces de trabajo. El porcentaje restante, representan los equipos que cumplen con las expectativas de horas trabajadas dentro de la empresa.

Partiendo del análisis ABC se concluyó que el sistema de tren de rodaje representa el mayor costo para la empresa porque genera la mayor pérdida de tiempo, por lo tanto, se plantea la realización de un plan preventivo para este componente.

Por medio del plan preventivo se busca identificar los componentes que se encuentren en un alto nivel de desgaste para sustituirlos para evitar que causen un daño a los demás componentes y que generen un mayor sobrecosto a la empresa.

12 RECOMENDACIONES

- Se recomienda hacer seguimiento a cada uno de los equipos que han presentado mayor porcentaje de pérdida de tiempo, con la intención de identificar si las fallas son repetitivas dentro de cada sistema, para hacer un planteamiento de mantenimiento acorde a la falla.
- Se recomienda continuar con la recolección de datos de los horómetros para la correcta identificación de los equipos que tienen mayor pérdida de tiempo.
- Se recomienda revisar las fallas tipo B con el fin de que no se conviertan en una falla más grave.
- Según el ejemplo establecido se recomienda cambiar los componentes que se identificaron con alto porcentaje de desgaste para evitar cambiar el tren de rodaje completo, lo cual generaría unos mayores costos para la empresa.

13 BIBLIOGRAFÍA

BIOSALC. (s.f.). *biosalc*. Obtenido de biosal.com

Caicedo, L. G. (s.f.). Logística de Cosecha: Evaluación de Tiempos y Movimientos. Indicadores y Contro. *TECNICAÑA*.

empresa Diego Betancourt, ingenio. (2017). *Analisis o segmentación ABC para la clasificación de inventarios.*

FEPA. (Marzo de 2020). *ASOCAÑA*. Obtenido de https://www.asocana.org/modules/documentos/5528.aspx

https://ingenioempresa.com/analisis-abc/. (s.f.).

ITM, G. (s.f.). *GROUP ITM*. Obtenido de http://www.group-itm.com/es/itm-world

Macías Acosta, R., León Resendiz, A., & Limón Lozano, C. l. (2019). Análisis de la cadena de suministro por clasificación ABC: el caso de una empresa mexicana. *RAN: revista academia y negocios*, 12.

Stachú, S. W. (2009). *Identificación de la problemática mediante Pareto e Ishikawa.* El cid Editor.